



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL  
ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS  
FOTOVOLTAICOS**

Autor

Javier Alonso Sánchez

Dirigido por

Miguel Escribano Nuño

Madrid

Mayo 2023



**Javier Alonso Sánchez**, declara bajo su responsabilidad, que el Proyecto con título **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS FOTOVOLTAICOS** presentado en la ETS de Ingeniería (ICAI) de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2022/23 es de su autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Javier Alonso Sánchez      Fecha: 30 / 06 / 2023

Autoriza la entrega:

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**Miguel Escribano Nuño**

Fdo.: Miguel Escribano Nuño      Fecha: 30 / 06 / 2023

V. B. DEL COORDINADOR DE PROYECTOS

**María Mercedes Fernández García**

Fdo.: .....      Fecha: ..... / ..... / .....

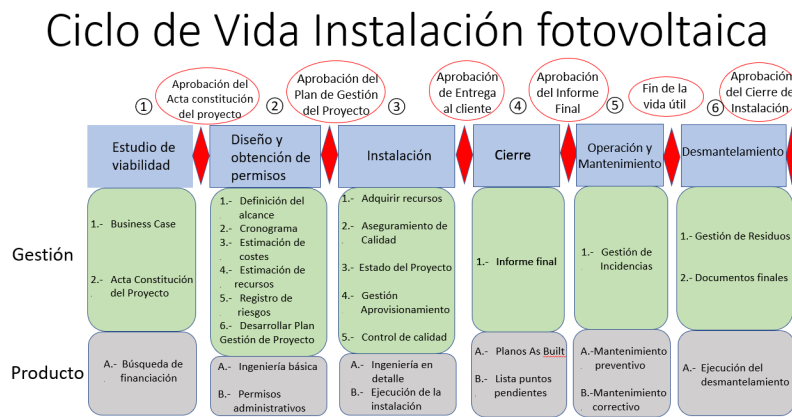




# Resumen

En el trabajo se aborda el desarrollo de una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos. Se adaptan las buenas prácticas recomendadas por el Project Management Institute sobre gestión de proyectos para desarrollar una guía de apoyo para proyectos fotovoltaicos. Estas tareas se adaptan a la metodología en cascada e incorporan elementos del agilismo. Las actividades y buenas prácticas que se elaboran para este proyecto tienen el objetivo de ayudar al Director del proyecto en la gestión.

En la primera parte del trabajo se analiza el funcionamiento de un proyecto fotovoltaico genérico. Se aconseja la división de un proyecto fotovoltaico en seis fases para su mejor análisis. En cada fase se recomiendan buenas prácticas que ayudan al Director del proyecto a minimizar la probabilidad de sobrepasar las limitaciones del proyecto (alcance, tiempo y coste). Estas tareas pueden ser entregables de gestión o de producto. Al final de cada fase se recomienda aprobar un hito para poder comenzar la siguiente fase.



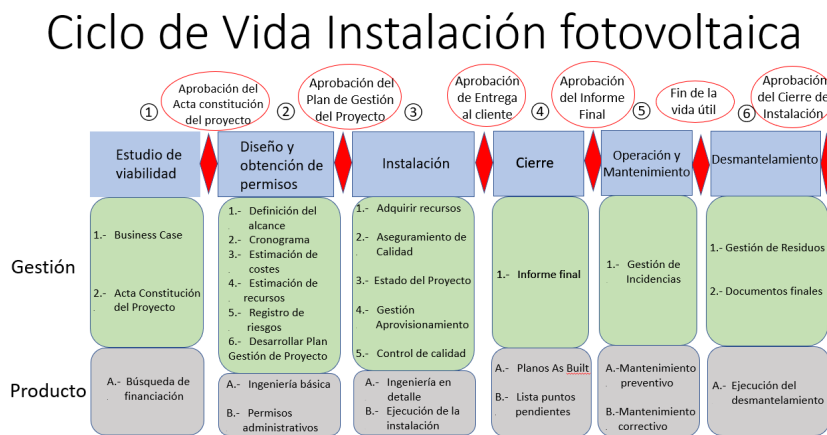
La segunda parte es un estudio de la implementación del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes guiada por la metodología desarrollada en la primera parte del trabajo. Se analizan los datos reales de la planta y se simula la implementación del proyecto. Se realiza el trabajo de gestión necesario para desarrollar la planta: un estudio de viabilidad, se diseña la planta y se obtienen los permisos administrativos, se desarrolla un plan de gestión, etc. Por último, se desarrollan los entregables de producto: ejecución de la instalación y el desmantelamiento, estudios de ingeniería, mantenimiento, etc.



# Abstract

This paper addresses the development of a methodology for the analysis and implementation of photovoltaic projects. Good practices recommended by the Project Management Institute are adapted to develop a support guide for photovoltaic projects. These tasks adapt Waterfall methodology and incorporate agile elements. The activities and good practices elaborated for this project aim to assist the Project Manager in management.

In the first part of the project the operation of a photovoltaic solar power plant is analyzed. It is advised to divide a photovoltaic project into six phases for better analysis. At each phase good practices that help the Manger to minimize the probability to exceed the project boundaries (scope, time and cost) are recommended. These tasks are both management and product deliverables. At the end of each phase, it is recommended to approve a milestone to start the next phase.



The second part is a study of the implementation of the IKEA’s photovoltaic solar power plant in San Sebastián de los Reyes, which is guided by the methodology developed in the first part. Real data of the solar power plant is analyzed, and the implementation of the project is simulated. The management work necessary to develop the plant is carried out including a feasibility study, design of the plant, obtention of administrative permits, development of a management plan, etc. Finally, product deliverables are developed such as execution of installation and dismantling, engineering studies, maintenance tasks, etc.



# Índice general

<b>I</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
0.1.	Contexto. . . . .	3
0.2.	Descripción de las técnicas. . . . .	3
0.3.	Estado de la cuestión. . . . .	4
0.4.	Definición del trabajo. . . . .	6
0.4.1.	Justificación. . . . .	6
0.4.2.	Objetivos. . . . .	7
0.4.3.	Metodología. . . . .	7
<b>II</b>	<b>Metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos</b>	<b>9</b>
<b>1.</b>	<b>Introducción.</b>	<b>11</b>
1.1.	Director del proyecto. . . . .	12
1.2.	Grupos de procesos dentro de un proyecto (Fases). . . . .	13
1.3.	Ciclo de Vida de la instalación fotovoltaica. . . . .	14
<b>2.</b>	<b>Estudio de viabilidad.</b>	<b>17</b>
2.1.	Entregables de Gestión. . . . .	18
2.1.1.	Business Case (Caso de Negocio). . . . .	18
2.1.2.	Acta de Constitución del Proyecto. . . . .	20
2.2.	Entregables de Producto. . . . .	25
2.2.1.	Búsqueda de financiación. . . . .	25
<b>3.</b>	<b>Diseño y obtención de permisos.</b>	<b>27</b>
3.1.	Entregables de Gestión. . . . .	28
3.1.1.	Definición del alcance. . . . .	28
3.1.2.	Cronograma. . . . .	30
3.1.3.	Estimación de costes. . . . .	32
3.1.4.	Estimación de recursos. . . . .	35
3.1.5.	Registro de riesgos. . . . .	36
3.1.6.	Desarrollar Plan de Gestión de Proyecto. . . . .	39
3.2.	Entregables de Producto. . . . .	40
3.2.1.	Ingeniería básica. . . . .	40

3.2.2. Permisos administrativos. . . . .	41
<b>4. Instalación.</b>	<b>43</b>
4.1. Entregables de Gestión. . . . .	43
4.1.1. Adquirir recursos. . . . .	44
4.1.2. Aseguramiento de calidad. . . . .	45
4.1.3. Informe del Estado del Proyecto. . . . .	46
4.1.4. Gestión de aprovisionamiento y recursos materiales. . . . .	47
4.1.5. Control de calidad. . . . .	49
4.2. Entregables de Producto. . . . .	50
4.2.1. Ingeniería en detalle. . . . .	50
4.2.2. Ejecución de la instalación. . . . .	51
<b>5. Cierre.</b>	<b>53</b>
5.1. Entregables de Gestión. . . . .	53
5.1.1. Informe Final. . . . .	53
5.2. Entregables de Producto. . . . .	56
5.2.1. Planos as built. . . . .	56
5.2.2. Lista de puntos pendientes. . . . .	57
<b>6. Operación y mantenimiento.</b>	<b>59</b>
6.1. Entregables de Gestión. . . . .	59
6.1.1. Gestión de incidencias. . . . .	59
6.2. Entregables de Producto. . . . .	60
6.2.1. Mantenimiento preventivo. . . . .	60
6.2.2. Mantenimiento correctivo. . . . .	61
<b>7. Desmantelamiento.</b>	<b>63</b>
7.1. Entregables de Gestión. . . . .	63
7.1.1. Gestión de residuos. . . . .	63
7.1.2. Documentos finales. . . . .	64
7.2. Entregables de Producto. . . . .	65
7.2.1. Ejecución del desmantelamiento. . . . .	65
<b>III Metodología para el análisis e implementación del proyecto fotovoltaico en la nave de IKEA en San Sebastián de los Reyes</b>	<b>67</b>
<b>8. Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.</b>	<b>69</b>
8.1. Ciclo de Vida de la instalación fotovoltaica. . . . .	72
<b>9. Estudio de viabilidad.</b>	<b>75</b>
9.1. Entregables de Gestión. . . . .	76
9.1.1. Business Case o Caso de Negocio. . . . .	76
9.1.2. Acta de Constitución del Proyecto. . . . .	79

9.2. Entregables de Producto. . . . .	84
9.2.1. Búsqueda de financiación. . . . .	84
<b>10. Diseño y obtención de permisos. . . . .</b>	<b>87</b>
10.1. Entregables de Gestión. . . . .	87
10.1.1. Definición del alcance. . . . .	87
10.1.2. Cronograma. . . . .	91
10.1.3. Estimación de costes. . . . .	94
10.1.4. Estimación de recursos. . . . .	98
10.1.5. Registro de riesgos. . . . .	99
10.1.6. Desarrollar Plan de Gestión de Proyecto. . . . .	101
10.2. Entregables de Producto. . . . .	107
10.2.1. Estudio de Ingeniería Básica. . . . .	107
10.2.2. Permisos administrativos. . . . .	116
<b>11. Instalación. . . . .</b>	<b>125</b>
11.1. Entregables de Gestión. . . . .	125
11.1.1. Adquirir recursos. . . . .	125
11.1.2. Aseguramiento de la calidad. . . . .	126
11.1.3. Informe del Estado del Proyecto. . . . .	128
11.1.4. Gestión de aprovisionamiento y recursos materiales. . . . .	129
11.1.5. Control de calidad. . . . .	130
11.2. Entregables de Producto. . . . .	131
11.2.1. Ingeniería en detalle. . . . .	131
11.2.2. Ejecución de la instalación. . . . .	132
<b>12. Cierre. . . . .</b>	<b>133</b>
12.1. Entregables de Gestión. . . . .	133
12.1.1. Informe final. . . . .	133
12.2. Entregables de Producto. . . . .	134
12.2.1. Planos As Built. . . . .	134
12.2.2. Lista de puntos pendientes. . . . .	135
<b>13. Operación y mantenimiento. . . . .</b>	<b>137</b>
13.1. Entregables de Gestión. . . . .	137
13.1.1. Gestión de incidencias. . . . .	137
13.2. Entregables de Producto. . . . .	138
13.2.1. Mantenimiento preventivo. . . . .	138
13.2.2. Mantenimiento correctivo. . . . .	138
<b>14. Desmantelamiento. . . . .</b>	<b>141</b>
14.1. Entregables de Gestión. . . . .	141
14.1.1. Gestión de residuos. . . . .	141
14.1.2. Documentos finales. . . . .	143
14.2. Entregables de Producto. . . . .	144

14.2.1. Ejecución del desmantelamiento. . . . .	144
<b>IV Cálculos</b>	<b>147</b>
<b>Appendix</b>	<b>155</b>
A. Plantillas de de documentos.	155
B. Objetivos de Desarrollo Sostenible.	169
Bibliografía	171

# Índice de figuras

1.	Metodología waterfall o en cascada. . . . .	4
2.	Metodología Agile. . . . .	5
1.1.	Interacción entre los grupos de procesos en un proyecto. . . . .	13
1.2.	Ciclo de Vida según el PMBOK. . . . .	14
1.3.	Triángulo de alcance, tiempo y coste. . . . .	15
1.4.	Ciclo de Vida de un proyecto fotovoltaico. . . . .	16
2.1.	Interesados clave del proyecto. . . . .	17
2.2.	Plantilla de Caso de Negocio. . . . .	19
3.1.	Relación del riesgo con el coste de cambios. . . . .	27
3.2.	Plantilla de toma de requisitos en detalle. . . . .	29
3.3.	Técnicas de compresión del tiempo de tareas. . . . .	31
3.4.	Valor ganado, valor planificado y Coste real. . . . .	33
3.5.	Tabla de definiciones sobre valor ganado. . . . .	34
3.6.	Matriz de probabilidad e impacto de amenazas y oportunidades. . . . .	37
4.1.	Diagrama Responsible Accountable Consulted Informed (responsable de la ejecución, responsable último, consultado, informado (RACI). . . . .	47
4.2.	Tabla de verificación. . . . .	49
8.1.	Vista de la planta de la nave de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	70
8.2.	Estimación de consumo y producción eléctrica de las naves de IKEA Ibérica (KWh). . . . .	71
8.3.	Ciclo de Vida del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	73
10.1.	Estudio de Ingeniería básica del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	108
10.2.	Plano de disposición de placas del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	109
10.3.	Plano de la instalación eléctrica del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	110
10.4.	Inversor eléctrico. . . . .	111
10.5.	Panel solar ULICA SOLAR. . . . .	113

10.6. Soporte inclinado. . . . .	114
14.1. Medida de la cubierta del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	153
A.1. Panel solar Seraphim . . . . .	167
A.2. Panel solar Longi . . . . .	168



# Índice de cuadros

3.1. Plantilla de Registro de riesgos. . . . .	38
5.1. Plantilla del Informe Final. . . . .	55
9.1. Caso de Negocio del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	78
9.2. Acta de Constitución del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	83
9.3. Financiación del banco del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	86
10.1. Plantilla del Alcance de un Proyecto fotovoltaico. . . . .	90
10.2. Cronograma del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	93
10.3. Estimación de costes por recurso . . . . .	95
10.4. Estimación de costes del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	97
10.5. Registro de Riesgos del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	100
10.6. Plan de Gestión del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	103
10.7. Documento de Requisitos en Detalle del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	105
10.8. Acta de Entrega al Cliente del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	106
10.9. Autorización Administrativa del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	117
10.10. Autorización Ambiental del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	118
10.11. Autorización de Explotación del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	119
10.12. Certificación de Potencia Instalada por experto del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	120
10.13. Certificado de Fin de Obra del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	121
10.14. Declaración de Responsable de Obra del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	122

10.15	Permiso de conexión a la Red del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	123
10.16	Permiso de Obra fotovoltaica del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	124
11.1.	Protocolo de Pruebas de Aceptación del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	127
13.1.	Protocolo de mantenimiento preventivo de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	139
13.2.	Protocolo de mantenimiento correctivo de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	140
14.1.	Protocolo de gestión de residuos de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	142
14.2.	Protocolo de desmantelamiento de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes. . . . .	145
A.1.	Plantilla de Autorización Administrativa. . . . .	155
A.2.	Plantilla de Autorización ambiental. . . . .	156
A.3.	Plantilla de Autorización de Explotación. . . . .	157
A.4.	Plantilla de Declaración de responsable de obra fotovoltaica. . . . .	158
A.5.	Plantilla de Permiso de Obra fotovoltaica. . . . .	159
A.6.	Plantilla de Certificación de potencia instalada por experto independiente. . . . .	160
A.7.	Plantilla de Permiso de Conexión a la Red. . . . .	161
A.8.	Plantilla de Certificado de Fin de Obra fotovoltaica. . . . .	162
A.9.	Plantilla del documento de lecciones aprendidas. . . . .	165
A.10.	Plantilla del Acta de Entrega al Cliente. . . . .	166

# Acrónimos

**AC** Actual Cost (coste real)

**ADE** Administración y Dirección de Empresas

**BAC** Budget At Completion (presupuesto hasta la conclusión)

**CAPEX** CApital EXpenditures

**EAC** Estimation At Completion (estimación hasta la conclusión)

**EV** Earned Value (valor ganado)

**EVA** Earned Value Analysis (análisis del valor ganado)

**FAT** Factory Acceptance Tests (pruebas de aceptación en fábrica)

**ICAI** Insitituto Católico de Artes e Industrias

**IRC** Índice de Rendimiento de Coste

**IRP** Índice de Rendimiento de Programación

**NR** Nivel de Riesgo

**ODS** Objetivos de Desarrollo Sostenible

**OMIE** Operador del Mercado Ibérico de Energía

**PMIS** Project Management Information System (sistema de información para la dirección de proyectos)

**PV** Planned Value (valor planificado)

**RACI** Responsible Accountable Consulted Informed (responsable de la ejecución, responsable último, consultado, informado)

**ROI** Return On Investment

**ROM** Rough Order of Magnitude (Estimación de orden de magnitud)

**TFG** Trabajo Fin de Grado

**TIR** Tasa Interna de Retorno

**OPEX** OPeracional EXpenditures

**PMBOK** Project Management Book Of Knowledge

**PMI** Project Management Institute

**WBS** Work Breakdown Structure (Alcance del proyecto)

**VAN** Valor Actual Neto

# Parte I

## Introducción



## 0.1. Contexto.

Vivimos en una época de cambio en la que la energía se ha convertido en un componente clave en el desarrollo de las sociedades. Recientemente ha comenzado un cambio en la mentalidad de la sociedad en lo que se refiere al cuidado del medio ambiente. Éste es un gran reto que requerirá en un futuro cercano el trabajo conjunto de los agentes sociales.

Resulta muy interesante cómo numerosas empresas no solo están afrontando este gran reto, sino que están avanzando hacia la independencia energética y la generación de energía renovable. Muchas de ellas tienen en sus objetivos algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Entre estas empresas se encuentra IKEA la cual servirá de ejemplo de la metodología para la implementación de proyectos fotovoltaicos desarrollada.

IKEA tiene el objetivo de tener un impacto positivo en el medio ambiente para el año 2030. Para ello requerirá de una cuantiosa inversión en sistemas de producción energética eficientes a la vez que deberá recortar sus actividades más perjudiciales para el medio ambiente.

Finalmente, este proyecto surge de la idea de combinar la inquietud de estudiar en profundidad la parte de gestión de proyectos dentro de la rama de organización industrial con la de investigar la actualidad de la autoproducción de energía renovable en industrias.

## 0.2. Descripción de las técnicas.

El Trabajo Fin de Grado (TFG) trata de diseñar una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos. Para ello, es imprescindible conocer la labor del Project Management Institute (PMI). Es un organismo internacional que fija las buenas prácticas que guían a los profesionales del ámbito de la dirección de proyectos desde su creación en 1969. Actualmente, la organización tiene alrededor de 700.000 profesionales miembros en todo el mundo [9]. La organización es una referencia mundial en el sector de gestión de proyectos.

Hasta hace solamente un par de décadas, la gran mayoría de los proyectos se realizaban con la metodología (Waterfall) o en cascada Figura 1. Esta metodología consiste en planificar el proyecto completo desde el inicio. Tras la planificación se ejecuta el proyecto. Para ejecutar una fase del proyecto es imprescindible completar la anterior fase, de ahí viene el nombre de proyecto en cascada. Es cierto que en los proyectos complejos no se pueden prever todos los detalles por lo que esta metodología acepta un pequeño grado de planificación durante el ciclo de vida del proyecto.

Por otro lado, el PMI se ha adaptado a lo largo de su vida a las necesidades del mercado. Es por ello que más recientemente ha lanzado una nueva metodología para gestionar,

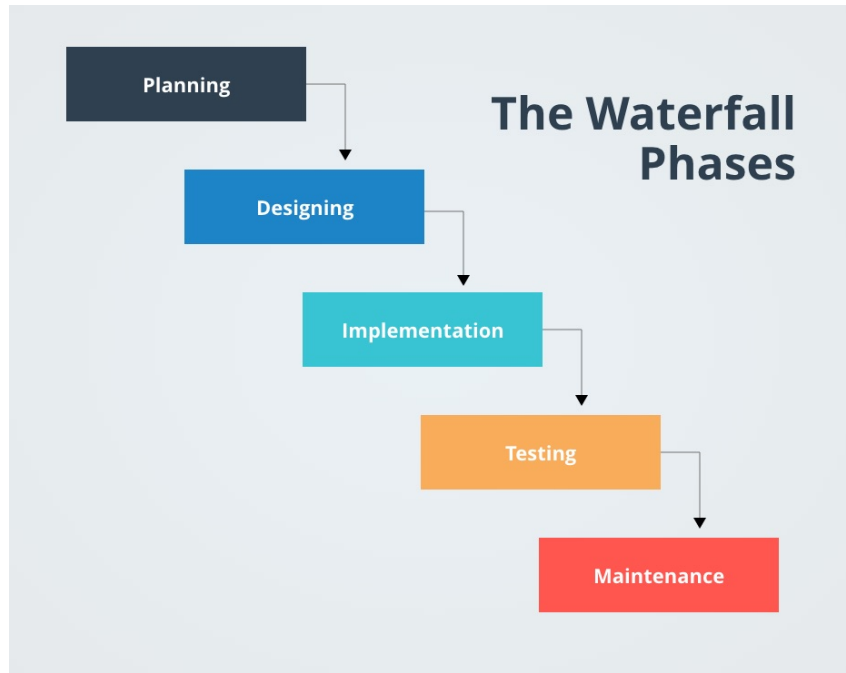


Figura 1: Metodología waterfall o en cascada.

analizar e implementar proyectos llamada Agile[16] Figura 2. Esta novedosa metodología se centra en compaginar la planificación con la ejecución de los proyectos. Esta técnica permite empezar proyectos con un grado de incertidumbre mayor, ya que es posible modificar el alcance, coste o tiempo de los principales entregables con mayor facilidad si la planificación no está completa.

Actualmente, los proyectos suelen combinar la metodología waterfall o en cascada con la Agile. Así, los proyectos de pequeña y mediana envergadura que no requieren de gran planificación pueden ser ejecutados con mayor agilidad. El director de proyectos de este tipo procura mantener los requisitos de los interesados y la información de alto nivel siempre actualizada. Proyectos con menor grado de planificación tienen un mayor grado de riesgo y es por ello que la comunicación entre el director del proyecto y los interesados clave es fundamental.

### 0.3. Estado de la cuestión.

La gestión de proyectos es una disciplina que estudia el planteamiento, organización, motivación y control de recursos con el propósito de alcanzar uno o varios objetivos. Antaño, los proyectos eran dirigidos por maestros mayores de obra, ingenieros o arquitectos.

En la década de 1950 surgieron las primeras organizaciones que trataron de aplicar de forma sistemática unas herramientas, principios y técnicas para gestionar proyectos de





Figura 2: Metodología Agile.

ingeniería complejos. El PMI, fundado en 1969, es una organización que asocia a instituciones relacionadas con la gestión de proyectos. Actualmente es el instituto más importante del mundo en su área.

Los fundamentos reconocidos como buenas prácticas por el instituto están recogidos en el Project Management Book Of Knowledge (PMBOK). Actualmente es la única guía con estándar ANSI. Hay otras normas internacionales como ISO 21500: Guía para la gestión de proyectos [14]. También existen otras guías como PM<sup>2</sup> Project Management Methodology [6]. El PMBOK es utilizado por profesionales de la gestión de proyectos con el fin de administrar los proyectos de una forma más eficaz y eficiente.

En España, la primera instalación solar conectada a la red data de 1984. Iberdrola instaló 100 kWp en San Agustín de Guadalix. En 1998, en consonancia con las ayudas a energías renovables aprobadas por otros países europeos, el gobierno aprobó el Real Decreto 2818/1998 [2] por el que se establecía una prima de entre 30 y 60 pesetas por kWh vertido a la red. Sin embargo en el año 2000 solamente dos sistemas obtuvieron la ayuda y por tanto se publicó el Real Decreto 1663/2000 por el que se establecieron las condiciones técnicas para recibir la ayuda que iniciaron un lento despegue de la tecnología en España [3].

Actualmente, en España hay instalados más de 18.500 MW de potencia fotovoltaica [4]. Debido a los precios crecientes de la energía y a los cada vez más baratos costes de instalación de estructuras fotovoltaicas, se está experimentando un auge de proyectos fotovoltaicos para el autoconsumo en el país. Es por ello que desarrollar una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos tiene cada día más importancia en el sector eléctrico.

Numerosas empresas están apostando por cumplir sus objetivos de descarbonización

para no tener impacto negativo en el medio ambiente. Para ello, muchas de ellas están estudiando cómo aprovechar sus instalaciones para generar energía de forma sostenible por medio de instalaciones fotovoltaicas. Así se contribuirá no solo a mejorar la independencia energética de la empresa, sino a mejorar tanto su imagen corporativa como sus finanzas.

## 0.4. Definición del trabajo.

El trabajo consta de cuatro partes bien diferenciadas. La primera parte consiste en la recopilación de información y el aprendizaje sobre gestión de proyectos. La gestión de proyectos es un área de conocimiento fundamental en los ingenieros especializados en organización industrial. Para profundizar en la materia se estudiarán las guías del PMI [9] como el PMBOK [17] y AGILE [16]. Estos documentos tratan sobre la dirección de proyectos de una forma genérica. Más adelante, este conocimiento será adaptado para proyectos ingenieriles, concretamente fotovoltaicos.

La segunda parte del trabajo trata sobre la adaptación de los conocimientos aprendidos sobre gestión de proyectos genéricos a proyectos de carácter fotovoltaico. Para ello será preciso investigar sobre proyectos fotovoltaicos actuales. Se analizarán sus similitudes y diferencias para así crear un conjunto de plantillas que ayuden a los directores de proyectos fotovoltaicos en su trabajo. Estas plantillas son una forma de aplicar las buenas prácticas porque son recomendaciones con el objetivo de gestionar de manera eficaz y eficiente cualquier proyecto fotovoltaico. Seguir las buenas prácticas ayuda a minimizar la probabilidad de incumplimiento en el alcance, tiempo y coste del proyecto.

A continuación, se completará el conjunto de buenas prácticas creado anteriormente para ponerlo en práctica con un proyecto fotovoltaico real. El proyecto elegido será el proyecto fotovoltaico realizado por IKEA en San Sebastián de los Reyes, Madrid. De esta manera, será mucho más fácil comprender el conjunto de buenas prácticas creado. Además, este ejemplo ayudará a los directores de proyectos fotovoltaicos a incorporar buenas prácticas que no utilizaban anteriormente.

Por último, será imprescindible realizar los cálculos oportunos para simular el análisis e implementación del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Para ello se profundizará en la información que IKEA ofrece al público sobre su hoja de ruta hacia el consumo de energía exclusivamente renovable [7]. Esta información permitirá mostrar un ciclo de vida completo de un proyecto fotovoltaico en detalle.

### 0.4.1. Justificación.

Este TFG busca profundizar en la materia de gestión de proyectos. La gestión de proyectos es un área de conocimiento fundamental para un ingeniero industrial especializado en organización industrial. Además, este área de conocimiento complementa a los estudios

de Administración y Dirección de Empresas (ADE) en el Insitituto Católico de Artes e Industrias (ICAI). Se trata de un trabajo que aporta información relevante sobre el sector de autoproducción energética en consonancia con los objetivos de desarrollo sostenible.

Los estudios que cursa un ingeniero industrial suelen ser genéricos. Es por tanto que un trabajo tanto teórico como práctico sobre una de las asignaturas de especialidad de los estudiantes de organización industrial añade valor a los estudios de ingeniería y empresa.

La actualidad en materia energética obliga a estudiar las posibles soluciones a un problema que tiene cada vez más importancia en el plano geopolítico. La independencia energética, la autoproducción y las fuentes de energía renovable son una posible solución al problema, el cual recibe mucha atención por parte de la sociedad en su conjunto.

### 0.4.2. Objetivos.

El presente trabajo tiene como objetivo principal el desarrollo de una metodología para el análisis e implementación de un proyecto fotovoltaico. Es la parte más teórica del trabajo que requiere comprender las buenas prácticas del PMI y adaptarlas para proyectos de tipo fotovoltaico. Esta guía de plantillas de buenas prácticas será muy útil para profesionales que deseen comprender los proyectos fotovoltaicos.

Además, otro objetivo principal del trabajo es particularizar la metodología creada para un proyecto real como lo es el proyecto fotovoltaico de la nave de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Este objetivo permitirá la puesta en práctica del trabajo teórico previo. El conjunto de buenas prácticas sobre proyectos fotovoltaicos con información real representará un punto de referencia para profesionales que deseen analizar y ejecutar proyectos fotovoltaicos.

### 0.4.3. Metodología.

En primer lugar, se estudiarán las buenas prácticas recomendadas por el PMI en sus guías PMBOK y AGILE [16]. A continuación, se buscará información sobre proyectos fotovoltaicos actuales junto con cursos de gestión de proyectos fotovoltaicos [12]. Este conocimiento será necesario para crear una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos.

Una vez la metodología está preparada, será oportuno adaptarla para un proyecto real como es el caso del proyecto de IKEA. Se pondrán en práctica las buenas prácticas seleccionadas como oportunas en este tipo de proyectos. Esta fase facilitará la comprensión de la metodología y ayudará en su posible puesta en práctica como una metodología a seguir en proyectos fotovoltaicos.

No obstante, la metodología debe estar viva y adaptarse con su utilización y con las lecciones aprendidas de otros proyectos según se vayan ejecutando.

## Parte II

# Metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos



# Capítulo 1

## Introducción.

La propuesta de una metodología para el análisis e implementación de proyectos fotovoltaicos se ha fundamentado en el PMI. Este organismo internacional crea una guía con las buenas prácticas que se recomiendan en la realización de cualquier proyecto de tipo genérico.

Con el objetivo de particularizar una metodología para proyectos exclusivamente fotovoltaicos es necesario en primer lugar comprender el funcionamiento de los proyectos ingenieriles. Además, es crítico estar informado y actualizado sobre proyectos fotovoltaicos. Es por ello que este trabajo se ha basado en proyectos actuales al igual que en cursos de gestión de proyectos de ingeniería y fotovoltaicos [12].

La metodología creada consiste en un conjunto de buenas prácticas que se recomiendan con el objetivo de reducir la probabilidad de un incumplimiento en el alcance, tiempo y coste del proyecto fotovoltaico. Las buenas prácticas pueden ser de dos tipos: de gestión o de producto. Las buenas prácticas de gestión cubren todo lo relacionado con la administración del proyecto mientras que las de producto cubren el avance físico del proyecto fotovoltaico.

Las buenas prácticas se engloban en seis fases. Cada fase representa un tipo de proceso necesario para la ejecución de un proyecto fotovoltaico. Para comenzar la ejecución de cada fase es necesaria la aprobación de un hito que simboliza la finalización de la fase anterior.

A continuación, se mostrará una información previa necesaria para conocer de primera mano cómo funciona la gestión de proyectos. Es necesario, conocer el papel del Director del proyecto (Sección 1.1). Al mismo tiempo se facilita la información necesaria de cada fase de los proyectos fotovoltaicos en Sección 1.2. Por último, se explica el Ciclo de Vida de un Proyecto fotovoltaico en Sección 1.3, el cual es fundamental para el conocimiento de la gestión de un proyecto fotovoltaico.

## 1.1. Director del proyecto.

La organización que ejecuta el proyecto designa como responsable del mismo al director del proyecto. Es el encargado de que el proyecto alcance los objetivos propuestos [17].

El director de proyecto es exitoso si se alcanzan los objetivos del proyecto. Es fundamental para conseguirlo obtener la satisfacción de los interesados. El director del proyecto debe atender sus necesidades e inquietudes además de sus expectativas durante la duración del proyecto. Es necesario para alcanzar estos objetivos que el director de proyecto destaque en importantes habilidades personales e interpersonales que incluyen:

- Liderazgo y motivación.
- Comunicación y negociación.
- Influencia y toma de decisiones.
- Gestión de conflictos y trabajo en equipo.

El director de proyecto debe tener conocimientos específicos para el proyecto como: seguridad, electricidad, mecánica o salud. Las diez Áreas de Conocimiento genéricas son:

- **Gestión de la Integración del Proyecto.** Identifica, combina y coordina las diversas actividades a realizar.
- **Gestión del Alcance del Proyecto.** Garantiza el cumplimiento de las actividades requeridas para realizar el proyecto.
- **Gestión del Cronograma del Proyecto.** Garantiza el cumplimiento del proyecto en el plazo establecido.
- **Gestión de los Costes del Proyecto.** Gestiona, planifica y financia los costes incurridos en el proyecto.
- **Gestión de la Calidad del Proyecto.** Planifica, gestiona y asegura el cumplimiento de los requisitos de calidad de la organización.
- **Gestión de los Recursos del Proyecto.** Identifica, adquiere y gestiona los recursos necesarios para realizar el proyecto.
- **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.** Planifica, distribuye y crea la información del proyecto.
- **Gestión de los Riesgos del Proyecto.** Identifica y planifica una respuesta para los posibles riesgos del proyecto.
- **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.** Adquiere los productos y servicios necesarios para realizar el proyecto.
- **Gestión de los Interesados del Proyecto.** Analiza las expectativas de las personas u organizaciones afectadas por el proyecto.



## 1.2. Grupos de procesos dentro de un proyecto (Fases).

Los grupos de procesos son un modelo estandarizado para organizar un trabajo y una guía para hacer en cada momento oportuno exclusivamente el trabajo necesario Figura 1.1 [17]. Al adaptarse específicamente a proyectos fotovoltaicos reciben el nombre de fases.

- **Grupo de Procesos de Inicio (Estudio de viabilidad).** Definen y constituyen un nuevo proyecto fotovoltaico tras constatar la viabilidad del mismo. Capítulo 2.
- **Grupo de Procesos de Planificación (Diseño y obtención de permisos).** Establece el alcance, tiempo y coste del proyecto así como los objetivos precisos del proyecto fotovoltaico. Capítulo 3.
- **Grupo de Procesos de Ejecución (Instalación).** Desarrollan el avance físico del proyecto fotovoltaico. Capítulo 4.
- **Grupo de Procesos de Cierre (Cierre).** Completan o cierran formalmente el proyecto fotovoltaico. Capítulo 5.
- **Grupo de Procesos de Monitoreo y Control (Operación y Mantenimiento).** Realizan un seguimiento del funcionamiento de la planta fotovoltaica durante su vida útil. Capítulo 6.
- **Grupo de Procesos de Desmantelamiento (Desmantelamiento).** Establece los procesos que se deben realizar al finalizar la vida útil del proyecto. Capítulo 7.

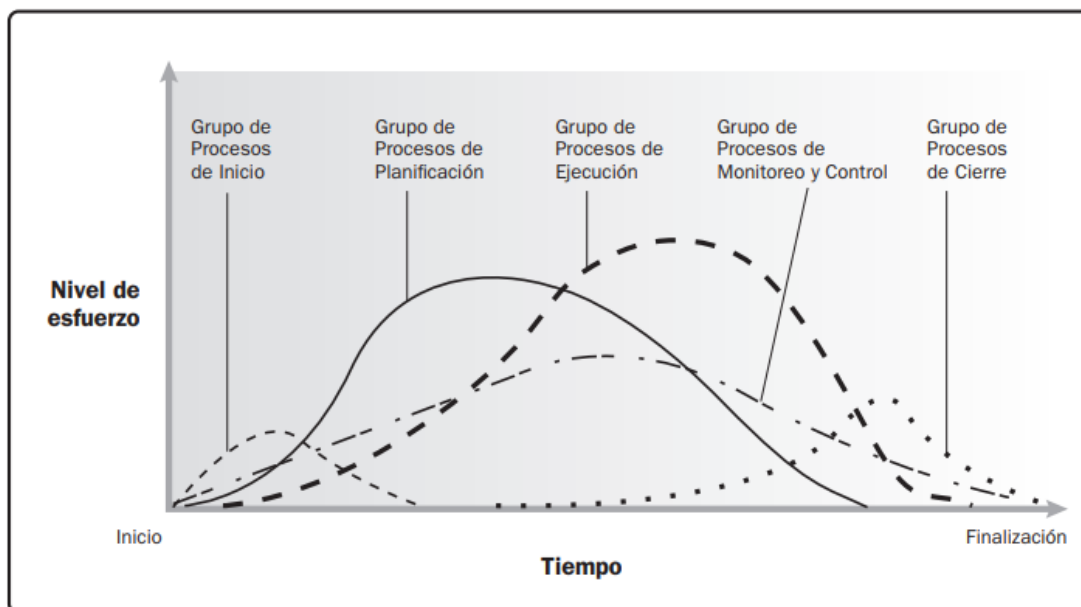


Figura 1.1: Interacción entre los grupos de procesos en un proyecto.

### 1.3. Ciclo de Vida de la instalación fotovoltaica.

Un proyecto fotovoltaico puede tener numerosas finalidades como proporcionar una rentabilidad económica a la empresa o reducir el impacto medioambiental de su consumo energético. En cualquier caso, los proyectos fotovoltaicos pueden tener un gran relevancia en las cuentas de la empresa o en la imagen que da a los clientes.

El PMBOK aconseja dividir un proyecto en cuatro fases genéricas como lo son el inicio del proyecto, la organización y preparación, la ejecución del trabajo y la finalización del trabajo Figura 1.2 [17]. Sin embargo, debido a las particularidades de los proyectos fotovoltaicos resulta más prudente dividirlos en seis fases como se muestra en el apartado 1.2.

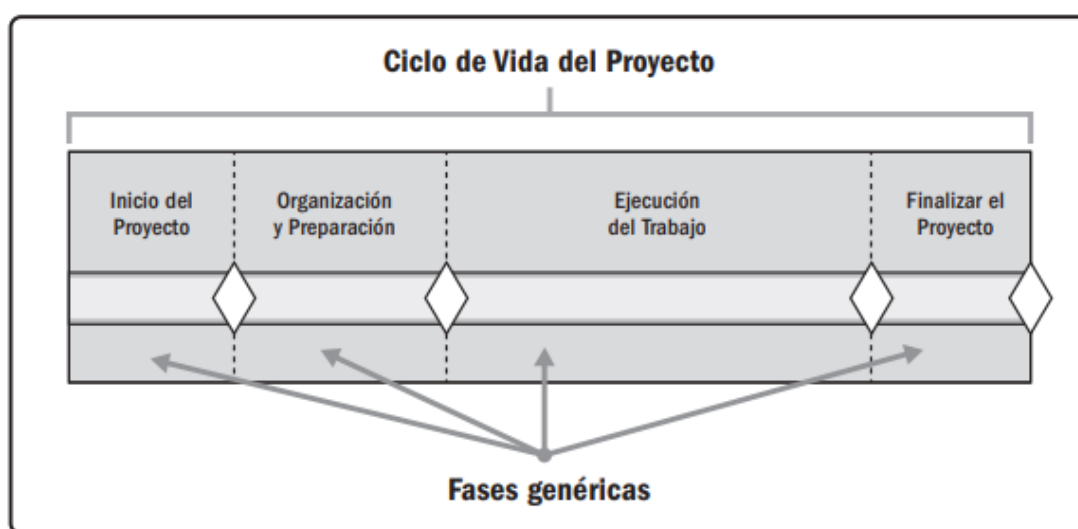


Figura 1.2: Ciclo de Vida según el PMBOK.

Las fases del Ciclo de Vida de los proyectos con metodología waterfall o en cascada finalizan con la aprobación de un hito. Cada hito marca el final de una fase y el inicio de la siguiente. Los hitos suelen consistir en la aprobación del entregable principal de la fase anterior. En el caso de un proyecto fotovoltaico he decidido que los hitos que mejor se ajustan y nos ayudan a entender el negocio son:

- Aprobación del Acta Constitución del Proyecto.
- Aprobación del Plan de Gestión del Proyecto.
- Aprobación de la Entrega al Cliente.
- Aprobación del Informe Final.
- Fin de la Vida Útil.
- Aprobación del Cierre de la Instalación.

Cada fase del proyecto fotovoltaico se puede dividir en dos grandes grupos. El primer grupo está formado por los entregables de gestión. Este tipo de entregables son buenas prácticas destinadas a ofrecer a la dirección del proyecto una mayor seguridad en la gestión del proyecto fotovoltaico. La segunda fase está formada por los entregables de producto. Este tipo de entregables son buenas prácticas relacionadas con el trabajo específico del producto o servicio que pretende crear el proyecto, en este caso una instalación fotovoltaica.

En la siguiente página se mostrará la Figura 1.4. En ella se podrán apreciar visualmente las seis fases que he decidido que mejor se ajustan y nos ayudan a entender el negocio de todo proyecto fotovoltaico. De este modo para un proyecto fotovoltaico; uniendo las buenas prácticas, los grupos de procesos y las restricciones, es el ciclo de vida que he creado para que sirva como guía en la gestión de proyectos fotovoltaicos. En él se referenciará todo el trabajo que he realizado para analizar e implementar proyectos fotovoltaicos.

La Figura 1.3 [9] muestra las seis principales limitaciones de los proyectos fotovoltaicos. Estas limitaciones están relacionadas entre sí. Cualquier modificación en una de ellas compromete a las demás. El director del proyecto debe llegar a un compromiso dentro de estas limitaciones que satisfaga a los interesados del proyecto. Además de estas limitaciones genéricas, cada proyecto tiene sus limitaciones específicas que el director del proyecto debe conocer y gestionar como la limitación del espacio físico, tecnológica, climática o legal.



Figura 1.3: Triángulo de alcance, tiempo y coste.

# Ciclo de Vida Instalación fotovoltaica

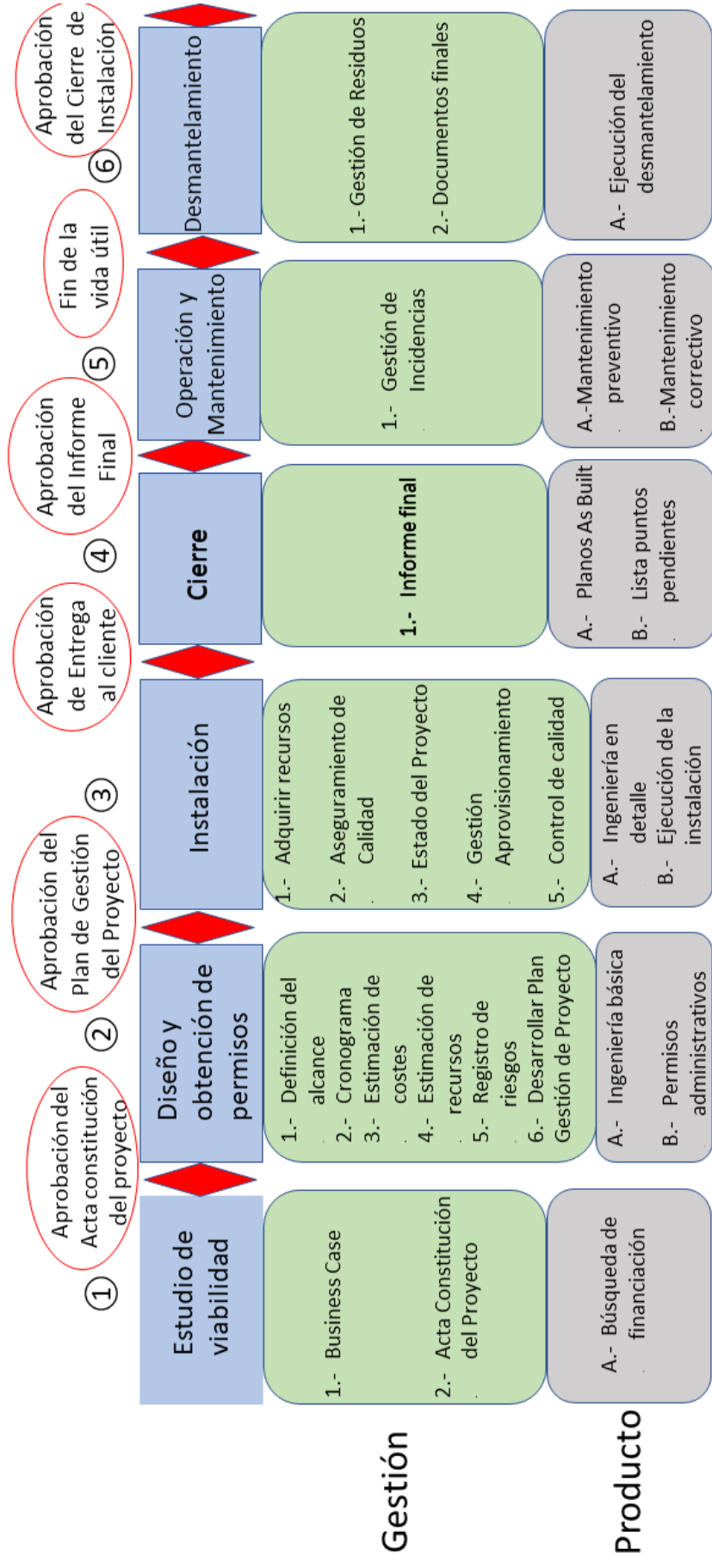


Figura 1.4: Ciclo de Vida de un proyecto fotovoltaico.

# Capítulo 2

## Estudio de viabilidad.

En la fase inicial de los proyectos se analiza su viabilidad. Al comienzo del proyecto, la información es escasa y de alto nivel. Los interesados del proyecto en esta fase normalmente no se han definido o no han definido sus expectativas del proyecto. Es necesario realizar un análisis económico en esta fase para estimar si el proyecto es realizado o rechazado.

A lo largo del grupo de procesos de inicio o estudio de viabilidad es recomendable identificar a los interesados clave del proyecto. Estos interesados tendrán unas expectativas sobre el proyecto que será necesario satisfacer para terminarlo con éxito. La involucración de los interesados en un proyecto fotovoltaico se muestra en la Figura 2.1 [17].

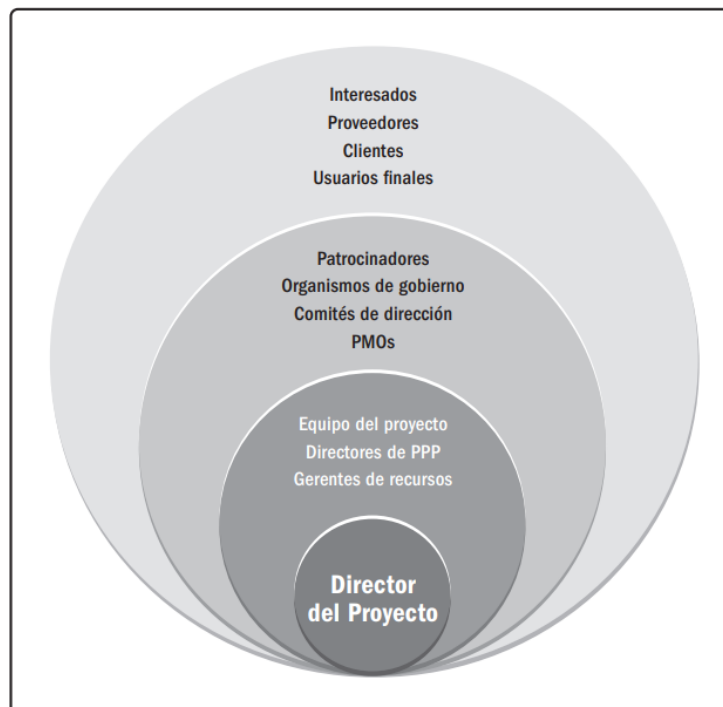


Figura 2.1: Interesados clave del proyecto.

Durante esta fase se recomienda buscar la financiación para el proyecto. Si no es posible encontrar la financiación necesaria no tendría sentido seguir adelante con el proyecto. Inicialmente, se debe hacer un estudio de la viabilidad del proyecto. Si el análisis es positivo para la empresa, se procederá a buscar la financiación para sufragar los costes que conlleve el proyecto. La financiación es crucial para llevar a cabo un proyecto fotovoltaico. En el Acta de constitución del Proyecto deberá aparecer como requisito obtener una financiación adecuada. Se finaliza la fase de estudio de viabilidad con el hito de aprobación del Acta de Constitución del Proyecto.

## 2.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Estudio de viabilidad encontraremos como entregables de gestión: el Business Case (Subsección 2.1.1) y el Acta de Constitución del Proyecto (Subsección 2.1.2).

### 2.1.1. Business Case (Caso de Negocio).

El Business Case o Caso de Negocio es un entregable de gestión que sirve para analizar un negocio desde varios puntos de vista: ventas, producción, mercado, competencia, etc. En este caso el punto de vista más importante del Caso de Negocio es el económico. Proporciona una ayuda para medir el éxito del proyecto cuando éste ha finalizado al comparar las expectativas con los resultados. Requiere comprender las metas, objetivos y oportunidades de negocio y recomendar propuestas para abordarlas.

Es necesario recopilar las oportunidades de negocio para establecer cuál es más adecuada para las necesidades de la empresa. Para ello, se debe identificar las prioridades de la empresa. Además, se determina cuál es la aportación a las cuentas y a la imagen de la empresa que supone la implementación de un proyecto fotovoltaico. El Business Case ayuda a discernir qué proyectos son más prioritarios para cada empresa.

En el Business Case se debe estimar cuál es el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. El VAN es el valor actual del conjunto de ingresos y gastos futuros que conllevarán la implantación de un proyecto fotovoltaico Ecuación 14.2. Si este valor es positivo implica que es rentable para la empresa llevar a cabo la planta fotovoltaica. Esta es una primera estimación de rentabilidad. En proyectos largos se debe volver a estimar varias veces según nueva información se conozca sobre costes operativos, legislación, precio de la energía, etc. Para calcular el VAN se necesita un interés fijado por la empresa que es el mínimo por el cual aceptaría invertir en un proyecto. Sin embargo, es posible que el principal objetivo de una empresa al realizar un proyecto fotovoltaico no sea económico sino medioambiental.

Otros datos clave para analizar en el Business Case son el Return On Investment (ROI) y el Tasa Interna de Retorno (TIR). El ROI es la tasa de los beneficios esperados entre la inversión del proyecto Ecuación 14.1. El TIR es una tasa de interés anualizada que ofrece la

inversión en el proyecto fotovoltaico Ecuación 14.3. Por tanto, el ROI no tiene en cuenta el tiempo que tarda la inversión en ofrecer beneficios mientras que el TIR si lo hace. Por otro lado, es conveniente analizar el Flujo de Caja anual para prever posibles faltas de liquidez.

Para calcular los indicadores anteriores se debe estimar el ahorro previsto que ofrece la planta. Para ello, hay que tener en cuenta datos como la potencia pico de la instalación, las horas anuales de Sol equivalente proporcionadas por el PVsyst [11] y el precio medio de la energía proporcionado por Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE).

Además, se deberán calcular los costes que conllevará el proyecto fotovoltaico. Se tendrán en cuenta tanto el CAPITAL EXpenditures (CAPEX) como el OPERacional EXpenditures (OPEX). El coste de la inversión se materializa en el primer año y el OPEX durante cada año de la vida útil de la planta fotovoltaica.

A continuación se muestra un ejemplo de plantilla de Business Case Figura 2.2.

**BUSINESS CASE PROYECTO FOTOVOLTAICO**

unidades en Euros.

año	ahorro	préstamo	OPEX	cash flow	TIR	ROI	VNA	TIR	PAYBACK	interés mínimo
2024										
2025										
2026										
2027										
2028										
2029										
2030										
2031										
2032										
2033										
2034										
2035										
2036										
2037										
2038										
2039										
2040										
2041										
2042										
2043										
2044										
2045										
2046										
2047										
2048										
total										

datos dependientes		datos independientes	
<b>AHORRO ANUAL (€)</b>		=1*2	
1	precio energético (€/KWh)	dependiente del mercado	
2	energía producida (KWh)	=3*4	
3	horas de sol PVsyst	dependiente del proyecto	
4	potencia pico (KWp)	=5*6	
<b>INVERSIÓN EN LA PLANTA</b>		=(5*7)+8	
5	número de paneles	dependiente del proyecto	
6	potencia por panel (Wp)	dependiente del proyecto	
7	precio por panel (€)	dependiente del proyecto	
8	coste instalación	dependiente del proyecto	
9	OPEX	dependiente del proyecto	
10	amortización préstamo	dependiente del proyecto	

Figura 2.2: Plantilla de Caso de Negocio.

## 2.1.2. Acta de Constitución del Proyecto.

Una vez analizado y aprobado el Business Case o Caso de Negocio (Subsección 2.1.1) de la propuesta de proyecto fotovoltaico se procederá redactar el Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico.

El Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico contiene información de alto nivel, ya que los interesados clave del proyecto aún no han depurado sus expectativas para el proyecto. En este momento se asignará al proyecto un Director, al igual que se designa al Sponsor o Patrocinador del proyecto.

La información necesaria en este entregable es el orden de magnitud del alcance, tiempo y coste. En el alcance se detallan los entregables principales de gestión y producto a la vez que los requisitos de producto como la potencia requerida en la planta. Se establece el orden de magnitud del plazo de entrega y del coste total del proyecto. Además, se analizan los riesgos de alto nivel y los hitos del proyecto. Por último, se enumeran los interesados y se les asigna un rol en el proyecto.

Los datos de entrada para desarrollar el Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico son: el Business Case o Caso de Negocio, los acuerdos en forma de contratos de la compañía, los factores ambientales de la empresa como cultura y momento económico y las políticas de actuación de la empresa. Cada uno de estos datos serán dependientes del proyecto fotovoltaico concreto al igual que de la empresa que implemente el proyecto.

Las herramientas y técnicas necesarias para desarrollar el Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico son: el juicio de expertos, la recopilación de datos, las reuniones y las habilidades interpersonales o de equipo. La comunicación entre responsables y expertos es imprescindible para desarrollar este entregable, ya que requiere de información sensible y experta.

El entregable principal de salida al desarrollar un proyecto fotovoltaico es el propio Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico. Es un documento clave en la gestión del proyecto ya que sienta las bases del desarrollo del mismo y reconoce las expectativas de los interesados clave.

La aprobación del Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico implica el inicio oficial del proyecto. La aprobación de este entregable es el primer hito en el Ciclo de Vida Sección 1.3. Ello significa la conclusión de la primera fase y el comienzo de la fase de diseño y obtención de permisos. Al aprobar este entregable se asigna un director al proyecto y se le asigna un presupuesto para un proyecto que se presupone rentable para la empresa.



# ACTA CONSTITUCIÓN DE PROYECTO FOTOVOLTAICO

Título del Proyecto:

Introduzca texto.

Sponsor del proyecto:

Introduzca texto.

Fecha:

Introduzca fecha

Director de proyecto:

Introduzca texto.

## Alcance de alto nivel del proyecto (orden de magnitud):

### Requisitos de Gestión:

Introduzca texto.

### Requisitos de Producto:

Potencia requerida: Introduzca texto. (KWp)

Superficie disponible: Introduzca texto. (m<sup>2</sup>)

### Principales Entregables de Gestión:

Introduzca texto.

### Principales Entregables de Producto:

Introduzca texto.

**Tiempo (orden de magnitud):**

Plazo de entrega:	Introduzca texto.
Fecha de presentación del proyecto:	Introduzca texto.
Fecha de puesta en marcha:	Introduzca texto.

**Coste (orden de magnitud):**

Introduzca texto.	
Recursos financieros previos:	Introduzca texto.

**Riesgos de Alto Nivel del Proyecto:**

Introduzca texto.
-------------------

Resumen de hitos	Criterio de éxito
------------------	-------------------

Alcance:

Introduzca texto.	Introduzca texto.
-------------------	-------------------

Tiempo:

Introduzca texto.	Introduzca texto.
-------------------	-------------------

Coste:

Introduzca texto.	Introduzca texto.
-------------------	-------------------

Otros:

Introduzca texto.	Introduzca texto.
-------------------	-------------------

Lista de interesados	Desempeño
Introduzca texto.	Introduzca texto.
Introduzca texto.	Introduzca texto.
Introduzca texto.	Introduzca texto.
Introduzca texto.	Introduzca texto.
Introduzca texto.	Introduzca texto.

**Criterio de salida del proyecto:**

Introduzca texto.
-------------------

**Nombre del director del proyecto:**

Introduzca texto.
-------------------

**Nombre del sponsor del proyecto:**

Introduzca texto.
-------------------

**Firma del director de proyecto:**

**Firma del sponsor del proyecto:**

**Fecha:**

**Fecha:**

**Autoridad del director de proyecto:**

**Gestión y variación del presupuesto:**

Introduzca texto.
-------------------

**Resolución de conflictos:**

Introduzca texto.
-------------------

**Decisiones de plantilla:**

Introduzca texto.
-------------------

## 2.2. Entregables de Producto.

En la fase de Estudio de viabilidad encontraremos como entregable de producto la búsqueda de financiación (Subsección 2.2.1). Se entiende por entregable de producto los documentos o artefactos que son específicos de cada proyecto.

### 2.2.1. Búsqueda de financiación.

Los proyectos fotovoltaicos conllevan una inversión elevada. El retorno de la inversión se produce a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica mediante el ahorro en energía eléctrica. La financiación del proyecto resulta por tanto muy importante en el estudio de viabilidad.

La financiación del proyecto fotovoltaico puede ser propia o ajena. Se llama financiación propia si los fondos del proyecto provienen de los ahorros de la empresa o fondos propios. Se llama financiación ajena si los fondos del proyecto provienen de préstamos de otras entidades como pueden ser los bancos.

La financiación propia resulta posible sólo si la empresa que desea implementar el proyecto fotovoltaico tiene la liquidez necesaria para ello. Sin embargo, no siempre que la empresa goza de los fondos propios necesarios es apropiado utilizarlos para el proyecto fotovoltaico. Es adecuado respetar la política de la empresa. Es posible que sea deseable mantener la liquidez y optar por la financiación ajena a pesar de que implique una pequeña pérdida de rentabilidad. También es posible que la empresa desee ejecutar varios proyectos simultáneamente y emplee la liquidez para otros proyectos. Solamente es adecuada la financiación propia cuando se desee emplear la liquidez de la empresa para implementar un proyecto fotovoltaico y además sea más rentable que utilizar financiación ajena.

La financiación ajena requiere de un proyecto empresarial sólido para que los prestamistas estén dispuestos a prestar su capital para implementar el proyecto fotovoltaico. Es una buena práctica consultar a varios prestamistas o bancos para asegurarse obtener la financiación más adecuada para el proyecto fotovoltaico. Deben ser todas las propuestas comparadas entre ellas mediante el Business Case (Subsección 2.1.1) y mediante la política y preferencias de la empresa.

Resulta altamente recomendable actualizar el Business Case (Subsección 2.1.1) e introducir los datos de la financiación. Debido a que los ingresos o ahorros derivados de la planta fotovoltaica no se pueden prever con exactitud se debe realizar un estudio económico prudente y conservador. Es imprescindible tener la financiación asegurada antes de empezar la siguiente fase del proyecto fotovoltaico, por ello se incluye la búsqueda de financiación en el Business Case (Subsección 2.1.1) y por tanto en el Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico (Subsección 2.1.2).



# Capítulo 3

## Diseño y obtención de permisos.

La fase de Diseño y obtención de permisos es la intermedia entre el Estudio de viabilidad y la Instalación. Después del hito consistente en la aprobación del Acta de Constitución del Proyecto fotovoltaico se debe obtener la información en detalle necesaria para implementar el proyecto fotovoltaico.

El diseño de la planta fotovoltaica de forma detallada y en consonancia con las expectativas de los interesados clave del proyecto es fundamental. El coste de realizar cambios en el diseño de la planta fotovoltaica aumenta a medida que avanza el tiempo. Sin embargo, el riesgo de no obtener la información en detalle necesaria o las expectativas de los interesados clave es mayor al inicio del proyecto como se puede observar en la Figura 3.1.

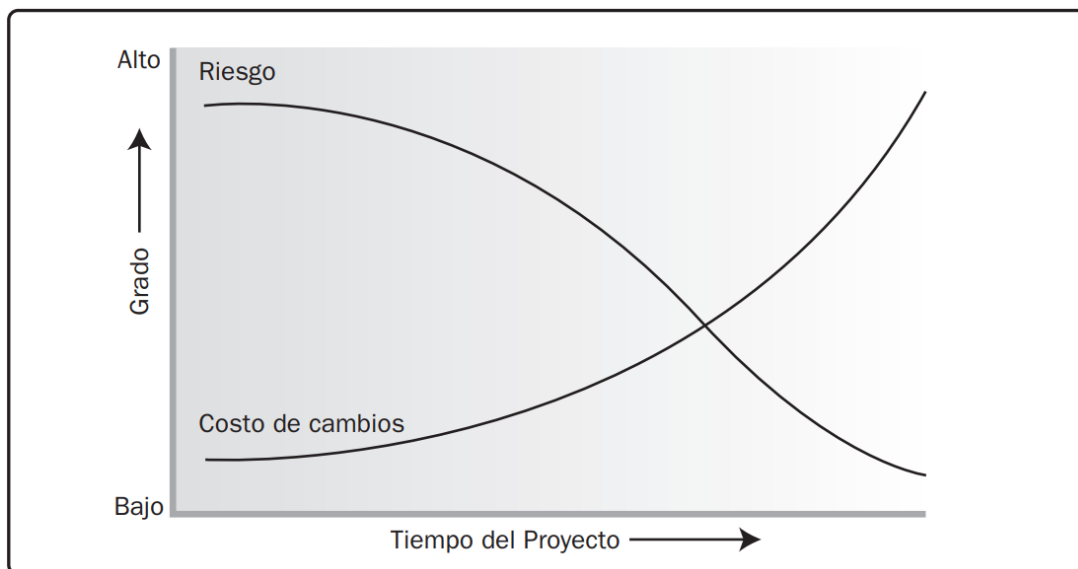


Figura 3.1: Relación del riesgo con el coste de cambios.

## 3.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Diseño y obtención de permisos encontraremos como entregables de gestión: la definición del alcance (Subsección 3.1.1), el Cronograma (Subsección 3.1.2), la estimación de costes (Subsección 3.1.3), la estimación de recursos (Subsección 3.1.4), el registro de riesgos (Subsección 3.1.5) y Desarrollar el Plan de Gestión de Proyecto (Subsección 3.1.6).

### 3.1.1. Definición del alcance.

Una vez el hito de Aprobación del Acta de Constitución del Proyecto fotovoltaico se ha aprobado, se comienza a delimitar el alcance del proyecto fotovoltaico. El alcance de un proyecto fotovoltaico está representado por el conjunto de actividades y entregables necesarios para implementar la planta fotovoltaica.

La información de entrada necesaria para elaborar el alcance de una planta fotovoltaica es: el Acta de Constitución del Proyecto fotovoltaico (Subsección 2.1.2), el control de calidad (Subsección 4.1.5), la toma de requisitos en detalle (Figura 3.2) y la cultura organizacional de la empresa.

Las herramientas y técnicas necesarias para planificar la gestión y el alcance del proyecto fotovoltaico son: reuniones, análisis de datos, juicio de expertos y la experiencia de proyectos similares previos.

La información de salida al planificar la gestión del alcance es la definición del alcance (Subsección 3.1.1).

La toma de requisitos en detalle es muy importante a la hora de definir el alcance (Figura 3.2). Los interesados clave definen sus expectativas del proyecto fotovoltaico. El alcance es modificado por estas expectativas y es por ello que la toma de requisitos en detalle es un paso previo a la definición del alcance.

La definición del alcance debe ser exhaustiva ya que del alcance dependen el presupuesto, el cronograma y los recursos. Por tanto, se recomienda invertir el tiempo y recursos suficientes para que la definición del alcance sea muy detallada.

Es posible que la definición del alcance no contemple todas las actividades y entregables que finalmente sean necesarios para la implantación de un proyecto fotovoltaico. Siempre existe un riesgo de omitir actividades o de definir más actividades de las necesarias. Los eventos independientes de la gestión del proyecto son impredecibles y por tanto este riesgo nunca desaparece. Sin embargo, si se puede minimizar este riesgo como se verá en el registro de riesgos (Subsección 3.1.5).



## DOCUMENTO REQUISITOS EN DETALLE

### SPONSOR

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN

### CLIENTE

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN

### USUARIOS

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN

### DIRECTOR DE PROYECTO

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN

### ORGANISMOS PÚBLICOS

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN

Figura 3.2: Plantilla de toma de requisitos en detalle.

La buena definición del alcance del proyecto fotovoltaico es muy recomendable para evitar el coste creciente de los cambios producidos en fases más avanzadas del proyecto como se comentó en (Figura 3.1). Sin embargo, el riesgo de fijar el alcance en fases tempranas del proyecto y omitir ciertas actividades está presente. Este riesgo está previsto en la reserva de contingencia y el colchón del registro de riesgos.

Se debe tener en cuenta que no es posible estandarizar los requisitos de cada proyecto fotovoltaico individual ya que cada uno tiene sus particularidades. Para ver cómo es un ejemplo de la definición del alcance en un proyecto fotovoltaico se puede estudiar el ejemplo de la planta de IKEA en San Sebastián de los Reyes (Subsección 10.1.1).

### 3.1.2. Cronograma.

El cronograma de un proyecto fotovoltaico facilita un plan detallado del momento y forma en la que los servicios o productos del proyecto serán entregados. Es una herramienta de integración y comunicación para el equipo gestor y ejecutor del proyecto. A su vez, gestiona las expectativas de los interesados e informa sobre el desempeño del proyecto.

El director del proyecto debe escoger un método de planificación, ya sea el camino crítico o el enfoque ágil. El camino crítico de un proyecto es aquel conjunto de tareas relacionadas entre sí que retrasan la finalización del proyecto si una de estas tareas se retrasa. Mientras que el enfoque ágil permite la retroalimentación de distintos procesos del proyecto que permiten flexibilizar el cronograma durante el ciclo de vida.

En los proyectos con metodología ágil se planifican las actividades con poca antelación. Después de ser ejecutadas las actividades son revisadas. Se planifican las siguientes actividades adaptando cualquier modificación que se haya ocasionado hasta el momento. Estos ciclos proporcionan una rápida retroalimentación que ayuda a reducir los costes de un cambio en la programación del proyecto. Sin embargo, en proyectos ingenieriles es difícil basarse en esta metodología ya que a veces no tiene sentido hacer entregas parciales de proyectos. Por tanto, se recomienda incorporar al cronograma cierta mentalidad ágil pero basándose en el camino crítico de la metodología waterfall o en cascada.

Los proyectos con metodología en cascada tienen como referencia principal el camino crítico. Todas las tareas que pertenezcan al camino crítico recibirán una importancia mayor en el proyecto. Si estas tareas se retrasan, el proyecto en su totalidad se retrasará. Por el contrario, si una tarea que no está en el camino crítico se retrasa, el proyecto en su conjunto no se retrasará. Es por esto que las tareas del camino crítico deben ser gestionadas con cautela y deben ser supervisadas periódicamente para evitar su retraso.

La información previa necesaria para desarrollar el Cronograma de un proyecto fotovoltaico consiste en: el Acta de Constitución de Proyecto fotovoltaico (Subsección 2.1.2), la lista de requisitos en detalle (Figura 3.2) y la definición del alcance (Subsección 3.1.1).

Las actividades deben ser en primer lugar secuenciadas para poder desarrollar el Cronograma. El director de proyecto debe tener en cuenta los recursos de los que dispone para analizar que actividades puede realizar de forma simultánea sin incurrir en sobrecarga de personal o de otros recursos.

Al mismo tiempo, el director de proyecto debe ser capaz de estimar la duración de las actividades para dar preferencia a aquellas actividades de cuya finalización dependa el inicio de otras actividades. Para desarrollar esta actividad se recomienda apoyarse en personal del equipo con conocimiento técnico en las actividades. Las estimaciones más frecuentes son la análoga en la que se compara una actividad con otra ejecutada anteriormente y la paramétrica en la que el tiempo se estima por unidad de trabajo. En la

estimación de la duración se debe ser honesto. No es positivo para el proyecto aumentar la duración de las actividades con el fin de terminar el proyecto en plazo. Es cierto que algunos eventos impredecibles pueden aumentar el tiempo de ejecución de algunas actividades pero es el colchón del registro de riesgos (Subsección 3.1.5) el que cumplirá esa función. Las únicas consecuencias de aumentar el plazo artificialmente de las actividades serán el síndrome del estudiante o procrastinación y la Ley de Parkinson según la cual el trabajo se expande para cubrir todo el tiempo disponible.

Existen técnicas para comprimir el tiempo de tareas si es necesario durante el ciclo de vida. Estas técnicas se explican en la Figura 3.3 [17]. La primera consiste en solapar tareas aumentando el riesgo del proyecto (Fast-tracking). La segunda consiste en aumentar el personal elevando el coste del proyecto (Crashing).

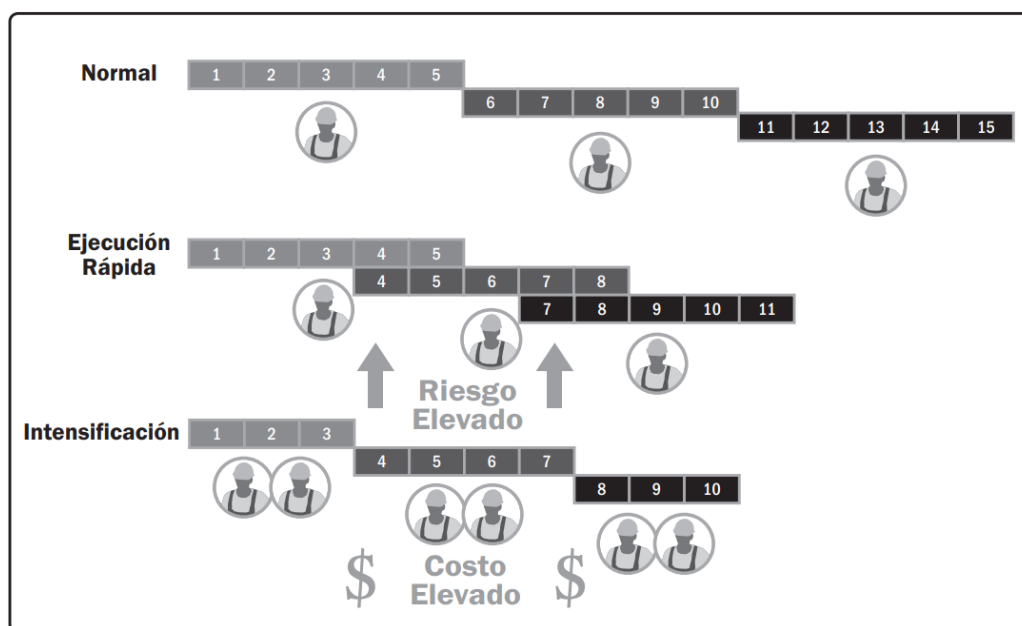


Figura 3.3: Técnicas de compresión del tiempo de tareas.

El director del proyecto dispone de herramientas que le informan sobre el rendimiento del proyecto como el Avance del Proyecto fotovoltaico Ecuación 14.4. Herramientas como esta ofrecen un punto de vista genérico sobre el proyecto. Es posible que determinadas tareas se completen antes de plazo y otras fuera de plazo. Conocer el avance del proyecto fotovoltaico permite un rigor al decidir si optar por herramientas para comprimir el tiempo de tareas o no hacerlo. También ofrece la información necesaria para negociar con los interesados clave un aumento del plazo del proyecto.

La herramienta utilizada en proyectos ingenieriles de gran tamaño es el software Primavera. Para proyectos de tamaño mediano en los que está enfocado el trabajo es recomendable utilizar el software Microsoft Project. Debido a que cada proyecto es particular no se proporciona una plantilla de Cronograma. Sin embargo, si se mostrará un ejemplo en la Subsección 10.1.2.

### 3.1.3. Estimación de costes.

La estimación y gestión de costes se ocupa principalmente en determinar el coste de cada recurso del proyecto. Se debe tener en cuenta que los interesados del proyecto pueden medir los distintos costes de diferentes maneras y presiones por lo que la cuantía puede variar. Para evitar conflictos y malentendidos con los interesados se debe llevar un seguimiento riguroso de los costes del proyecto.

El coste total del proyecto debe estar en consonancia con la financiación obtenida (Subsección 2.2.1). En la estimación de costes se hace un análisis más detallado de los costes que se hace en el Caso de Negocio (Subsección 2.1.1). Se emplean herramientas para estimar los costes como las unidades de medida: horas de trabajo del personal o parámetros de producto. Se establece un nivel de precisión también llamado redondeo en función del alcance de las actividades. Además, puede usarse un nivel de exactitud o rango de costes para estimar de forma realista los costes. A medida que el proyecto avanza y los costes se materializan, el rango de costes se ajusta cada vez más a la realidad.

La estimación de los costes es una evaluación cuantitativa de los recursos necesarios para implementar el proyecto. En esta fase de diseño es complicado cerrar todos los contratos de personal y de recursos ya que no se han estimado hasta el momento los recursos necesarios para el proyecto.

Las técnicas para estimar los costes de producto del proyecto son: el juicio de expertos, la investigación del mercado y asignación análoga o paramétrica. Para estimar los costes de personal se debe informar sobre la estructura de la empresa y de la opción de subcontratar a terceros para la ejecución de tareas.

La tarea de estimar costes evalúa de manera cuantitativa y basada en la información disponible el precio de procesos y productos normalmente en unidades de alguna moneda. Es un documento vivo a lo largo del ciclo de vida del proyecto ya que a medida que el tiempo avanza y se materializan los contratos se ajusta el coste de las tareas del proyecto. Para dar una primera estimación de los costes se utiliza una Rough Order of Magnitude (Estimación de orden de magnitud) (ROM). Este indicador en la primera etapa del proyecto suele ofrecer costes en el rango de -25 % a +75 %. Conforme el proyecto avanza y se obtiene más información el rango baja a -5 % a +10 %, el cual es un rango de estimación típico para proyectos de ingeniería industrial.

Es recomendable tener en cuenta todos los costes: de materiales, servicios, instalaciones, personal, inflación, financiación, etc. Las condiciones del mercado influyen las decisiones sobre proveedores de servicios y de productos. Se debe también analizar el coste de calidad del proyecto y evaluar si el coste adicional de las pruebas aumenta la conformidad de las personas implicadas en el proyecto.

Existen reglas para la medición del desempeño en los costes del proyecto según éste

avanza con el tiempo. Una de las técnicas más conocidas es el Earned Value Analysis (análisis del valor ganado) (EVA), que consta de unos indicadores como el Índice de Rendimiento de Coste (IRC) da información de el posible sobrecoste que está experimentando el proyecto. El Índice de Rendimiento de Programación (IRP) da información sobre el rendimiento que los costes del proyecto materializan en el avance del mismo.

Determinar el presupuesto es el proceso que consiste en sumar todos los costes individuales estimados de las actividades y productos que se esperan adquirir durante el proyecto. Además se tendrá en cuenta la reserva de contingencia calculada en la Subsección 3.1.5, que está compuesta por el allowance cuando des de coste y buffer cuando es en tiempo. La reserva de contingencia es la suma de todos los posibles costes extraordinarios de posibles eventos multiplicados por la probabilidad de que sucedan.

El coste del conjunto de actividades realizadas a lo largo de la vida del proyecto fotovoltaico formará una curva con forma de "S". Por tanto, no se puede estimar proporcionalmente el desempeño en los costos del proyecto. Para ello se pronostica el coste del proyecto con indicadores como el Earned Value (valor ganado) (EV), el Actual Cost (coste real) (AC) y el Planned Value (valor planificado) (PV). Se utilizan otros indicadores como el Budget At Completion (presupuesto hasta la conclusión) (BAC) y el Estimation At Completion (estimación hasta la conclusión) (EAC) para saber si se espera un sobrecoste al finalizar el proyecto. Siendo  $EAC = AC + (BAC - EV)$ . Podemos también obtener que  $IRC = EV/AC$  por la definición que establece Figura 3.5. La Figura 3.4 muestra la relación de estos conceptos.

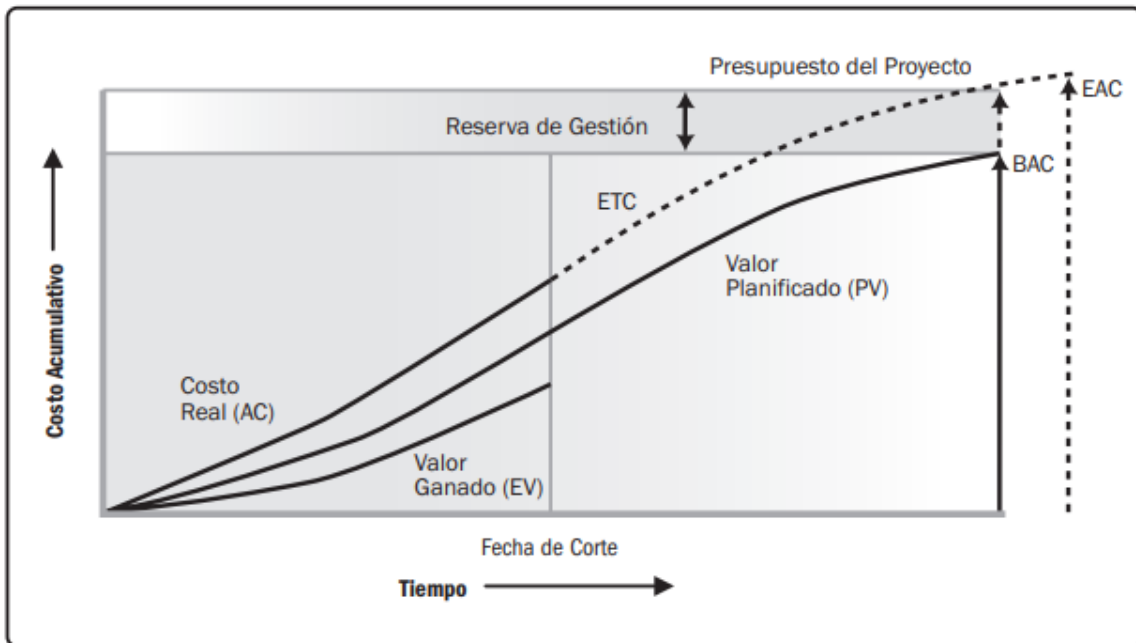


Figura 3.4: Valor ganado, valor planificado y Coste real.

Análisis del Valor Ganado					
Abreviatura	Nombre	Definición de Léxico	Cómo se Usa	Fórmula	Interpretación del resultado
PV	Valor Planificado	Presupuesto autorizado que ha sido asignado al trabajo planificado.	El valor del trabajo que se planea cumplir hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte o terminación del proyecto.		
EV	Valor Ganado	Cantidad de trabajo ejecutado a la fecha, expresado en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo.	El valor planificado de todos los trabajos terminados (ganados) en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte, sin hacer referencia a los costos reales.	$EV = \text{sum of the planned value of completed work}$	
AC	Costo Real	Costo real incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo específico.	El costo real de todos los trabajos terminados en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte.		
BAC	Presupuesto hasta la Conclusión	Suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a ser realizado.	El valor del trabajo planificado total, la línea base de costos del proyecto.		
CV	Variación del Costo	Monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real.	La diferencia entre el valor del trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y los costos reales en el mismo punto en el tiempo.	$CV = EV - AC$	Positiva = Por debajo del costo planificado Neutra = En el costo planificado Negativa = Por encima del costo planificado
SV	Variación del Cronograma	El monto por el cual el proyecto está adelantado o atrasado según la fecha de entrega planificada, en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado.	La diferencia entre el trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y el trabajo que se planifica completar en el mismo punto en el tiempo.	$SV = EV - PV$	Positiva = Antes de lo previsto Neutra = A tiempo Negativa = Retrasado
VAC	Variación a la Conclusión	Proyección del monto del déficit o superávit presupuestario, expresada como la diferencia entre el presupuesto al concluir y estimación al concluir.	La diferencia en costos estimada al finalizar el proyecto.	$VAC = BAC - EAC$	Mayor de 1,0 = Por debajo del costo planificado Exactamente 1,0 = Al costo planificado Menos de 1,0 = Por encima del costo planificado
CPI	Índice de Desempeño del Costo	Medida de eficiencia en función de los costos de los recursos presupuestados expresada como la razón entre el valor ganado y el costo real.	Un CPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el presupuesto, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el costo hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado.	$CPI = EV/AC$	Mayor de 1,0 = Antes de lo previsto Exactamente 1,0 = A tiempo Menos de 1,0 = Retrasado
SPI	Índice de desempeño del Cronograma	Medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado.	Un SPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el cronograma, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo planificado.	$SPI = EV/PV$	Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar
EAC	Estimación a la Conclusión	Costo total previsto para completar todo el trabajo, expresado como la suma del costo real a la fecha y la estimación hasta la conclusión.	Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, la EAC puede ser calculada usando: Si el trabajo futuro será realizado al ritmo previsto, utilice: Si el plan inicial ya no es válido, utilice: Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice:	$EAC = BAC/CPI$ $EAC = AC + BAC - EV$ $EAC = AC + ETC \text{ ascendente}$ $EAC = AC + [(BAC - EV)/(CPI \times SPI)]$	
ETC	Estimación hasta la Conclusión	Costo previsto para terminar todo el trabajo restante del proyecto.	Suponiendo que el trabajo está progresando de acuerdo con el plan, el costo de completar el trabajo autorizado restante puede ser calculado usando: Vuelva a estimar el trabajo restante desde abajo hacia arriba.	$ETC = EAC - AC$  $ETC = \text{Volver a estimar}$	
TCPI	Índice de Desempeño del Trabajo por Completar	Medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo de gestión especificado. Se expresa como la tasa entre el costo para culminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible.	La eficiencia que debe ser mantenida a fin de finalizar de acuerdo con lo planificado.  La eficiencia que debe ser mantenida a fin de completar la EAC actual.	$TCPI = (BAC - EV)/(BAC - AC)$  $TCPI = (BAC - EV)/(EAC - AC)$	Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar  Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar

Figura 3.5: Tabla de definiciones sobre valor ganado.

Los costes de cada proyecto fotovoltaico son particulares y pueden ser estimados de diferentes formas. Por ello, no se proporcionará una plantilla de estimación de costes pero sí se proporcionará un ejemplo en la Subsección 10.1.3.

### 3.1.4. Estimación de recursos.

El principal beneficio de estimar los recursos es identificar el tipo, cantidad y características de los recursos necesarios en el proyecto fotovoltaico. Este entregable de gestión está estrechamente ligado con la estimación de costes (Subsección 3.1.3) y cronograma (Subsección 3.1.2).

Con el objetivo de estimar el tipo y cantidad de recursos necesarios para implementar un proyecto fotovoltaico es recomendable acudir al juicio de expertos, al alcance del proyecto fotovoltaico (Subsección 3.1.1), a la información de proyectos similares previos y al registro de riesgos (Subsección 3.1.5).

El director del proyecto debe recopilar toda la información disponible sobre el proyecto fotovoltaico y analizarla para obtener un listado con los recursos necesarios en la planta. A su vez, debe asignar recursos al personal que se encargará de utilizarlos en cada tarea. En el proceso deberá tener en cuenta la disponibilidad del personal, el plazo de entrega del material y otros factores como la capacidad de almacenamiento del material o el calendario laboral del personal. Para que el trabajo se realice correctamente y los miembros del equipo estén satisfechos en el proyecto, el director debe formar, liderar y motivar a los recursos humanos.

Para ejecutar esta tarea de estimación y asignación de recursos existen numerosas herramientas que pueden ayudar al director del proyecto. El Project Management Information System (sistema de información para la dirección de proyectos) (PMIS) es un sistema en el que se puede apoyar el director. Además, existen otras herramientas de gestión de proyectos como Primavera o Microsoft Project que son usadas por los profesionales del negocio de gestión de proyectos fotovoltaicos.

En un Proyecto fotovoltaico, es frecuente que diferentes tipos de recursos se utilicen en distintas fases del proyecto. Además, suelen ser diferentes expertos los que se encarguen el uso de los diferentes tipos de recurso. Por tanto, el director de proyecto debe no solamente estimar la cantidad y el tipo de los recursos, sino adecuar la coincidencia temporal de los recursos con el personal. Es decir, debe asegurarse de que cada experto cuente con los recursos necesarios en el momento en el que los necesite.

En esta fase y antes de iniciar la instalación de la planta fotovoltaica es recomendable comenzar la comunicación con los proveedores con los objetivos de conocer el plazo de entrega de los recursos y el coste que supondrán. También es recomendable contactar con los profesionales independientes necesarios si la instalación se hace de manera externa a la empresa o si es de manera interna se recomienda organizar el calendario de los empleados para implementar el proyecto.

En definitiva la estimación de recursos aporta la información necesaria para aumentar la certidumbre en el plazo y coste del proyecto gracias al análisis exhaustivo del alcance.

### 3.1.5. Registro de riesgos.

La gestión de los riesgos de un proyecto incluye los procesos necesarios para identificar, analizar, planificar la respuesta y su implementación de los riesgos a los que se somete el proyecto. Su objetivo es minimizar el posible impacto en el proyecto de los riesgos negativos o amenazas y aumentar el posible impacto en el proyecto de los riesgos positivos u oportunidades.

Todos los proyectos comportan riesgos debido a que son emprendimientos únicos que dependen de factores desconocidos o aleatorios. Se recomienda por tanto que el director de proyecto procure controlar de manera intencional y controlada los riesgos del proyecto para equilibrar el riesgo y la recompensa.

Los riesgos de un proyecto, si no son gestionados correctamente, pueden alterar el plan del proyecto y evitar que los objetivos se logren. El éxito del proyecto depende directamente de la efectividad de la gestión de riesgos. Los riesgos son eventos o condiciones inciertas que de producirse tienen un impacto positivo o negativo en algún objetivo del proyecto.

Las herramientas y recursos empleados en la gestión de riesgos son: el juicio de expertos, la analogía con proyectos previos similares, la recopilación y análisis de datos y la experiencia en el negocio de proyectos fotovoltaicos.

Existen riesgos de dos tipos: negativos o amenazas y positivos u oportunidades. Las amenazas que tengan una combinación de alta probabilidad de suceso y alto impacto negativo en el proyecto deben llevar asignados acciones preventivas que consigan minimizar la probabilidad y el impacto del suceso en el proyecto. De esta forma, el proyecto en su conjunto bajará el nivel de exposición al riesgo y la certidumbre de la consecución de los objetivos será mayor.

Por otro lado, las oportunidades que tengan una combinación de alta probabilidad e impacto también deben llevar asignadas acciones preventivas. En esta ocasión, las acciones preventivas se enfocan en maximizar el impacto positivo que pueda tener el suceso en la consecución de los objetivos del proyecto.

El registro de riesgos debe estar vivo durante todo el ciclo de vida del proyecto ya que nuevos riesgos pueden surgir con el avance del tiempo. El director del proyecto es el encargado de establecer el nivel de riesgo que es aceptable asumir en el proyecto. Todo riesgo que supere ese umbral debe tener una acción preventiva que reduzca el impacto del riesgo en el proyecto.

Es recomendable que el equipo gestor del proyecto realice un análisis de coste y beneficio que conlleve asignar acciones preventivas a los riesgos con alta prioridad. Las acciones preventivas son actividades que requieren de un tiempo y un coste que reduce los recur-



del proyecto. No tiene sentido realizar acciones preventivas para cualquier riesgo, ya que los recursos empleados para prevenir el riesgo pueden ser mayores que los empleados para remediar el riesgo si finalmente ocurre. Por ello es importante analizar cuáles son los riesgos que llevarán asignados acciones preventivas.

En un entorno de proyectos con metodología ágil la alta variabilidad comporta un mayor riesgo e incertidumbre. Por tanto, se recomienda realizar frecuentes revisiones de las actividades para detectar riesgos y ser capaz de asignar acciones preventivas. Este tipo de proyectos suele tener un umbral de aceptación del riesgo más alto que en proyectos con metodología en cascada porque la incertidumbre es mayor durante el ciclo de vida del proyecto.

La Figura 3.6 [17] muestra una matriz que asigna un Nivel de Riesgo (NR) según la multiplicación de la probabilidad y el impacto del riesgo. Es una buena práctica asignar un umbral de riesgo aceptable y una acción preventiva a actividades que lo superen.

		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Muy alta 0,90	Probabilidad
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04	Alta 0,70	
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	Mediana 0,50	
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	Baja 0,30	
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	Muy baja 0,10	
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
		Impacto negativo					Impacto positivo						

Figura 3.6: Matriz de probabilidad e impacto de amenazas y oportunidades.

En la siguiente página, se mostrará la Tabla 3.1. Esta plantilla muestra de forma visual cómo se deben tratar los riesgos de un proyecto. En primer lugar, se analizan los posibles riesgos del proyecto y se catalogan como amenazas u oportunidades. A continuación, se realiza un análisis cualitativo del riesgo. Los riesgos con una prioridad de prevención alta son asignados acciones preventivas. Se vuelve a realizar un análisis cualitativo teniendo en cuenta la acción preventiva y se procura realizar un análisis cuantitativo de los riesgos. Por último, se calcula el colchón como la suma del impacto en el tiempo del proyecto por todos los riesgos y se calcula la reserva de contingencia como la suma del impacto en el coste del proyecto por todos los riesgos.



### 3.1.6. Desarrollar Plan de Gestión de Proyecto.

El Plan de Gestión del Proyecto fotovoltaico es un entregable de gestión que recopila toda la información de gestión previa a la instalación de la planta fotovoltaica. Este entregable resume toda la información disponible con el objetivo de realizar un resumen ejecutivo, definir las especificaciones, definir el cronograma, da a conocer los aspectos financieros y ofrece información sobre la fase de cierre.

El Plan de Gestión de Proyecto es el entregable más importante de la fase de diseño y obtención de permisos (Capítulo 3) debido a que su aprobación por parte de los interesados clave se reconoce como un hito del proyecto.

Los siguientes aspectos son recomendados para elaborar el resumen ejecutivo. Un Work Breakdown Structure (Alcance del proyecto) (WBS) (Subsección 3.1.1) en el que se detalle el alcance final con todas las actividades a realizar para implementar el proyecto fotovoltaico. Un protocolo de pruebas de aceptación en el que se definan las pruebas a las que se someten los productos para su aceptación (Subsección 4.1.2). Un registro de riesgos que analice cualitativa y cuantitativamente los riesgos a los que se somete el proyecto además de calcular la reserva de contingencia (Subsección 3.1.5). Una evaluación de la satisfacción del cliente que revise el cumplimiento de los requisitos detallados por los interesados clave del proyecto (Figura 3.2). Por último, una revisión del proceso de transmisión y cierre que permita traspasar el conocimiento al cliente sobre mantenimiento preventivo, correctivo y sobre el desmantelamiento de la planta tras su vida útil (Sección 6.2).

Es recomendable que dentro de las especificaciones del proyecto se documenten todos los permisos administrativos aprobados, en trámite o pendientes de solicitar (Subsección 3.2.2). Además, se puede documentar el estudio de ingeniería básico necesario para la implementación de la planta fotovoltaica (Subsección 3.2.1).

El cronograma del proyecto fotovoltaico es el entregable que marca el ritmo del proyecto fotovoltaico. Es posible que esté integrado con el WBS y con la asignación de recursos a cada tarea para facilitar el seguimiento tanto del desarrollo de la planta como de la eficiencia de la ejecución. Por tanto, se recomienda incluir el cronograma (Subsección 3.1.2) en el Plan de Gestión del Proyecto fotovoltaico.

Es una buena práctica incluir información sobre los aspectos financieros del proyecto fotovoltaico. Por eso, se recomienda incluir la información de la financiación (Subsección 2.2.1) y el Caso de Negocio (Subsección 2.1.1). De esta forma es sencillo comparar la rentabilidad obtenida por el proyecto de la esperada inicialmente.

Por último, se recomienda crear un documento de las lecciones aprendidas en las fases completadas del proyecto. En proyectos similares posteriores se aprovecharán los consejos, evitarán los mismos errores y se implementarán nuevas buenas prácticas que puedan surgir del proyecto. En proyectos largos es recomendable utilizarlas durante el mismo proyecto.

## 3.2. Entregables de Producto.

En la fase de Diseño y obtención de permisos encontraremos como entregables de producto: la ingeniería básica (Subsección 3.2.1) y los permisos administrativos (Subsección 3.2.2).

### 3.2.1. Ingeniería básica.

El principal entregable de la parte de diseño de la segunda fase de un proyecto fotovoltaico es la Ingeniería básica. Previo a la fase de Instalación (Capítulo 4) encontramos el hito de Aprobación del Plan de Gestión de Proyecto (Subsección 3.1.6). Es recomendable que previo a la ejecución de la instalación se desarrolle al menos un boceto de la disposición física de la planta fotovoltaica. La ingeniería básica representa una ayuda para las siguientes actividades como: adquirir recursos (Subsección 4.1.1), gestión del aprovisionamiento (Subsección 4.1.4) o la ejecución de la instalación (Subsección 4.2.2).

Para implementar una planta fotovoltaica se recomienda que se considere al menos obtener la disposición física de las placas fotovoltaicas y un esquema unifilar de la instalación eléctrica. Como información adicional, es recomendable recopilar fichas técnicas de los proveedores de los principales componentes en la instalación fotovoltaica como pueden ser las placas fotovoltaicas, inversores, soportes, etc. Esta información es útil en la estimación de recursos (Subsección 3.1.4).

La obtención de la disposición física de los paneles solares es fundamental para el cálculo detallado de la potencia instalada. La limitación del espacio físico, junto con sus posibles irregularidades, en el que se implementa la planta fotovoltaica puede ofrecer errores de cálculo en la potencia instalada al aplicar métodos como el paramétrico. Sin embargo, diseñar la disposición física de los paneles solares nos ofrece un dato exacto del número de placas que encajan y por tanto de la potencia instalada en la planta.

El esquema unifilar de la instalación eléctrica ayuda a cuantificar los recursos necesarios para implantar la planta fotovoltaica. Además, representa un recurso de gran importancia a la hora de ejecutar la instalación fotovoltaica.

Puede ser interesante observar los precios y los plazos de entrega que ofrece el mercado sobre los demás componentes mencionados. Puede ser de gran ayuda para prevenir sobrecostos o retrasos en los plazos de entrega de los componentes. De esta forma se pueden aplicar elementos de la metodología ágil y adaptar las actividades de la fase de instalación (Capítulo 4) según el momento en el que se encuentre el mercado.

### 3.2.2. Permisos administrativos.

Los proyectos fotovoltaicos requieren de diversos permisos administrativos previos a la instalación de la planta. Estos permisos dependen de las administraciones locales y regionales. La potencia instalada en la planta influye en el tipo de permiso necesario. Los permisos son susceptibles de cambiar con el tiempo debido a su dependencia de la administración.

Los permisos más comunes que se deben solicitar y posteriormente ser aprobados por la administración se muestran en el Apéndice A. En la Subsección 10.2.2 se pueden encontrar estos permisos administrativos junto con la información real necesaria para la aprobación de los mencionados permisos.

Se debe tener en cuenta la legislación vigente por si existen modificaciones sobre los permisos necesarios para implementar proyectos fotovoltaicos. Es posible que nuevos permisos sean necesarios o que los permisos que son tenidos en cuenta en esta metodología dejen de ser necesarios. Los permisos que se han tenido en cuenta en esta metodología son: Autorización Administrativa (Tabla A.1), Autorización ambiental (Tabla A.2), Autorización de Explotación (Tabla A.3), Declaración de Responsable de Obra (Tabla A.4), Permiso de Obra fotovoltaica (Tabla A.5), Certificación de potencia instalada por experto independiente (Tabla A.6), Permiso de Conexión a la Red (Tabla A.7) y Certificado de Fin de Obra (Tabla A.8).

Se debe tener en cuenta que las plantillas de los permisos que han sido escogidos para la metodología representan solamente ejemplos. No se corresponden con permisos reales pues el objetivo de la metodología es ilustrar la necesidad de tener en cuenta los permisos administrativos que puedan ser requeridos en la implementación de un proyecto fotovoltaico. Para saber cuales son los permisos que realmente se necesitan para un proyecto fotovoltaico concreto se recomienda contactar con la administración que es la que requiere y otorga los permisos.



# Capítulo 4

## Instalación.

La fase de Instalación es la intermedia entre el Diseño y obtención de permisos y el Cierre. Después del hito de aprobación del Plan de Gestión de Proyecto fotovoltaico se debe comenzar con la instalación de la planta fotovoltaica. En el caso en el que no sea aprobado el hito de aprobación del plan porque las circunstancias aconsejen no ejecutar el proyecto, se pasaría a la fase de cierre directamente.

La instalación es la fase en la que más se avanza en los entregables de producto. Es la fase que más recursos de producto y de personal requiere. Por ello, su estudio ilustra buenas prácticas que ayudan a gestionar de forma más efectiva la instalación de la planta.

Debido a que la disposición física de una planta fotovoltaica es única en cada proyecto, este trabajo se centra en los entregables de gestión. Estos entregables son buenas prácticas comunes para todo proyecto fotovoltaico. La parte de gestión en la fase de instalación tiene una gran importancia por el impacto que pueden tener en el tiempo y coste de un proyecto fotovoltaico la omisión de estas buenas prácticas.

Se debe tener en cuenta que determinadas buenas prácticas de esta fase pueden ser desarrolladas por la dirección del proyecto en fases anteriores pero ejecutadas en la fase de instalación. Algunos ejemplos pueden ser: el Aseguramiento de la calidad (Subsección 4.1.2) o el Control de calidad (Subsección 4.1.5). Es recomendable establecer con anterioridad la gestión de la calidad con el objetivo de evitar adaptar los controles de calidad al resultado final de la planta. Así se asegura unos estándares altos de calidad con protocolos previos que exijan la calidad deseada.

### 4.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Instalación encontraremos como entregables de gestión: la Adquisición de recursos (Subsección 4.1.1), el Aseguramiento de la calidad (Subsección 4.1.2), informar sobre el Informe del Estado del proyecto (Subsección 4.1.3), la Gestión de aprovisionamiento y recursos materiales (Subsección 4.1.4) y el Control de calidad (Subsección 4.1.5).

### 4.1.1. Adquirir recursos.

La adquisición de recursos es el proceso por el cual se obtienen los recursos de personal, equipamiento, instalaciones, materiales y suministros. Es un proceso iterativo que se desarrolla a lo largo del proyecto fotovoltaico. Sin embargo, en la fase de Instalación adquiere un peso importante por el volumen de recursos empleados en esta actividad.

En el negocio de los proyectos fotovoltaicos es frecuente que la tecnología de productos como los paneles solares sea cada año más avanzada. Por esa razón, el director del proyecto debe estar al día de las novedades que ofrece el mercado. Otra cualidad importante del director del proyecto en esta actividad es la de negociación. Existen numerosos proveedores para este sector, por ello el poder de negociación puede ofrecer una potente ventaja en términos de coste de recursos y de reducción de plazos de entrega.

En la actividad de estimación de recursos (Subsección 3.1.4) se recomienda realizar un sondeo en el mercado para analizar el precio que tienen los materiales y suministros que se necesitan para implementar un proyecto fotovoltaico. Esta buena práctica puede ayudar a establecer una comunicación continua e iterativa con los posibles proveedores. Debido a que los plazos de la instalación de la planta fotovoltaica pueden adelantarse o atrasarse es positivo tener una comunicación fluida con los proveedores para adaptar los plazos de forma más ágil. También cabe destacar el aspecto positivo de conocer con antelación los precios de los materiales y suministros para analizar posibles alternativas si procede.

En esta fase del proyecto se recomienda tener preestablecidos los acuerdos con los proveedores con los materiales asignados a cada proveedor. De esta forma y gracias a la comunicación fluida de los proveedores, se reducirá el riesgo de un posible aumento de precios o de aumentos en el plazo de entrega de los materiales. Con el objetivo de disminuir los costes de almacenamiento de material es recomendable negociar con los proveedores entregas parciales de material siempre que sea beneficioso, aplicando así principios de la metodología Ágil y trabajar con lotes pequeños para entregar más rápido.

La contratación de personal se produce a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La primera cuestión que se debe tener en cuenta es la disposición de la empresa para ofrecer el trabajo de profesionales al proyecto fotovoltaico. Sin embargo, es común contratar a expertos independientes a la empresa para la realización de ciertas actividades. Es recomendable por tanto decidir según los intereses de la empresa en cada momento a lo largo de todo el proyecto. Tener acuerdos fijos sobre salarios y actividades a realizar por cada profesional puede ayudar a minimizar el riesgo de desmotivación de la plantilla y de posibles descontentos.

En definitiva, se recomienda seguir un protocolo estricto en la adquisición de recursos. Una buena gestión de la adquisición de recursos ayuda a minimizar la incertidumbre del proyecto y a adaptar conceptos de metodología ágil que ayuden a flexibilizar ciertas tareas reduciendo su coste o riesgo.



### 4.1.2. Aseguramiento de calidad.

El aseguramiento de la calidad es el proceso por el cual se comprueba la calidad de los suministros que se utilizan en el proyecto fotovoltaico. El director del proyecto tiene la responsabilidad en todo lo relacionado con la planta fotovoltaica. Por ello, debe establecer protocolos para asegurarse de la calidad de los suministros del proyecto .

Es recomendable analizar cuáles son los materiales o suministros que deben someterse a pruebas para comprobar su calidad. Las pruebas de aceptación de productos consumen un tiempo y un coste considerables a lo largo del proyecto. Por ello, sólo los productos cuya calidad impacta significativamente en el desempeño de la planta fotovoltaica deben ser analizados.

En el negocio de los proyectos fotovoltaicos la capacidad de la empresa para realizar testeos a los suministros es usualmente baja. Es recomendable llegar a acuerdos con los proveedores para que realicen las pruebas desde la propia fábrica. De esta manera se puede lograr el mismo objetivo de asegurar una calidad con una reducción significativa de los costes. Estas pruebas son llamadas Factory Acceptance Tests (pruebas de aceptación en fábrica) (FAT).

La misión del aseguramiento de la calidad es que con la menor inversión en pruebas se consiga asegurar una calidad de los productos determinada. Las técnicas que se utilizan en la actualidad son testeos individuales y grupales. Las pruebas individuales ofrecen la posibilidad de garantizar una calidad de un material específico y así tranquilizar a los interesados al asegurar sus expectativas. Las pruebas individualizadas ofrecen una mayor seguridad a los interesados pero tienen un coste más elevado y requieren de más tiempo para ser ejecutadas.

Por otro lado, es posible adaptar la metodología ágil en el aseguramiento de la calidad. En los productos o suministros en los que solamente importe el aporte global al conjunto del proyecto se pueden hacer testeos de grupo. En el caso de un proyecto fotovoltaico los productos como los paneles solares cumplen la función de aportar individualmente potencia instalada al proyecto. Sin embargo, los interesados suelen exigir una potencia instalada para el conjunto de la planta y no para cada panel de forma individual. Por ello, se recomienda hacer pruebas a strings o hileras de placas. Incluso, si es viable, se puede analizar hacer pruebas para certificar la potencia instalada de la planta en su conjunto. Teniendo en cuenta que la certificación de la potencia final de la planta ha de realizarse cuando la planta esté en funcionamiento. Si este supuesto agrada a los interesados clave del producto, se puede conseguir el objetivo de asegurar la calidad de la planta de forma más eficiente.

### 4.1.3. Informe del Estado del Proyecto.

A lo largo del ciclo de vida de los proyectos fotovoltaicos es común que se planteen algunas adaptaciones poco significativas o de escaso impacto en el normal desarrollo del proyecto. Incluso en la etapa de Instalación pueden surgir algunos cambios en las actividades planteadas. El rol del Director del Proyecto es el de adaptar esos cambios o modificaciones del alcance, tiempo o coste del proyecto para satisfacer las cambiantes necesidades de los interesados clave.

En proyectos fotovoltaicos de tamaño medio cuya duración suele oscilar en varios meses, el alcance suele estar bien definido y la incertidumbre del proyecto es mínima. El Director en estos casos se puede enfrentar a pequeñas modificaciones de las actividades a realizar. La comunicación y negociación del Director deben ser suficientes para adaptar las pequeñas modificaciones del proyecto.

Sin embargo, en proyectos fotovoltaicos de más larga duración, el Director del Proyecto puede enfrentarse a una incertidumbre mayor que aumenta la probabilidad de que ocurran cambios más importantes. En estos casos, el Director debe ser más flexible en la gestión del proyecto. La mayor incertidumbre y la consecuente deficiente definición del alcance pueden provocar cambios significativos en el proyecto. El Director es responsable de ejecutar estos cambios de manera transparente y adecuada. Debe pedir consenso y opinión a los interesados clave, especialmente al Cliente y al Patrocinador.

Por tanto, la gestión de cambios en el proyecto cobra más sentido en los proyectos de mayor tamaño porque ofrece mayor formalidad en la aceptación de cambios. En los proyectos de tamaño pequeño se suelen gestionar los pequeños cambios que pueden ocurrir mediante las periódicas reuniones del Director con el Cliente y el Patrocinador. Cuanto antes se identifiquen los aspectos a cambiar del proyecto, más sencillo será buscar una solución e implementarla. En las reuniones se comunica el avance del proyecto además de sus inconvenientes para llegar a un consenso entre los interesados clave sobre su solución. También, los interesados clave actualizan en las reuniones sus expectativas del proyecto y el Director debe gestionar la información recibida para solucionar de forma transparente con los interesados las modificaciones del proyecto.

El Informe del Estado del Proyecto es un entregable que documenta los cambios relevantes que han ocurrido a lo largo del proyecto antes de la fase de cierre. Es un documento que contiene el avance del proyecto y traslada la información a los interesados clave. Se suele desarrollar en el momento en el que el alcance se supone plenamente desarrollado y no se esperan futuras modificaciones del proyecto. Es un informe previo al Informe Final (Subsección 5.1.1).

#### 4.1.4. Gestión de aprovisionamiento y recursos materiales.

La gestión de aprovisionamientos es el proceso mediante el cual los recursos de un proyecto son administrados. Este proceso comienza incluso antes de adquirir los recursos (Subsección 4.1.1). Sin embargo, es un proceso que está vivo y en continua adaptación a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto fotovoltaico. La gestión de recursos tiene dos áreas de actuación principales: el personal y los materiales o productos.

La gestión del personal depende del tamaño del proyecto. En proyectos medianos o pequeños el director del proyecto puede encargarse personalmente de la contratación y gestión del personal. Como se explica en la (Subsección 4.1.1), la gestión del personal se recomienda hacerla de forma planificada. Una cualidad del director de proyecto que debe resaltar en esta actividad es la de la organización. Se necesita de un juicio experto para conocer las actividades que son necesarias en cada proyecto fotovoltaico. Entonces, el director del proyecto debe gestionar el personal, ya sea interno o subcontratado. Es recomendable facilitar medios de comunicación efectiva dentro del personal para hacer llegar lo más rápido posible cualquier problema al equipo gestor del proyecto.

En proyectos más grandes el director es incapaz de poder gestionar por sí mismo todo el personal. Si la confianza entre el equipo es sólida debido a que el personal lleve un tiempo trabajando en equipo se recomienda que el director delegue sus tareas a algunos compañeros. Sin embargo, si el personal desconoce a sus compañeros de trabajo se puede optar por una delegación de tareas en forma de diagrama RACI como el que se muestra en la figura (Figura 4.1) [9].

Diagrama RACI	Persona				
Actividad	Ann	Ben	Carlos	Dina	Ed
Crear acta de constitución	A	R	I	I	I
Recopilar requisitos	I	A	R	C	C
Presentar solicitud de cambio	I	A	R	R	C
Desarrollar plan de pruebas	A	C	I	I	R
	R = Responsable (persona responsable de ejecutar la tarea)	A = Accountable (persona con responsabilidad última sobre la tarea)	C = Consult (persona a la que se consulta sobre la tarea)	I = Inform (persona a la que se debe informar sobre la tarea)	

Figura 4.1: Diagrama RACI.

En la gestión de materiales y suministros el director de proyecto debe seguir en todo momento un protocolo de gestión de recursos previamente establecido. Los recursos materiales de un proyecto fotovoltaico requieren de gran parte del presupuesto para toda la planta. Por ello, el negocio de proyectos fotovoltaicos suele utilizar la metodología waterfall o en cascada que es más previsible. Por tanto, si ocurren imprevistos, el director de proyecto deberá seguir el protocolo establecido para solventarlos. De esta manera, el patrocinador del proyecto se asegura la correcta utilización de los recursos económicos y materiales por parte del director de proyecto.

El director de proyecto debe intentar reducir la incertidumbre y riesgo del proyecto, como se muestra en la Subsección 3.1.5. Para conseguir ese objetivo, es recomendable que el director establezca acuerdos con proveedores lo antes posible. Así se puede asegurar un suministro en el plazo necesario a un precio fijo. Esta es una buena práctica que tiene cada vez más relevancia debido a que la mayor globalización puede ocasionar una gran volatilidad en los precios y suministros de ciertas mercancías.

Es una buena práctica desarrollar un plan de gestión de las mercancías y materiales almacenadas para el proyecto. Numerosos productos utilizados para implementar la planta se utilizan a lo largo de todo el proceso de instalación. Por ello, se debe intentar almacenar los productos en lugares seguros donde no puedan ser dañados o extraviados. El director del proyecto debe tener en cuenta el plazo de entrega de los diferentes materiales para cerciorarse de que cuenta con el espacio de almacenamiento necesario para dar cobijo a los materiales recibidos.

En la actualidad existen numerosos programas que facilitan la labor del director de proyecto en este aspecto. Los programas más utilizados en el sector son Primavera para grandes proyectos y Microsoft Project para proyectos medianos. Estos programas ayudan a realizar un seguimiento de los recursos de forma más individualizada. En la estimación de recursos (Subsección 3.1.4) se calcula la cantidad de recursos requerida en cada actividad. Con estos programas es posible conocer la cantidad de materiales utilizada finalmente para cada actividad. De esta forma el director del proyecto puede realizar un seguimiento pormenorizado de los materiales. Este tipo de programas ofrecen información sobre el rendimiento del uso de los materiales en el proyecto. Por lo tanto, es recomendable incorporar en la gestión del aprovisionamientos herramientas de este tipo.

Por último, cabe destacar que la gestión de recursos se puede realizar siguiendo diferentes buenas prácticas. Cada proyecto es diferente y por tanto existen numerosas formas de controlar el uso y almacenamiento de recursos. Es recomendable hacer uso del documento de lecciones aprendidas para obtener información sobre esta actividad de otros proyectos similares y adquirir aquellas recomendaciones que interesen (Tabla A.9).

#### 4.1.5. Control de calidad.

El control de calidad en un proyecto fotovoltaico implica monitorizar y registrar los resultados de cada actividad para evaluar su desempeño. Esta actividad debe dar un criterio para aceptar cada actividad que se complete. Se recomienda ser riguroso con el control de calidad para tener una mayor confianza en que el proyecto completo alcance la calidad deseada por los interesados clave.

Al finalizar cada tarea, es una buena práctica realizar un control de la calidad de la actividad desarrollada. De esta forma será, más sencillo detectar algún error en el proyecto. Como se demostró en la Figura 3.1, el coste de realizar cambios en el desarrollo de la planta aumenta junto con el estado de avance del proyecto. Por ello, una detección temprana de los errores es fundamental. Además, de esta forma los interesados clave pueden conocer la calidad del proyecto en cualquier fase del ciclo de vida.

Es recomendable realizar también un control de calidad final que registre los resultados de operación de la planta fotovoltaica. Es una forma de demostrar a los interesados del proyecto la consecución del alcance. Con un control de la potencia instalada y de la energía producida es posible analizar la satisfacción del requisito de alcance.

En el Acta de Entrega al Cliente (Tabla 10.8) es recomendable introducir los controles de calidad para asegurar al Cliente el buen funcionamiento de la planta en el momento del traspaso del proyecto. De esta forma es más sencillo que el Director traspase también la responsabilidad de la planta al Cliente, ya que ha certificado el buen funcionamiento de la misma.

En proyectos fotovoltaicos de tamaño mediano que tengan el alcance bien definido mediante tareas de corta duración, es posible establecer listas de verificación como se muestra en la Figura 4.2 [17]. En esta lista se anotan los fallos en las actividades que puedan amenazar a la calidad del proyecto. Se considerará concluida una tarea cuando la actividad no presente ningún fallo o amenaza a la calidad de la planta. De esta forma no es necesario un control riguroso y costoso de cada pequeña actividad del proyecto.

Defectos/Fecha	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 4	Total
Pequeño arañazo	1	2	2	2	7
Gran arañazo	0	1	0	0	1
Doblado	3	3	1	2	9
Falta componente	5	0	2	1	8
Color equivocado	2	0	1	3	6
Error de rotulación	1	2	1	2	6

Figura 4.2: Tabla de verificación.

## 4.2. Entregables de Producto.

En la fase de Instalación encontraremos como entregables de gestión: el estudio de ingeniería en detalle (Subsección 4.2.1) y la ejecución de la instalación (Subsección 4.2.2).

### 4.2.1. Ingeniería en detalle.

La fase de Instalación de la planta fotovoltaica culmina con la ejecución de la instalación. Esta actividad requiere del trabajo conjunto de un grupo de personas. Es recomendable detallar cada una de las actividades y los recursos necesarios para ellas con el objetivo de minimizar el riesgo de errores.

En la ingeniería en detalle se debe refinar y completar todos los cálculos, diseños y planos con el mayor grado de detalle posible. Este estudio es necesario porque en el estudio de ingeniería básico únicamente se realizan los cálculos necesarios para tomar la decisión de aprobar o no la planificación de la instalación.

La ingeniería en detalle consiste en alcanzar un detalle suficiente en los planos y cálculos suficiente como para aprobar el comienzo de la ejecución de la instalación. Además, informa al personal encargado de ejecutar una tarea cuál es su papel concreto en ella. De esta forma el trabajo del personal resulta más eficiente debido a que en cada momento sabe exactamente qué tiene que hacer y cómo hacerlo.

Se recomienda realizar un estudio de la ingeniería en detalle porque tiene como resultado el ahorro de recursos económicos. En muchos casos, los proyectos fotovoltaicos requieren del trabajo de profesionales especializados que llevan aparejados un gran gasto de recursos. Con el objetivo de minimizar estas partidas es fundamental dedicar previamente el tiempo necesario a la ingeniería en detalle.

El estudio de ingeniería en detalle suele tener como actividades principales el estudio del acondicionamiento del terreno, el diseño y cálculo de cimentaciones, el estudio de la arquitectura industrial, el estudio de las canalizaciones enterradas y el estudio de la ingeniería eléctrica [21].

En proyectos de pequeño tamaño no se realiza un estudio de ingeniería en detalle. En estos proyectos basta con seguir los grandes rasgos de los planos de ingeniería básicos. El personal encargado de ejecutar la instalación se encarga a su vez de realizar unos planos con la información de la disposición final de la planta a medida que avanza la instalación. Estos planos son llamados as built (Subsección 5.2.1).

## 4.2.2. Ejecución de la instalación.

La ejecución de la instalación es una tarea de producto que implica completar el trabajo físico necesario para satisfacer los requisitos de los interesados. En los proyectos fotovoltaicos esta actividad es la que ocupa el mayor tiempo. Por ello, se recomienda repartir el trabajo en tareas de unos pocos días de duración con el objetivo de tener un mayor control sobre las actividades. De esta forma es más sencillo gestionar correctamente los recursos empleados en la instalación (Subsección 4.1.4).

La instalación de proyectos fotovoltaicos está compuesta por distintas etapas, las cuales deben comenzar sólo si se finaliza la anterior etapa. Muchos proyectos fotovoltaicos se realizan sobre un terreno o parcela. En ellos es necesario desbrozar la vegetación y realizar una adaptación del suelo. Más adelante se requiere instalar los soportes de los paneles solares sobre el terreno y fijarlos al suelo. A continuación, se instalan los paneles solares sobre los soportes. Por último, se conectan los paneles con los elementos eléctricos necesarios como los inversores.

La gestión del tiempo en la instalación es crucial en la ejecución de la instalación. El director de proyecto debe ser capaz de coordinar las distintas etapas del proyecto fotovoltaico para minimizar la probabilidad de que ocurra un retraso en el tiempo o un aumento del coste en la implementación de la planta. Las herramientas como Primavera o Microsoft Project ofrecen un soporte para el director. En ellas se puede observar el desvío en el curso de la implementación de la planta. Gracias a la información que aportan al director, éste puede gestionar las tareas que procedan en el tiempo para minimizar el desvío temporal o económico del proyecto.

Los profesionales se deben apoyar del estudio de ingeniería básica (Subsección 3.2.1) pero sobre todo de la ingeniería en detalle (Subsección 4.2.1). Este estudio representa una guía de cómo deben estar dispuestos los productos en la planta. Según el estudio sea básico o en detalle, los profesionales deberán hacer cálculos adicionales para retocar la distribución de los paneles solares.

Durante la ejecución de la instalación se recomienda que el personal registre su trabajo en los planos as built (Subsección 5.2.1). Los planos constituyen una fuente de información que satisface los requisitos de los interesados clave del proyecto. Además, así es más sencillo identificar posibles fallos. Así, se minimiza el coste de reparación de los errores.

El mercado de los proyectos fotovoltaicos se encuentra en constante evolución. Por ello, se recomienda al director del proyecto fotovoltaico informarse sobre proyectos similares implementados recientemente. Es una buena práctica consultar el documento de lecciones aprendidas de otros proyectos análogos. También es recomendable que el director esté en comunicación con otros profesionales del sector que tengan similares proyectos en marcha. Así se podrán adaptar nuevos métodos de ejecución de la instalación e incorporar la tecnología que se desarrolle con el tiempo.





# Capítulo 5

## Cierre.

### 5.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Cierre encontramos como entregable de gestión al informe final (Subsección 5.1.1).

#### 5.1.1. Informe Final.

El informe final es el documento de gestión de la fase de Cierre. Este entregable hace un balance del alcance, coste y duración del proyecto fotovoltaico. Su aprobación por parte del cliente es un hito del proyecto fotovoltaico.

La información sobre las tres limitaciones del proyecto deben estar detalladas en este documento. El informe final es el último documento traspasado al cliente por parte del director del proyecto. Contiene la consecución real del alcance, coste y duración. Los cuales son analizados por el cliente.

Si existen discrepancias durante la aceptación de la instalación o el cliente hace una aceptación provisional, los trabajos que deriven como consecuencia, serán incluidos en la lista de puntos pendientes. Con la aprobación del informe final la dirección del proyecto y su director dan por finalizada su labor en la planta fotovoltaica. Es entonces cuando la instalación es transferida oficialmente al cliente para su operación en el día a día.

A continuación se ofrece un ejemplo de plantilla del informe final (Tabla 5.1). En él se incluye la información estrictamente necesaria que se debe aportar en este documento. Es posible añadir otra información adicional si se desea.

# INFORME FINAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	<input type="text" value="Introduzca texto."/>	
Sponsor del proyecto:	<input type="text" value="Introduzca texto."/>	Fecha: <input type="text" value="Introduzca fecha"/>
Director de proyecto:	<input type="text" value="Introduzca texto."/>	
Cliente:	<input type="text" value="Introduzca texto."/>	

## Alcance del Proyecto:

Potencia requerida (KWp)	
Potencia instalada (KWp)	

## Comentarios del Cliente sobre el alcance del proyecto:

<input type="text" value="Introduzca texto."/>
--

## Duración del Proyecto:

Plazo exigido	
Día de entrega	

## Comentarios del Cliente sobre la duración del proyecto:

<input type="text" value="Introduzca texto."/>
--

## Coste del Proyecto:

Coste presupuestado (€)	
Coste incurrido (€)	

**Comentarios del Cliente sobre el coste del proyecto:**

Introduzca texto.

**Comentarios del Cliente sobre la gestión del proyecto:**

Introduzca texto.

Mediante la firma del Informe Final del Proyecto se formaliza el traspaso de la responsabilidad del Proyecto desde el director del proyecto al cliente. El cliente se muestra satisfecho con el proyecto y acepta su entrega. Por su parte, el director de proyecto entrega toda la documentación en su poder del proyecto. En este momento se da por finalizado el Proyecto.

**Comentarios del Cliente sobre su satisfacción por el proyecto:**

Introduzca texto.

**Nombre del director del proyecto:**

Introduzca texto.

**Cliente del Proyecto:**

Introduzca texto.

**Firma del director de proyecto:**

**Firma del cliente del proyecto:**

**Fecha:**

**Fecha:**

Cuadro 5.1: Plantilla del Informe Final.

## 5.2. Entregables de Producto.

En la fase de Cierre encontramos como entregables de producto: los planos as built (Subsección 5.2.1) y la lista de puntos pendientes (Subsección 5.2.2).

### 5.2.1. Planos as built.

Los planos as built son unos entregables de producto de la fase de cierre. En ellos se documenta detalladamente la disposición física de la planta según se ha ejecutado en la fase de instalación. Los encargados de desarrollarlos son los profesionales encargados de la fase de instalación.

Las información necesaria para desarrollar este documento es gestionada por el personal de la instalación. Estos profesionales se basan en los planos de ingeniería básica (Subsección 3.2.1) y en detalle (Subsección 4.2.1). En los proyectos de tamaño mediano es demasiado costoso realizar un análisis exacto de la disposición de cada material y producto. Por ello, son los profesionales, con su juicio experto, los encargados de elaborar la disposición final de los paneles solares y el resto de elementos necesarios para implementar el proyecto fotovoltaico.

Los planos as built recogen la información suficiente del proyecto para que los interesados clave del proyecto sean capaces de analizar la satisfacción de sus requisitos. En el caso particular de los proyectos medianos, los planos as built son imprescindibles para la aceptación del proyecto por parte del cliente ya que contienen información técnica concreta de la planta.

Determinados permisos posteriores a la instalación de la planta fotovoltaica pueden requerir de los planos as built para su aprobación. Por lo tanto, estos entregables de producto pueden ser imprescindibles para obtención de permisos (Capítulo 3). Alguno de los permisos que puede requerir de este tipo de documentos es el Permiso de conexión a la red. Sin embargo, el requerimiento de estos documentos para la aprobación de permisos puede cambiar con la legislación.

En definitiva, los planos as built recopilan toda la información que el cliente necesita en la fase de operación y mantenimiento. Los documentos revelan la capacidad instalada finalmente en la planta fotovoltaica. Ofrecen los datos necesarios para comprobar si los requisitos de los interesados clave han sido satisfechos. Los planos as built son un documento clave en el Informe final, cuya aprobación por parte del cliente marca la finalización de la responsabilidad del director de proyecto sobre la planta y el comienzo de la responsabilidad de la planta por parte del cliente.

### 5.2.2. Lista de puntos pendientes.

La lista de puntos pendientes es el documento de producto que resulta de enumerar los entregables y tareas inacabadas del proyecto. En un proyecto fotovoltaico, la falta de recursos económicos o materiales junto con la falta de tiempo pueden obligar a la dirección del proyecto a abandonar la ejecución de ciertas tareas.

El rol del director del proyecto es satisfacer los requisitos de los interesados. Para ello, elabora una lista de tareas a ejecutar que componen el alcance del proyecto. Consecuentemente, si alguna tarea no se lleva a cabo, se incumplirá algún requisito de los interesados. Por tanto, la misión del director si observa que es incapaz de ejecutar todas las tareas es negociar con el cliente. El director debe informar al cliente sobre la situación del proyecto. Es el cliente el que decide si aumentar el plazo y recursos del proyecto o dejar actividades sin ejecutar reduciendo el alcance del proyecto. Estas actividades no completadas son registradas en la lista de puntos pendientes.

El director del proyecto no debe ocultar bajo ningún concepto al cliente la incapacidad de finalizar todo el alcance del proyecto. La honestidad y buen hacer del director (Sección 1.1) le obligan a informar al cliente en el momento en el que aflore la información. De esta forma el director del proyecto tendrá más tiempo para negociar con el cliente. Además, cuanto más tarde la negociación para solventar el problema, más recursos tomará remediarlo.

Adicionalmente a añadir las tareas inacabadas en la lista de puntos pendientes, el director junto con el cliente deben analizar si será necesario terminar las tareas incompletas en el futuro. Algunas tareas no son estrictamente necesarias para la operación de la planta fotovoltaica. Sin embargo, si que pueden ser decisivas para un buen mantenimiento de la planta a lo largo de su vida útil. Por ello, se debe informar al cliente sobre la adecuación de invertir en la finalización de la planta en el futuro.

El director del proyecto debe gestionar los posibles problemas que aparezcan durante el ciclo de vida del proyecto. En todo momento, la dirección del proyecto debe controlar los recursos, el tiempo, el riesgo y el alcance del del proyecto. Por ello, dejar tareas sin realizar, previa negociación del director con el cliente, debe ser un último recurso para el director del proyecto en cualquier circunstancia. La disciplina del director de proyecto junto con sus cualidades y áreas de conocimiento deben ser suficientes para evitar esta situación siempre que sea posible. Es normal que al final de un proyecto haya negociación al surgir discrepancias entre la opinión del cliente y del Director del proyecto. Las habilidades de negociación y un buen soporte documental serán de utilidad si llega el caso.



# Capítulo 6

## Operación y mantenimiento.

### 6.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Operación y mantenimiento encontramos como entregable de gestión a la gestión de incidencias (Subsección 6.1.1).

#### 6.1.1. Gestión de incidencias.

Durante la fase de Operación y mantenimiento el Director ya no interviene, ya que salió del proyecto al hacer la transferencia de éste durante el cierre. Esta fase es responsabilidad exclusiva del cliente, si bien puede tener contratado el mantenimiento a una empresa externa, siendo bastante común que sea la misma empresa que hizo la instalación.

Es imprescindible establecer un protocolo para comunicar cualquier incidencia a los profesionales que puedan solventarla. El cliente debe colaborar con el director del proyecto para desarrollar este entregable. La operación de la planta fotovoltaica será responsabilidad del cliente. Por ello, se recomienda que previo al hito de entrega de la planta fotovoltaica al cliente se redacte este documento. La transferencia de información desde la dirección del proyecto, experta en el negocio de las plantas fotovoltaicas, al cliente, muchas veces inexperto, ayuda a reducir la incertidumbre y agilizar la respuesta ante cualquier incidencia en la operación de la planta fotovoltaica.

El objetivo de la gestión de incidencias es minimizar el tiempo de respuesta ante una incidencia. Para ello, se recomienda realizar una lista con las incidencias más frecuentes de una planta fotovoltaica y su solución. Además, el documento permite establecer un protocolo que minimice la incertidumbre ante un paro en la producción eléctrica. También, una buena gestión de las incidencias puede ayudar al cliente a reducir la inversión de recursos en las respuestas a incidencias.

## 6.2. Entregables de Producto.

En la fase de Operación y mantenimiento encontraremos como entregables de producto: el mantenimiento preventivo (Subsección 6.2.1) y el mantenimiento correctivo (Subsección 6.2.2).

### 6.2.1. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es el protocolo de acciones que se deben llevar a cabo durante la fase de operación y mantenimiento para minimizar la posibilidad de que se produzcan errores de funcionamiento en la planta y para maximizar su rendimiento a lo largo de su vida útil.

Las herramientas necesarias para realizar este protocolo se basan en el juicio de expertos. El negocio de los proyectos fotovoltaicos es dinámico y se adapta a las novedades del mercado. Los profesionales del sector deben mantenerse informados de las novedades tecnológicas y de producto para poder ofrecer innovadoras técnicas de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades que aplican durante toda la fase de operación y mantenimiento. El Director, al entregar la planta al cliente, debe recomendar una lista de repuestos a tener en stock. Debido a que el tiempo de operación de una planta fotovoltaica es elevado, existe la posibilidad de que desarrollen innovaciones tecnológicas que faciliten el mantenimiento preventivo de la planta.

Las acciones preventivas comunes que se deben tener en cuenta para toda planta fotovoltaica son cinco. La limpieza de los paneles solares ofrece una menor pérdida de eficiencia con el paso del tiempo. Se recomienda pedir al proveedor las instrucciones para la limpieza de sus paneles. Se recomienda comprobar periódicamente las conexiones eléctricas de la planta. De esta forma se evitarán mayores problemas por las inclemencias del tiempo. Se recomienda seguir un mantenimiento adecuado de los inversores, que son una pieza clave de la instalación. Además, es recomendable que un experto mida regularmente la tensión y corriente eléctrica de la planta. Por último, se recomienda registrar las tareas de mantenimiento. Este registro ayudará a los profesionales en el caso en el que ocurra algún problema en la planta. Con la información del registro le será más sencillo encontrar el error y remediarlo. Adicionalmente, cada planta fotovoltaica es particular por lo que pueden tener acciones preventivas individualizadas.

El objetivo del mantenimiento preventivo de una planta fotovoltaica es maximizar el rendimiento de la planta y minimizar la probabilidad de posibles averías utilizando los mínimos recursos posibles.



## 6.2.2. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo es el protocolo de acciones que se deben llevar a cabo durante la fase de operación y mantenimiento para remediar los errores de funcionamiento ocurridos durante la vida útil de la planta fotovoltaica. El Director del proyecto, al entregar la planta al cliente, debe recomendarle un protocolo de mantenimiento preventivo.

Las herramienta más importante para solventar problemas en el funcionamiento de una planta fotovoltaica es el juicio de expertos. El negocio de los proyectos fotovoltaicos es dinámico y se adapta a las novedades tecnológicas. Es por ello que pueden surgir nuevas formas más eficientes de solventar los problemas de operación de una planta fotovoltaica. Para ello, los profesionales del sector deben estar en todo momento informados de las novedades tecnológicas y de producto que ofrece el mercado.

Los errores de operación son inevitables en una planta fotovoltaica. Por tanto, el mantenimiento correctivo no tiene como objetivo minimizar la posibilidad de que ocurran errores como el mantenimiento preventivo (Subsección 6.2.1). Su objetivo es minimizar el impacto económico y de producción eléctrica que puedan causar los errores de operación que ocurran en una planta fotovoltaica.

El mantenimiento debe prever los principales y más frecuentes errores de una planta fotovoltaica. De esta manera será más sencillo encontrar a los profesionales necesarios para solucionar el problema. Así se consigue que la planta no esté operativa el menor tiempo posible. Una detección precoz de los problemas puede suponer a su vez un menor desembolso de recursos para solucionar el problema.

Los costes del mantenimiento correctivo se engloban dentro del OPEX. Por ello, es una buena práctica intentar estimar los recursos que durante toda la fase de operación de la planta serán destinados al mantenimiento correctivo. De esta forma, se calculará con mayor precisión los índices económicos del Caso de Negocio (Subsección 2.1.1).

Los principales problemas con una planta fotovoltaica suelen ser: las soldaduras defectuosas, los puntos calientes, la destrucción del tedlar, el amarilleamiento del EVA, el deslaminado de las células solares y los problemas con los diodos de bypass [5]. El protocolo de mantenimiento correctivo debe incluir soluciones para estos problemas ya que se producen con frecuencia en las plantas fotovoltaicas.



# Capítulo 7

## Desmantelamiento.

### 7.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Desmantelamiento encontraremos como entregables de gestión: la gestión de residuos (Subsección 7.1.1) y los documentos finales (Subsección 7.1.2).

#### 7.1.1. Gestión de residuos.

La gestión de residuos es el primer documento de gestión de la fase de Desmantelamiento. Consiste en la planificación sobre el destino de los productos y materiales de la planta fotovoltaica tras el fin de la vida útil de la misma.

Debido a que la vida útil de una planta fotovoltaica es de más de 20 años, el protocolo de la gestión de residuos puede modificarse con el tiempo. Para mantener el protocolo actualizado, es necesario revisar periódicamente las normas vigentes sobre el tratamiento de residuos. Se recomienda, realizar este documento previo a la entrega de la planta al cliente para mostrarle el procedimiento genérico. Más adelante, cuando la planta fotovoltaica llegue a su fin de vida útil, es el cliente el que debe informarse sobre las novedades en las normas y procedimientos.

El director del proyecto, al entregar la planta al cliente, debe recomendarle optar por procedimientos que ayuden a reutilizar, reciclar y reducir los residuos. Los proyectos fotovoltaicos ayudan a producir energía renovable. Sin embargo, su desmantelamiento puede ser muy contaminante. Por ello, el director debe insistir en la buena gestión de residuos.

Los principales objetivos de la gestión de residuos son: la planificación detallada de la fase de desmantelamiento, la identificación precoz de posibles riesgos, buscar la máxima seguridad en los procedimientos, gestionar de forma responsable los recursos y analizar la adaptación del terreno para posteriores usos.

## 7.1.2. Documentos finales.

En los documentos finales del proyecto se recomienda recopilar la información de utilidad para el Cliente y requerida por la administración. Dependiendo de la finalidad del proyecto fotovoltaico para el Cliente pueden desarrollarse distintos documentos en esta actividad.

Normalmente, la empresa que implementa un proyecto fotovoltaico buscar sacar una rentabilidad económica a la inversión. Por ello, se recomienda redactar un informe económico al finalizar el ciclo de vida de la planta fotovoltaica. De esta manera, el Cliente puede comparar los resultados económicos obtenidos frente a los previstos en el Caso de Negocio (Subsección 2.1.1). Esta información sirve a la empresa para analizar el desempeño de la planta y para reportarlo a sus accionistas.

Otro principal objetivo de las empresas es el cuidado del medio ambiente. Muchas veces se apuesta por implementar proyectos fotovoltaicos para reducir la dependencia energética de la empresa en combustibles fósiles. Se recomienda en esta actividad realizar un documento donde se reporte el ahorro en emisiones de efecto invernadero de la planta. Es importante para muchas empresas demostrar su compromiso social y dar a conocer sus aportaciones a reducir el impacto de su actividad en el medio ambiente.

Algunas empresas que se dedican a sectores estratégicos donde la energía juega un papel fundamental en la independencia de su actividad invierten en proyectos fotovoltaicos para el autoconsumo. El análisis en esta actividad de el desempeño energético de la planta es importante para conocer la estrategia que la empresa debe seguir en el futuro. Por lo tanto, se recomienda crear un documento donde se reporten las consecuencias en materia de independencia energética que ha ofrecido el proyecto fotovoltaico.

Los documentos finales pueden adaptarse a las necesidades del Cliente. Pueden analizarse en esta actividad cualquier aspecto del proyecto que se considere oportuno. Debido a que se trata del último entregable de gestión del proyecto es el momento oportuno para realizar cualquier estudio sobre los datos obtenidos de la planta durante todo su ciclo de vida.

En los documentos finales debe aparecer un acuerdo sobre el cierre de la instalación. Este acuerdo representa el hito que marca el final del ciclo de vida de la planta fotovoltaica. Debido a que la vida útil de la planta supera los veinte años, es posible que existan desacuerdos sobre el momento exacto del cierre de la instalación. Por ese motivo se recomienda crear un documento que exija el consenso de los interesados clave del proyecto para decidir el momento del cierre definitivo de la planta.

## 7.2. Entregables de Producto.

En la fase de Desmantelamiento encontraremos como entregable de producto a la ejecución del desmantelamiento (Subsección 7.2.1).

### 7.2.1. Ejecución del desmantelamiento.

La ejecución del desmantelamiento es el entregable de producto de la fase de desmantelamiento. Después del fin de la vida útil de la planta fotovoltaica es preciso ocuparse de su desmantelamiento con el objetivo de dar un nuevo uso al terreno que ocupa la planta fotovoltaica.

Como herramientas utilizadas para desmantelar la planta se utilizarán los planos as built (Subsección 5.2.1), la gestión de residuos (Subsección 7.1.1) y el juicio experto del personal encargado. Es complejo gestionar esta actividad ya que existe la incertidumbre de que con el tiempo se modifiquen los reglamentos de gestión de residuos o permisos para desmantelar la obra. Por ello, se recomienda ser previsor y preparar con antelación el protocolo de desmantelamiento.

Es necesario acatar y respetar la legislación vigente en el momento de la ejecución. Para ello, se recomienda apoyarse en el conocimiento de expertos en este área. El cliente debe observar el desmantelamiento de proyectos similares al suyo para asimilar técnicas de desmantelamiento novedosas que se adopten en el mercado.

Es recomendado que el cliente se alinee con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De esta forma, el desmantelamiento de la planta podrá ser aprovechado para contribuir a desarrollar de manera sostenible otros proyectos. Se debe considerar el posible segundo uso de los materiales y productos utilizados en la planta. Por último, se recomienda al cliente analizar las futuras formas de aprovechamiento de los recursos o de procesos de gestión de residuos que el mercado desarrolle con el tiempo.

El desmantelamiento de la planta fotovoltaica tiene como objetivo dar un nuevo uso al terreno que ocupa la planta. El cliente debe observar esta fase como una inversión necesaria para implementar nuevos proyectos. Se recomienda no abandonar la planta sino desmantelarla en el fin de su vida útil. Es posible que se desee implementar otro proyecto fotovoltaico en el mismo terreno. En ese caso se debe analizar el aprovechamiento de ciertos elementos del proyecto anterior. Sea cual sea el caso, se recomienda al cliente ejecutar el desmantelamiento para evitar el abandono de la planta y el consecuente empeoramiento del terreno.



## Parte III

# Metodología para el análisis e implementación del proyecto fotovoltaico en la nave de IKEA en San sebastián de los Reyes





# Capítulo 8

## Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### Introducción.

La tercera parte del trabajo consiste en poner en práctica la metodología creada para la implementación de un proyecto fotovoltaico. Para ello, se ha elegido un proyecto real como la planta fotovoltaica que IKEA Ibérica está implementando actualmente en San Sebastián de los Reyes.

IKEA es una empresa multinacional sueca dedicada a la fabricación y venta minorista de muebles y objetos para el hogar. Su filial en la Península Ibérica (IKEA Ibérica) ha decidido poner en marcha un proyecto para alcanzar un consumo eléctrico de fuentes exclusivamente renovables. Este proyecto alinea a IKEA Ibérica con los ODS. La elección de este proyecto concreto resulta del interés por conocer el funcionamiento de una empresa multinacional además de indagar en una empresa alineada con los ODS.

La planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes se implementa al mismo tiempo que este trabajo se desarrolla. Este hecho permite trabajar con información actualizada del negocio de los proyectos fotovoltaicos. Además, ofrece la oportunidad única de comparar los resultados del proyecto real con las buenas prácticas y actividades que se recomiendan en el trabajo.

El trabajo de poner en práctica la metodología de proyectos fotovoltaicos en un proyecto real requiere del conocimiento previo de la situación de la empresa IKEA. Se explica en cada fase del proyecto la aplicación de la metodología que corresponde junto con el contexto de IKEA.

Este es un caso de proyecto que es demandado por la empresa matriz IKEA a una de sus filiales IKEA Ibérica. La empresa IKEA Ibérica debe realizar un estudio que le ayude a alcanzar el consumo energético de fuentes exclusivamente renovables. Ese objetivo se conseguirá mediante la implementación de diversas tecnologías en diversas naves de su

posesión. En este caso, como es lógico, analizaremos el proyecto fotovoltaico de IKEA Ibérica en San Sebastián de los Reyes.

El proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes está localizado en el parque comercial Megapark. La superficie de la cubierta de la nave mide aproximadamente  $18.827 m^2$  de los cuales aproximadamente  $10.860 m^2$  están disponibles para el sistema fotovoltaico. La figura Figura 8.1 muestra la cubierta de la nave [7].

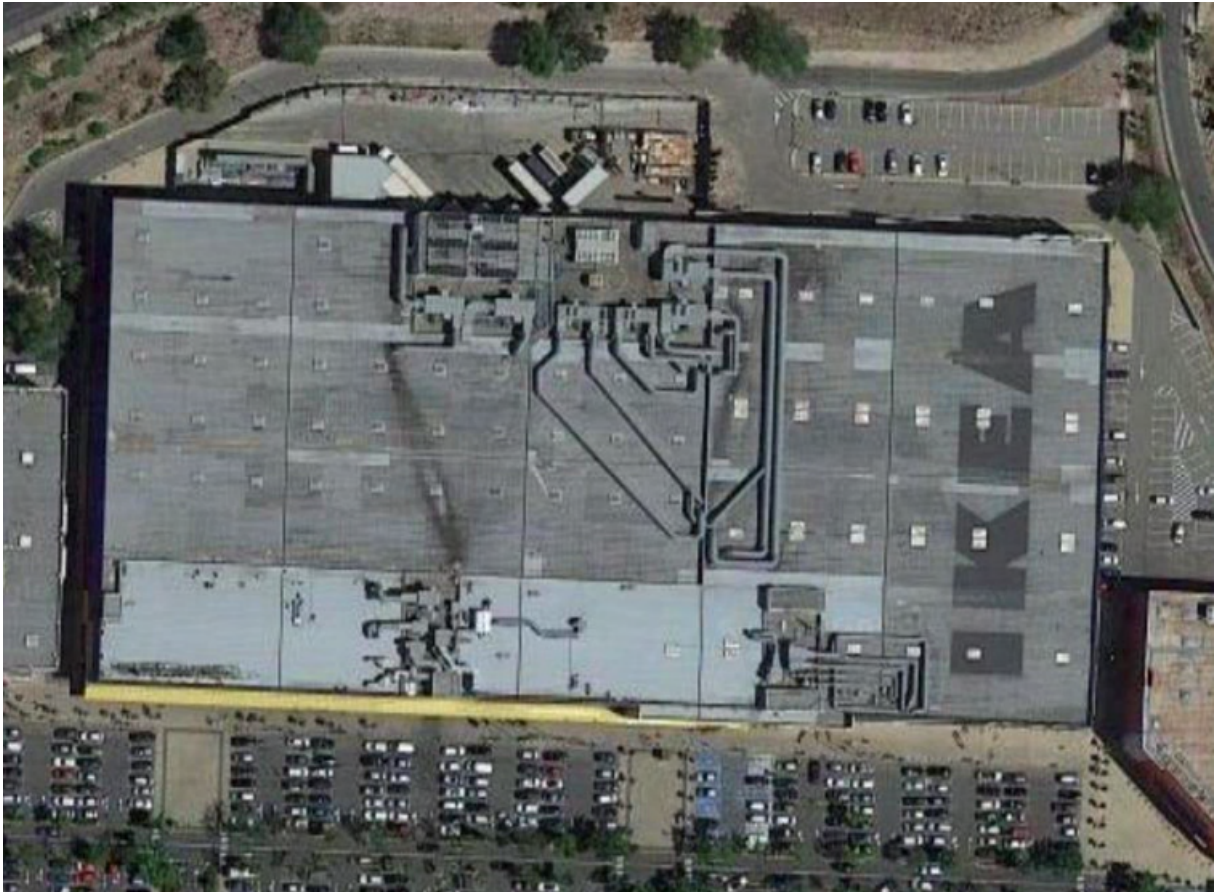


Figura 8.1: Vista de la planta de la nave de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

En los cálculos preliminares para adecuar la política de IKEA en su filial IKEA Ibérica, se estimó en 972 KWp instalados. El coste de la implementación de la planta se estimó en 969.882€[7]. A lo largo del trabajo se detallará la potencia que realmente se puede instalar según las necesidades del proyecto y el coste que tendría. IKEA Ibérica dispone de los recursos propios suficientes para llevar a cabo el proyecto aunque también acepta financiación ajena si es más rentable.

El consumo anual de la nave en San Sebastián de los Reyes es de aproximadamente 9.975 MWh anuales. Esta información quiere decir que la implementación de 972 KWp

de la planta solar produciría únicamente el 17% de la energía que se consume en el año [7]. Por ello, IKEA Ibérica no desestima la implementación de una mayor potencia en la nave de San Sebastián de los Reyes si fuera posible.

Site	Total energy consumption	Existing solar thermal collectors	Existing PV systems electricity production	Additional PV systems electricity production	Total self-produced RE energy	Self-produced RE/Total consumed energy
<b>A Coruña</b>	3,863,268	-	41,688	902,513	944,201	24%
<b>Asturias</b>	3,382,740	20,883	-	947,811	968,694	29%
<b>Barakaldo</b>	4,608,170	17,195	-	905,040	922,235	20%
<b>Barcelona I - Badalona</b>	5,580,586	-	-	1,624,049	1,624,049	29%
<b>Barcelona II - Hospitalet de Llobregat</b>	6,300,045	-	-	1,421,449	1,421,449	23%
<b>Barcelona III - Sabadell</b>	5,847,402	184,327	184,327	793,193	1,161,846	20%
<b>Jerez</b>	3,609,837	-	3,474,920	249,152	3,724,072	103%
<b>Madrid I - Alcorcón</b>	5,451,891	-	139,567	1,112,318	1,251,885	23%
<b>Madrid II - Ensanche de Vallecas</b>	5,204,812	20,306	-	983,900	1,004,206	19%
<b>Madrid III - San Sebastián de los Reyes</b>	7,974,573	14,434	-	1,353,769	1,368,203	17%
<b>Málaga</b>	4,360,157	33,795	2,626,098	-	2,659,893	61%
<b>Murcia</b>	4,380,870	19,332	-	1,187,863	1,207,195	28%
<b>Pamplona (PUP)</b>	231,290	-	-	-	-	0%
<b>Service Office Madrid</b>	861,380	-	-	-	-	0%
<b>Sevilla</b>	4,507,942	11,682	338,953	552,913	903,548	20%
<b>Valencia</b>	6,423,357	-	116,919	1,111,000	1,227,919	19%
<b>Valladolid</b>	4,449,136	-	-	1,001,233	1,001,233	23%
<b>Zaragoza</b>	4,499,952	111,415	-	902,825	1,014,240	23%
<b>Total</b>	<b>81,537,406</b>	<b>433,368</b>	<b>6,922,472</b>	<b>15,049,028</b>	<b>22,404,869</b>	<b>27%</b>

Figura 8.2: Estimación de consumo y producción eléctrica de las naves de IKEA Ibérica (KWh).

Por último, es razonable pensar que IKEA Ibérica busca una metodología para el desarrollo e implementación de proyectos fotovoltaicos. Debido a la política de la matriz IKEA, la filial IKEA Ibérica se ve obligada a implementar numerosos proyectos fotovoltaicos similares en un espacio corto de tiempo. Por ello es recomendable una metodología que ayude a gestionar de forma más eficiente proyectos similares. Para poner en práctica la metodología creada para proyectos fotovoltaicos genéricos, se desarrollará el proyecto de San Sebastián de los Reyes como lo haría IKEA Ibérica.

## 8.1. Ciclo de Vida de la instalación fotovoltaica.

Para analizar la implementación práctica de la metodología creada se utilizará como referencia el mismo Ciclo de Vida para este proyecto fotovoltaico. La figura (Figura 8.3) muestra en azul el nombre de cada fase del proyecto. En verde se encuentran los entregables de gestión. En gris se enumeran los entregables de producto. En rojo se aprecian los hitos necesarios para concluir una fase y comenzar la siguiente.

El proyecto fotovoltaico de IKEA Ibérica debe seguir las directrices del plan rector de actuación dictado por IKEA ([7]). Para conseguir los ambiciosos objetivos del plan, IKEA Ibérica está dispuesta a aportar fondos propios al proyecto. Además, se da un plazo de dos años para implementar este proyecto.

El Ciclo de Vida recoge las buenas prácticas, conjunto de actividades y restricciones del proyecto. Individualmente serán analizados cuando corresponda en el trabajo. Esta plantilla sirve como resumen de todo el esfuerzo que se ha realizado para recomendar buenas prácticas para una mejor gestión del proyecto fotovoltaico. Adicionalmente, sirve como esquema de todas las recomendaciones y buenas prácticas utilizadas en el trabajo.

La buena gestión de un proyecto fotovoltaico depende en buena parte de la información que maneje el director del proyecto. Debido a que en este negocio la información debe ser madurada por los clientes es imposible realizar un análisis completo del proyecto desde el inicio. En el comienzo, la información es escasa y de alto nivel. Se conoce exclusivamente el orden de magnitud de ciertos índices. Los requisitos de los clientes no están completamente depurados.

La elección de estas fases concuerda con la disponibilidad de la información sobre el proyecto. En la primera fase de estudio de viabilidad, es suficiente la información aportada por el cliente como para realizar ciertos cálculos o actividades. Según el tiempo avanza y los clientes depuran sus requisitos, el director del proyecto dispone de más información con la que poder avanzar en el análisis del proyecto. En la segunda fase de diseño se realiza una definición más precisa de la planta que permite estimar el alcance, recursos, costes, etc. Además de realizar un estudio de ingeniería básico.

En la fase de instalación la información disponible es abundante y rica. Por este motivo el director de proyecto puede comenzar con procesos más específicos como adquirir los recursos necesarios y ejecutar la instalación. Además, realizará estudios de calidad para obtener nueva información de la planta que le permita entregar el proyecto al cliente.

Por último, se realiza un análisis de la operación de la planta, su mantenimiento y desmantelamiento. Este análisis deberá ser ejecutado por el cliente ya que el equipo que se encarga de implementar la planta termina su labor en la fase de cierre. Sin embargo, se darán algunas recomendaciones al cliente que podrá tener en cuenta durante el resto de vida útil de la planta.

# Ciclo de Vida Instalación fotovoltaica

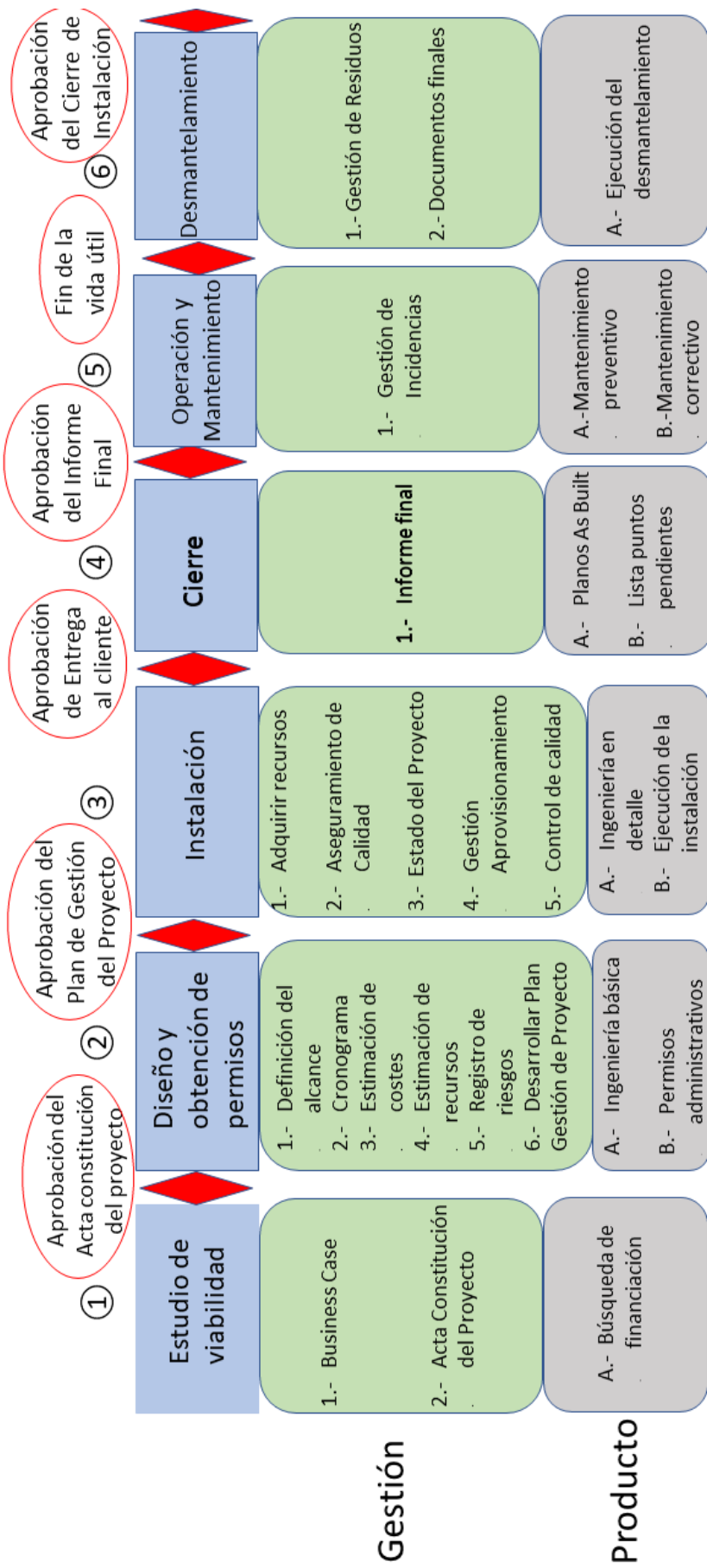


Figura 8.3: Ciclo de Vida del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



# Capítulo 9

## Estudio de viabilidad.

IKEA Ibérica analiza en un primer momento cuáles deberían ser sus respuestas ante la nueva política de su matriz IKEA. Preliminarmente selecciona la nave de IKEA Ibérica como candidata para albergar un proyecto fotovoltaico. En este momento IKEA Ibérica no ha decidido implementar el proyecto, simplemente pretende estudiar su viabilidad.

La empresa reúne a los interesados clave que han sido identificados hasta el momento, la matriz y la filial, para analizar la viabilidad. La información disponible es escasa pues ni siquiera se conoce la idoneidad del proyecto. Los únicos requisitos conocidos son el cumplimiento de la nueva política de la matriz, pero no está relacionado con el proyecto concreto.

IKEA Ibérica designa a un grupo de gestores que analizará la viabilidad del proyecto en San Sebastián de los Reyes para su implementación si corresponde. La primera misión de los profesionales es desarrollar un Caso de Negocio (Subsección 9.1.1) con la información disponible en la política de IKEA [7]. Además, si el Caso de Negocio es favorable, buscará la forma óptima de financiarlo (Subsección 9.2.1). Por último, redactará un Acta de Constitución del Proyecto (Subsección 9.1.2). IKEA se encargará de aprobar o denegar el proyecto.

Se designa a un director para facilitar la comunicación entre interesados clave del proyecto. IKEA Ibérica transmite al director que desea implementar un proyecto fotovoltaico de 1.000 KWp de orden de magnitud con un presupuesto del orden de 1.000.000€y un plazo de ejecución del orden de un año. Además, considera rentable los proyectos que aporten más de un 10 % de rentabilidad anual debido a que los otros proyectos que baraja IKEA Ibérica aportarán ese rendimiento. Con todos estos datos de alto nivel ofrecidos por la empresa, el director del proyecto tiene que analizar la viabilidad de la planta y desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto que recopilará la información suficiente como para que la empresa decida implementar el proyecto o lo rechace [7].

En esta fase se detallan las buenas prácticas y actividades recomendadas para una buena gestión del estudio de viabilidad. Además se desarrollará un análisis del proyecto en cada entregable.

## 9.1. Entregables de Gestión.

En la fase del estudio de viabilidad encontramos como entregables de gestión: el Caso de Negocio o Business Case (Subsección 9.1.1) y el Acta de Constitución del Proyecto (Subsección 9.1.2).

### 9.1.1. Business Case o Caso de Negocio.

La finalidad del Caso de Negocio es analizar la viabilidad del proyecto fotovoltaico. En este caso IKEA Ibérica busca sacar una rentabilidad anual de al menos un 10%. Si el proyecto fotovoltaico en San Sebastián de los Reyes ofrece un interés superior la compañía esta dispuesta a invertir en el proyecto. De lo contrario la compañía rechaza el proyecto para invertir en otros más rentables.

Para medir la rentabilidad del proyecto se utilizan indicadores como el VAN y el ROI. Si el VAN es positivo con un interés del 10% significa que la inversión será aceptada por la empresa. El ROI indica el retorno nominal de la inversión a lo largo de toda su vida útil. Ambos indicadores se detallan en la Parte IV.

Con el objetivo de calcular el flujo de caja anual con el que se obtienen los indicadores mencionados antes debemos analizar los ingresos (ahorro energético) y los gastos de la planta fotovoltaica. La suma total de los flujos de caja (excluyendo la inversión en la planta) entre la inversión realizada es el ROI. La suma total de los flujos de caja, descontados por un interés anual del 10%, es el VAN.

Los gastos de una planta fotovoltaica se dividen en dos grandes grupos: CAPEX y OPEX. El CAPEX es la inversión de capital en la implementación de la planta. En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes la inversión es de 999.650,16€. (Subsección 3.1.3). El OPEX es la inversión anual en la planta debido a los gastos de operación y mantenimiento. El coste medio actual en OPEX es de 25€ por KWp instalado ([15]). La potencia final instalada en la planta es de 1.021,02 KWp (Subsección 10.2.1). Por ello, el OPEX anual de la planta es de 25.525,50€.

El ingreso anual de la planta es en realidad el ahorro que le supone a la empresa producir su propia energía y dejar de comprarla al mercado. El precio medio de la energía proporcionado por OMIE [13] multiplicado por las horas de sol anuales equivalentes ([11]) multiplicado por la potencia instalada de la planta (Subsección 10.2.1) es un ahorro anual de 213.342,13€.

El flujo de caja es la sustracción de los costes anuales al ingreso anual. Estos datos permiten calcular el VAN con un 10% de interés en 1.011.541€. El ROI en 161%. Los cálculos detallados se encuentran en la Parte IV. La Tabla 9.1 muestra la plantilla del Caso de Negocio con la información final del proyecto fotovoltaico.



## BUSINESS CASE

El Business Case o viabilidad económica de un proyecto debe tener en cuenta el flujo de caja esperado durante la vida útil del proyecto. Para ello se tendrá en cuenta el préstamo bancario, así como el coste operativo de la planta durante su vida útil, el ahorro esperado por producción eléctrica y la inversión en la instalación de la planta.

AÑO	AHORRO (€)	PRÉSTAMO BANCO (€)	CAPEX (€)	OPEX (€)	CASH FLOW (€)
2023		1.000.000,00 €	- 999.650,16 €		349,84 €
2024	213.342,13 €	- 46.000,00 €		- 25.525,50 €	141.816,63 €
2025	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2026	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2027	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2028	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2029	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2030	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2031	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2032	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2033	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2034	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2035	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2036	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2037	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2038	213.342,13 €	- 97.276,48 €		- 25.525,50 €	90.540,15 €
2039	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2040	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2041	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2042	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2043	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2044	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2045	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2046	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2047	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
2048	213.342,13 €			- 25.525,50 €	187.816,63 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.333.553,23 €</b>	<b>- 1.407.870,72 €</b>		<b>-638.137,50 €</b>	<b>7.379.561,45 €</b>

Tabla con datos para el cálculo de ahorro esperado por la producción eléctrica:

AHORRO ANUAL (€)	213.342,13
ENERGÍA PRODUCIDA (KWh)	1.422.280,9
HORAS DE SOL EQUIVALENTES (PVsyst)	1393
POTENCIA PICO DE LA INSTALACIÓN (KWp)	1021,02
PRECIO ESTIMADO DE LA ENERGÍA (€/KWh)	0,15

Tabla con datos que muestran la viabilidad económica del proyecto:

ROI (Return On Investment)	161%
VNA (Valor Neto Actual)	1.011.541,40€
Payback	10 años
Interés mínimo esperado por la compañía	10%

A continuación, se aclaran algunos términos económicos así como asunciones de costes y precios.

1.- Número de paneles: EL número de paneles que cubren la superficie disponible es de 2244.

2.-Potencia por panel: El panel elegido es de 455 Wp de ULICA SOLAR por el tamaño del módulo, ya que éste permitirá instalar una mayor potencia instalada total.

3.-Inversión: Es calculada como la suma de los costes de cada tarea del alcance del proyecto.

4.-Ahorro anual: Es calculado como el valor de mercado de la energía producida. Es el resultado de multiplicar la energía producida por el precio de la energía en el mercado.

5.-Energía producida: Es el resultado de multiplicar la potencia instalada por las horas anuales de sol equivalentes.

6.-Horas anuales de sol equivalentes: Son calculadas mediante PVsyst. Su resultado indica la producción de una planta fotovoltaica según unas horas equivalentes de potencia pico.

7.-Precio de energía: Es el precio medio de mercado de los últimos años según OMIE. (15€/KWh)

8.-OPEX instalación: Es el coste operativo (OPEX) aproximado por KWp instalado según empresas del sector.(25€/KWp)

9.-Cash flow: Es el resultado de restar los costes de financiación, operativos y de capital al ahorro de cada período.

10.-Interés mínimo de la compañía: Es el mínimo interés por el que la compañía estaría dispuesta a abordar un proyecto.

11.-Valor neto actual (VNA): Es el valor estimado del proyecto en Euros a valor actual, descontando una inflación igual al interés mínimo de la compañía.

12.-PAYBACK: Es el período de tiempo que tarda la compañía en recuperar la inversión.

13.-Return On Investment (ROI): Es el retorno que la compañía obtiene sobre sus inversiones.

Cuadro 9.1: Caso de Negocio del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### 9.1.2. Acta de Constiución del Proyecto.

El Acta de Constitución del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes contiene la información de alto nivel disponible en el momento de la constitución del proyecto fotovoltaico. Se designa a Javier Alonso como director. El patrocinador del proyecto es IKEA Ibérica. El cliente es el establecimiento de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

En este documento el Patrocinador, el Cliente y el Director del proyecto acuerdan comenzar un proyecto fotovoltaico. La información disponible permite acotar las limitaciones del proyecto en orden de magnitud. Para el alcance del proyecto se requiere una potencia instalada de aproximadamente 1.000 KWp. En la limitación temporal se establece un plazo de entrega de al rededor de doce meses. El coste del proyecto es aproximadamente de 1.000.000€. Además, se ha obtenido un preacuerdo de financiación con el banco de 1.000.000€(Subsección 9.2.1).

En este documento se establecen los límites con los que el director del proyecto debe trabajar para implementar el proyecto fotovoltaico. Debido a que la información sobre el proyecto aún está en desarrollo, se recomienda dejar un margen de error en las limitaciones del proyecto. En este caso, se establece un margen de error en las estimaciones inicial para satisfacer los requisitos del cliente del 20 %. Conforme el tiempo pase y la información sobre el proyecto aumente se acordará una reducción de los márgenes de error para adecuar los requisitos del cliente con las posibilidades del proyecto.

El Acta de Constitución del proyecto representa el inicio oficial de un proyecto. A partir de la aprobación del documento, el Director adquiere unos recursos económicos y humanos con los que implementar la planta. Se establece la relación que existe entre el Director, el Patrocinador y el Cliente. El documento impone las restricciones que deberán ser cumplidas por el Director del proyecto para no incumplir los requisitos de los interesados clave. Además, se establece el criterio por el que se da el proyecto por concluido. En este caso es la aprobación de la Entrega al cliente de la planta. Desde ese momento se da por terminada la responsabilidad del Director en la planta.

La Tabla 9.2 muestra la información sobre las limitaciones del proyecto en San Sebastián de los Reyes. Además ofrece un primer análisis de los riesgos del proyecto así como el desempeño de los interesados clave. Establece los hitos que el proyecto debe cumplir. Por último, recoge la aceptación del proyecto por parte del Patrocinador y del Director. Esta aprobación constituye un hito que marca el fin de la fase del Estudio de viabilidad y marca el comienzo de la fase de Diseño y obtención de permisos.

# ACTA CONSTITUCIÓN DE PROYECTO FOTOVOLTAICO

Título del Proyecto:

Sponsor del proyecto:  Fecha:

Director de proyecto:

## Alcance de alto nivel del proyecto (orden de magnitud):

### Requisitos de Gestión:

Alcanzar un nivel de potencia instalada de al menos un 90% de la requerida por el cliente

Controlar que el sobrecoste del proyecto no supere el 20% del presupuesto.

Satisfacer los requisitos acordados con el cliente por un margen de error de +/- 20%.

### Requisitos de Producto:

Potencia requerida: 1,000 (KWp)

Superficie disponible: 10,000 (m<sup>2</sup>)

### Principales Entregables de Gestión:

Plan de Gestión de Proyecto

Aprobación de Entrega al cliente

Informe Final

Fin de la Vida Útil

Cierre de la instalación

### Principales Entregables de Producto:

Placas solares fotovoltaicas

Inversores

Estructuras

Cables de luz

**Tiempo (orden de magnitud):**

Plazo de entrega: 12 meses

Fecha de presentación del proyecto: 1/03/2023

Fecha de puesta en marcha: 31/01/2024

**Coste (orden de magnitud):**

1,000,000 € - 1,200,000 €

Recursos financieros previos:

El banco está dispuesto a financiar el proyecto con hasta 1,000,000 €

**Riesgos de Alto Nivel del Proyecto:**

- Cambios en la legislación aplicable
- Precio futuro de la electricidad incierto
- Escasez de materiales durante la fase de Instalación
- Retraso de pagos por parte del sponsor
- Retraso en la entrega de los permisos necesarios
- Escasez de mano de obra cualificada
- Dificultad de pago del préstamo bancario

Resumen de hitos	Criterio de éxito
------------------	-------------------

Alcance:

Potencia instalada máxima 1,000 MWp	Potencia instalada mayor a 900 MWp
-------------------------------------	------------------------------------

Tiempo:

Plazo de entrega 12 meses	Plazo de entrega menor a 14 meses
---------------------------	-----------------------------------

Coste:

El coste total 1,000,000 €	Coste total inferior a 1,200,000 €
----------------------------	------------------------------------

Lista de interesados	Desempeño
IKEA San Sebastián de los Reyes	Cliente
IKEA Ibérica	Sponsor
Ayto. San Sebastián de los Reyes	Ayuntamiento
Cientes IKEA	Usuarios
Javier Alonso Sánchez	Director del proyecto

Criterio de salida del proyecto:

Aprobación de la entrega del proyecto al cliente final.
---

Nombre del director del proyecto:

Javier Alonso Sánchez

Nombre del sponsor del proyecto:

IKEA Ibérica

Firma del director de proyecto:



Firma del sponsor del proyecto:



Fecha: 31/01/2023

Fecha: 31/01/2023

Autoridad del director de proyecto:

Gestión y variación del presupuesto:

Autoridad del director del proyecto es máxima en la gestión.  
Director del proyecto autorizado a aumentar el gasto en un 20% bajo consentimiento de IKEA Ibérica.

Resolución de conflictos:

Autoridad máxima del director de proyecto en la resolución de conflictos

Decisiones de plantilla:

Autoridad del director de proyecto compartida con IKEA Ibérica

Cuadro 9.2: Acta de Constitución del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## 9.2. Entregables de Producto.

En la fase del Estudio de viabilidad encontramos como entregable de producto a la búsqueda de financiación.

### 9.2.1. Búsqueda de financiación.

El proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes tiene un coste que se estima en la fase de viabilidad económica de al rededor de un millón de euros. Es fundamental obtener una financiación antes de dar por constituido el proyecto. La misión de la búsqueda de financiación es alcanzar un preacuerdo que será ejecutado si el proyecto es constituido.

El patrocinador dispone de la liquidez suficiente para implementar el proyecto fotovoltaico de San Sebastián de los Reyes. Sin embargo, solamente está dispuesto a invertirlo en el proyecto si recibe un interés del 10%. En caso contrario, el Patrocinador invertirá su capital en otros proyectos que le dan esa rentabilidad. El Director no se debe estar satisfecho con una única opción de financiación por lo que se recomienda sondear el mercado de los préstamos.

El Director del proyecto debe hacer un estudio del mercado financiero. Debe destacar los préstamos con mejores condiciones y que mejor se ajusten a las características del proyecto. Una vez tiene los mejores candidatos, debe compararlos entre ellos y también con la financiación propia. Sin embargo, es el Patrocinador junto con el Cliente el que tienen la última palabra en la constitución del proyecto y por tanto ellos deciden si les satisface o no el préstamo elegido.

El Banco Santander es uno de los elegidos por el Director, el Patrocinador y el Cliente. El importe del préstamo es de un millón de euros. Su tipo de interés es del 4,61%. El plazo del préstamo es de 10 años. No tiene carencia, se comienza a amortizar el primer año. La cuota anual a abonar es de 125.000€[18].

El Banco BBVA es otro préstamo seleccionado por el Director, el Patrocinador y el Cliente. El importe del préstamo es de un millón de euros. Su tipo de interés es del 4,60%. El plazo del préstamo es de 15 años. Tiene carencia de un año, se comienza a amortizar el segundo año mientras el primero sólo se pagan intereses. La cuota anual a abonar es de 97.276€[1].

La financiación que más se ajusta a los intereses del proyecto queda detallada en la Tabla 9.3, es ofrecida por el banco BBVA [1]. Los cálculos detallados sobre la elección de la mejor fuente de financiación se realizan en el Subsubsección IV.



## FINANCIACIÓN DEL BANCO

Los proyectos de mediana o gran envergadura llevan ligados una gran inversión. Históricamente, los tipos de interés ofrecidos han sido bajos en comparación con el retorno que obtenían las empresas por ese capital. Por tanto, generalmente se optaba por la financiación bancaria de los proyectos. En la actual situación de tipos de interés altos y crecientes, es conveniente analizar la financiación propia o bancaria de los proyectos.

A continuación, se muestra la financiación bancaria que más se ajusta al proyecto:

Capital Prestado	1.000.000,00€
Tipo de Interés	4,60%
Plazo en meses	180
Periodicidad de amortización	Trimestral
Carencia en meses	12

Periodo	Cuota	Intereses	Capital	Capital pendiente
1	11.500,00 €	11.500,00 €	0 €	1.000.000,00 €
2	11.500,00 €	11.500,00 €	0 €	1.000.000,00 €
3	11.500,00 €	11.500,00 €	0 €	1.000.000,00 €
4	11.500,00 €	11.500,00 €	0 €	1.000.000,00 €
5	24.319,12 €	11.500,00 €	12.819,12 €	987.180,88 €
6	24.319,12 €	11.352,58 €	12.966,54 €	974.214,34 €
7	24.319,12 €	11.203,46 €	13.115,66 €	961.098,69 €
8	24.319,12 €	11.052,63 €	13.266,49 €	947.832,20 €
9	24.319,12 €	10.900,07 €	13.419,05 €	934.413,15 €
10	24.319,12 €	10.745,75 €	13.573,37 €	920.839,78 €
11	24.319,12 €	10.589,66 €	13.729,46 €	907.110,32 €
12	24.319,12 €	10.431,77 €	13.887,35 €	893.222,97 €
13	24.319,12 €	10.272,06 €	14.047,06 €	879.175,91 €
14	24.319,12 €	10.110,52 €	14.208,60 €	864.967,31 €
15	24.319,12 €	9.947,12 €	14.372,00 €	850.595,32 €
16	24.319,12 €	9.781,85 €	14.537,27 €	836.058,04 €
17	24.319,12 €	9.614,67 €	14.704,45 €	821.353,59 €
18	24.319,12 €	9.445,57 €	14.873,55 €	806.480,04 €
19	24.319,12 €	9.274,52 €	15.044,60 €	791.435,44 €
20	24.319,12 €	9.101,51 €	15.217,61 €	776.217,83 €
21	24.319,12 €	8.926,51 €	15.392,61 €	760.825,21 €
22	24.319,12 €	8.749,49 €	15.569,63 €	745.255,58 €
23	24.319,12 €	8.570,44 €	15.748,68 €	729.506,90 €
24	24.319,12 €	8.389,33 €	15.929,79 €	713.577,11 €
25	24.319,12 €	8.206,14 €	16.112,98 €	697.464,13 €

Periodo	Cuota	Intereses	Capital	Capital pendiente
26	24.319,12 €	8.020,84 €	16.298,28 €	681.165,84 €
27	24.319,12 €	7.833,41 €	16.485,71 €	664.680,13 €
28	24.319,12 €	7.643,82 €	16.675,30 €	648.004,83 €
29	24.319,12 €	7.452,06 €	16.867,06 €	631.137,77 €
30	24.319,12 €	7.258,08 €	17.061,04 €	614.076,73 €
31	24.319,12 €	7.061,88 €	17.257,24 €	596.819,50 €
32	24.319,12 €	6.863,42 €	17.455,70 €	579.363,80 €
33	24.319,12 €	6.662,68 €	17.656,44 €	561.707,36 €
34	24.319,12 €	6.459,63 €	17.859,49 €	543.847,88 €
35	24.319,12 €	6.254,25 €	18.064,87 €	525.783,01 €
36	24.319,12 €	6.046,50 €	18.272,62 €	507.510,39 €
37	24.319,12 €	5.836,37 €	18.482,75 €	489.027,64 €
38	24.319,12 €	5.623,82 €	18.695,30 €	470.332,34 €
39	24.319,12 €	5.408,82 €	18.910,30 €	451.422,04 €
40	24.319,12 €	5.191,35 €	19.127,77 €	432.294,28 €
41	24.319,12 €	4.971,38 €	19.347,74 €	412.946,54 €
42	24.319,12 €	4.748,89 €	19.570,23 €	393.376,31 €
43	24.319,12 €	4.523,83 €	19.795,29 €	373.581,01 €
44	24.319,12 €	4.296,18 €	20.022,94 €	353.558,07 €
45	24.319,12 €	4.065,92 €	20.253,20 €	333.304,87 €
46	24.319,12 €	3.833,01 €	20.486,11 €	312.818,76 €
47	24.319,12 €	3.597,42 €	20.721,70 €	292.097,05 €
48	24.319,12 €	3.359,12 €	20.960,00 €	271.137,05 €
49	24.319,12 €	3.118,08 €	21.201,04 €	249.936,01 €
50	24.319,12 €	2.874,26 €	21.444,86 €	228.491,15 €
51	24.319,12 €	2.627,65 €	21.691,47 €	206.799,68 €
52	24.319,12 €	2.378,20 €	21.940,92 €	184.858,76 €
53	24.319,12 €	2.125,88 €	22.193,24 €	162.665,51 €
54	24.319,12 €	1.870,65 €	22.448,47 €	140.217,04 €
55	24.319,12 €	1.612,50 €	22.706,62 €	117.510,42 €
56	24.319,12 €	1.351,37 €	22.967,75 €	94.542,67 €
57	24.319,12 €	1.087,24 €	23.231,88 €	71.310,79 €
58	24.319,12 €	820,07 €	23.499,05 €	47.811,74 €
59	24.319,12 €	549,84 €	23.769,28 €	24.042,46 €
60	24.319,12 €	276,49 €	24.042,63 €	0,00 €

Cuadro 9.3: Financiación del banco del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# Capítulo 10

## Diseño y obtención de permisos.

### 10.1. Entregables de Gestión.

En la fase de diseño y obtención de permisos encontraremos los siguientes entregables de gestión: la definición del alcance (Subsección 10.1.1), el cronograma (Subsección 10.1.2), la estimación de costes (Subsección 10.1.3), la estimación de recursos (Subsección 10.1.4), el registro de riesgos (Subsección 10.1.5) y el Plan de Gestión del Proyecto (Subsección 10.1.6).

#### 10.1.1. Definición del alcance.

La definición del alcance del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes detalla todas las tareas y actividades que son necesarias para implementar la planta.

Desarrollar el alcance del proyecto fotovoltaico debe estar supervisado por el Director del proyecto. Es fundamental detallar el alcance para evitar realizar nuevas tareas durante el ciclo de vida del proyecto que no tengan asignados tiempo ni recursos. El riesgo del proyecto disminuye si se añade cada paso necesario para implementar la planta así como acciones preventivas que eviten mayores riesgos.

El proyecto en San Sebastián de los Reyes se divide en las mismas fases en las que se gestiona el proyecto. Además, incorpora importantes actividades relacionadas con los proveedores, con la facturación y con las reuniones de gestión.

A continuación, la Tabla 10.1 muestra detalladamente cada actividad y tarea tanto de gestión como de proyecto cuya ejecución es necesaria para implementar el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Las tareas y actividades incluidas representan las recomendaciones que se han pensado para este proyecto en concreto.

## ALCANCE PROYECTO FOTOVOLTAICO

Id	EDT	Nombre de tarea
1	<b>1</b>	<b>Proyecto Instalacion Solar IKEA</b>
2	<b>1.1</b>	<b>Diseño y obtención de permisos</b>
3	<b>1.1.1</b>	<b>Diseño</b>
4	1.1.1.1	Diseño de Ingeniería Básico
5	1.1.1.2	Informe con los materiales a utilizar
6	1.1.1.3	Ingeniería en Detalle
7	<b>1.1.2</b>	<b>Obtención de Permisos</b>
8	1.1.2.1	Aprobación de Permiso de Obra fotovoltaica
9	1.1.2.2	Autorización Administrativa
10	1.1.2.3	Aprobación concesión de licencia
11	1.1.2.4	Autorización Ambiental
12	1.1.2.5	Aprobación Certificado Fin de Obra
13	1.1.2.6	Autorización de Explotación
14	1.1.2.7	Aprobación del Permiso de Conexión a la Red
15	<b>1.2</b>	<b>Proveedores</b>
16	<b>1.2.1</b>	<b>Búsqueda de Proveedores</b>
17	1.2.1.1	Solicitud de precios a los principales proveedores
18	1.2.1.2	Reunión de elección de los proveedores
19	<b>1.2.2</b>	<b>Solicitud de Material</b>
20	1.2.2.1	Solicitud de paneles solares
21	1.2.2.2	Solicitud de inversores
22	1.2.2.3	Solicitud de contadores
23	1.2.2.4	Solicitud de sistemas de monitorización
24	1.2.2.5	Solicitud de soportes
25	1.2.2.6	Solicitud de cableado
26	1.2.2.7	Solicitud del resto de material
27	<b>1.2.3</b>	<b>Recepción del Material</b>
28	1.2.3.1	Recepción de soportes
29	1.2.3.2	Recepción de cableado
30	1.2.3.3	Recepción de inversores
31	1.2.3.4	Recepción de paneles solares
32	1.2.3.5	Recepción de contadores
33	1.2.3.6	Recepción de sistemas de monitorización
34	1.2.3.7	Recepción del resto del material

35	<b>1.3</b>	<b>Gestión</b>
36	<b>1.3.1</b>	<b>Trabajo de Gestión</b>
37	1.3.1.1	Revisión de documentos de lecciones aprendidas de otros proyectos
38	1.3.1.2	Documento Requisitos en Detalle
39	1.3.1.3	Cronograma
40	1.3.1.4	Estimación de Costes
41	1.3.1.5	Estimación de Recursos
42	1.3.1.6	Registro de Riesgos
43	1.3.1.7	Declaración responsable de obra
44	1.3.1.8	Plan de Gestión de Proyecto
45	1.3.1.9	Aseguramiento de Calidad
46	1.3.1.10	Estado del Proyecto
47	1.3.1.11	Gestión de Aprovisionamiento
48	1.3.1.12	Certificación de Potencia por Experto
49	1.3.1.13	Control de Calidad
50	1.3.1.14	Informe Final
51	<b>1.3.2</b>	<b>Reuniones de Gestión</b>
52	1.3.2.1	Aprobación del Documento Requisitos en Detalle
53	1.3.2.2	Aprobación del Cronograma
54	1.3.2.3	Reunión de Aprobación del Diseño de Ingeniería Básica
55	1.3.2.4	Reunión aprobación del Plan de Gestión de Proyecto
56	1.3.2.5	Reunión Kick-off
57	1.3.2.6	Reunión sobre el progreso en la obtención de Permisos
58	1.3.2.7	Reunión sobre el progreso en la recepción de Materiales
59	1.3.2.8	Reunión aprobación del Diseño de Ingeniería en Detalle
60	1.3.2.9	Reunión Comienzo de Instalación
61	1.3.2.10	Reunión sobre el progreso de la Instalación
62	1.3.2.11	Reunión Finalización de Instalación
63	1.3.2.12	Reunión sobre el Aseguramiento de Calidad
64	1.3.2.13	Reunión sobre el éxito de la puesta en marcha
65	1.3.2.14	Reunión entrega del Informe Final
66	1.3.2.15	Reunión entrega de la Gestión del Proyecto
67	1.3.2.16	Reunión sobre la facturación de la Financiación Propia
68	1.3.2.17	Reunión sobre la concesión del Préstamo Bancario
69	1.3.2.18	Reunión sobre la Certificación de la Potencia Instalada
70	<b>1.4</b>	<b>Instalación</b>
71	<b>1.4.1</b>	<b>Ejecución</b>
72	1.4.1.1	Replanteo de la Instalación
73	1.4.1.2	Montaje de la Estructura
74	1.4.1.3	Anclaje de módulos fotovoltaicos
75	1.4.1.4	Revisión y conexión de módulos

76	1.4.1.5	Montaje de la bandeja de la cubierta
77	1.4.1.6	Tendido del tramo de CC de cableado
78	1.4.1.7	Montaje de la canalización interior
79	1.4.1.8	Tendido de cableado de interior de CC
80	1.4.1.9	Instalación y montaje de los inversores
81	1.4.1.10	Montaje de las cajas y equipos de protección
82	1.4.1.11	Tendido de cableado de CA
83	1.4.1.12	Puesta a Tierra
84	1.4.1.13	Instalación de Gestión de Consumo
85	<b>1.4.2</b>	<b>Puesta en Marcha</b>
86	1.4.2.1	Conexión a la Red
87	1.4.2.2	Configuración
88	1.4.2.3	Puesta en Funcionamiento
89	<b>1.5</b>	<b>Cierre</b>
90	<b>1.5.1</b>	<b>Producto</b>
91	1.5.1.1	Planos as built
92	1.5.1.2	Lista de Puntos Pendientes
93	<b>1.5.2</b>	<b>Traspaso</b>
94	1.5.2.1	Acta de Entrega de la Instalación Fotovoltaica
95	1.5.2.2	Aprobación del Traspaso de Gestión del Proyecto
96	<b>1.6</b>	<b>Facturación</b>
97	<b>1.6.1</b>	<b>Facturación del Material</b>
98	1.6.1.1	Facturación del pedido de paneles solares
99	1.6.1.2	Facturación del pedido de inversores
100	1.6.1.3	Facturación del pedido de contadores
101	1.6.1.4	Facturación del pedido del sistema de monitorización
102	1.6.1.5	Facturación del pedido de soportes
103	1.6.1.6	Facturación del pedido de cableado
104	1.6.1.7	Facturación del pedido del resto del material
105	<b>1.6.2</b>	<b>Ejecución</b>
106	1.6.2.1	Facturación inicial de la ejecución
107	1.6.2.2	Facturación final de la ejecución
108	<b>1.7</b>	<b>Monitización y Control</b>
109	1.7.1	Reuniones semanales de seguimiento
160	1.7.2	Reuniones Mensuales con Cliente
173	<b>1.8</b>	<b>Aprobación de Hitos</b>
174	1.8.1	Aprobación del Acta Constitución del Proyecto
175	1.8.2	Aprobación del plan de Gestión del Proyecto
176	1.8.3	Aprobación de Entrega al Cliente
177	1.8.4	Aprobación del Informe Final
178	<b>1.9</b>	<b>Reserva de contingencia</b>
179	1.9.1	Buffer
180	1.9.2	Allowance

Cuadro 10.1: Plantilla del Alcance de un Proyecto fotovoltaico.

### 10.1.2. Cronograma.

El cronograma del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes detalla el plazo y el momento de ejecución de cada tarea y actividad del alcance.

Con el objetivo de establecer la duración de cada tarea se debe acudir al conocimiento de profesionales especializados en cada una de las tareas. La duración de cada actividad debe ser realista con el trabajo que se debe realizar. No es recomendable añadir un colchón de tiempo en cada tarea para así evitar el síndrome del estudiante y la Ley de Parkinson [17].

En el caso de la planta fotovoltaica en San Sebastián de los Reyes la herramienta utilizada para desarrollar el cronograma ha sido Microsoft Project. En primer lugar se necesita definir detalladamente el alcance (Subsección 10.1.1). Más adelante es preciso cuantificar la duración de cada tarea. Por último, se debe analizar qué tareas dependen de la finalización de otras para conseguir ordenarlas en el tiempo.

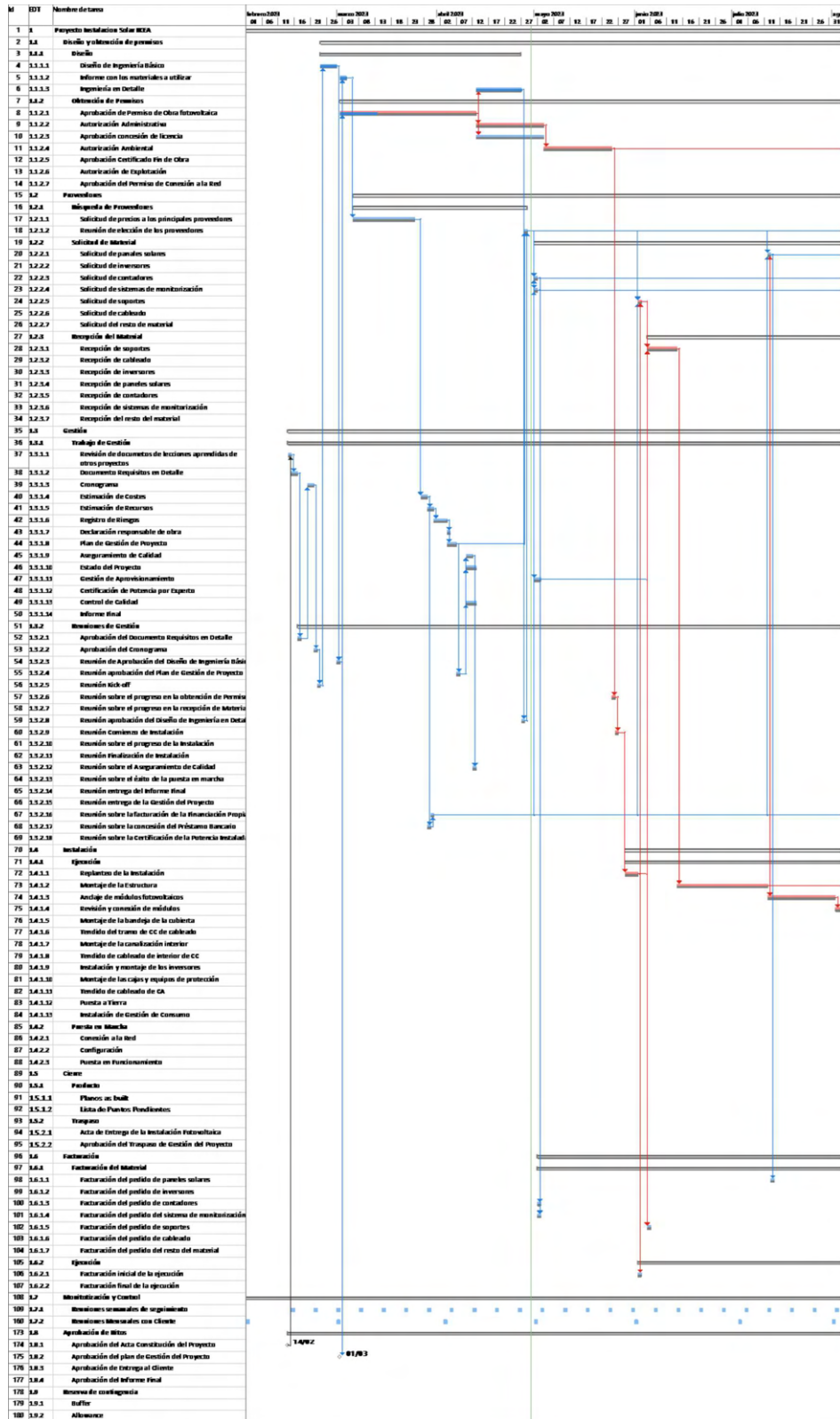
El camino crítico es aquella secuencia de tareas, que dependen de otras anteriores, que retrasa el conjunto del proyecto si una tarea del conjunto se retrasa. En nuestro caso las tareas del camino crítico están marcadas en color rojo. Muchas de esas tareas forman parte de la fase de obtención de permisos y de la instalación de la planta. Ambas fases tienen tareas de mucha duración que dependen de la finalización de tareas anteriores. Esto hace resaltar la importancia de gestionar correctamente estas actividades para no retrasar el proyecto en su conjunto.

Se puede apreciar en el cronograma el número de reuniones de gestión repartidas por todo el ciclo de vida del proyecto fotovoltaico. La comunicación entre el personal y el equipo de dirección es fundamental para conocer el rendimiento del proyecto. De esta forma el riesgo y coste de implementar cambios disminuye.

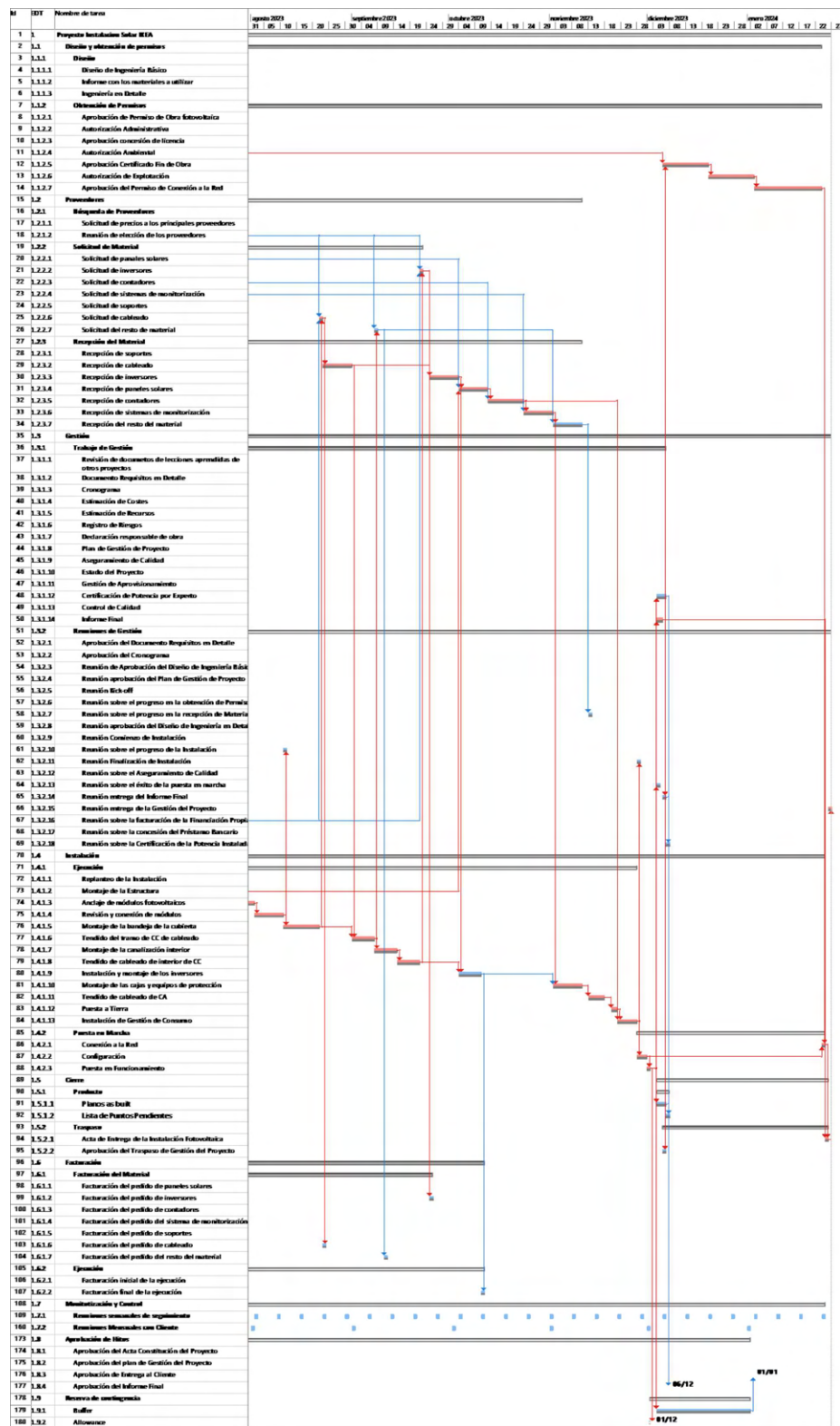
El número de reuniones con el Cliente insertadas en el cronograma indica la importancia de la comunicación del equipo de dirección con el Cliente. En un proyecto fotovoltaico la información sobre la planta se conoce de forma progresiva. Por ello, la comunicación continua y periódica con el cliente es tan importante.

En el cronograma del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se prevé la fecha de finalización del proyecto. En este caso, el proyecto de 1.021 KWp de potencia tiene un plazo de implementación que comienza el 13 de marzo de 2023 y finaliza el 15 de enero de 2024. Por lo que el proyecto tiene una duración total de diez meses.

# CRONOGRAMA







Cuadro 10.2: Cronograma del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### 10.1.3. Estimación de costes.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se han utilizado diferentes indicadores que ayudan a estimar el coste de cada una de las actividades que componen el alcance del proyecto. En la estimación de costes se aumenta la precisión sobre los recursos a emplear en cada tarea. De esta forma se puede hacer un Caso de Negocio con datos más exactos que permite calcular los indicadores económicos con mayor precisión (Subsección 9.1.1).

La estimación de costes también ayuda al Director del proyecto para realizar un seguimiento del desempeño de los recursos empleados para completar actividades. Así se puede conocer los recursos teóricamente necesarios para realizar una tarea y los finalmente utilizados.

En el proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes se han utilizado distintos indicadores para el personal y para los materiales. Se calcula el coste del personal como las horas de trabajo previstas por la tasa de salario por hora. Además se incluye el coste por uso de determinados profesionales como lo es el experto en instalaciones fotovoltaicas que cobra por acudir a la planta.

Se calcula el coste del material como el coste por unidad multiplicado por las unidades necesarias en el proyecto. Además, se calculan otros pagos administrativos que son necesarios en la tramitación de algunos permisos fotovoltaicos.

El coste total del proyecto es la suma de los costes de cada material y personal, además de pagos únicos como los administrativos. En el caso de la planta de IKEA el coste total después de la planificación en detalle asciende a 999.650,16€. El coste estimado tiene un rango típico de desviación en proyectos de ingeniería industrial de -5 % a +10 %. El coste real no se conoce hasta finalizar el proyecto. La mayoría del coste de la planta es el grupo de los materiales.

Se ha realizado un cálculo del coste por personal y materiales. Sin embargo, puede aportar más información conocer el coste de cada tarea y actividad del proyecto. Para calcular el coste de una tarea deberemos sumar el coste del personal con el coste del material necesario para implementar esa tarea.

La Tabla 10.4 detalla el coste de cada actividad y tarea. Además ofrece un análisis del coste de cada personal y de cada material. De esta forma el Director del proyecto conoce cuales son los recursos necesarios en cada fase del proyecto. Así puede gestionar los recursos de una forma más eficiente y adelantarse a problemas de recursos con una comunicación de los riesgos del proyecto con los interesados clave.

## ESTIMACIÓN DE COSTES

En la siguiente tabla se encuentran recopilados el conjunto de trabajos y materiales necesarios para gestionar e instalar un proyecto fotovoltaico. En la tabla aparece información sobre el coste total, trabajo total, la tasa por hora y el costo por uso del Proyecto de IKEA.

Id	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta	Costo	Trabajo	Tasa	Costo/uso
1	Javier Alonso – Director del Proyecto	Trabajo		9.910,00€	165,17 horas	60,00€/hora	0,00€
2	Ingeniero	Trabajo		7.458,33€	149,17 horas	50,00€/hora	0,00€
3	Contable	Trabajo		4.205,00€	140,17 horas	30,00€/hora	0,00€
4	Experto instalación fotovoltaica	Trabajo		543,75€	8,5 horas	50,00€/hora	100,00€
5							
6	Grupo de cuatro ingenieros	Trabajo		110.160,00€	1.337 horas	80,00€/hora	0,00€
7							
8	Soporte	Material	Unidad	168.300,00€	2.244 unidad	75,00€	0,00€
9	Cableado	Material	1 m	33.660,00€	6.732 x 1 m	5,00€	0,00€
10	Inversor 100 KW	Material	Unidad	88.000,00€	11 unidad	8.000,00€	0,00€
11	Panel	Material	Unidad	437580,00€	2.244 unidad	195,00€	0,00€
12	Contador	Material	Unidad	1.000,00€	1 unidad	1.000,00€	0,00€
13	Sistema de monitorización	Material	Sistema	3.000,00€	1 sistema	3.000,00€	0,00€
14	Resto de material	Material		10.000, 00€	1	10.000,00€	0,00€
15							
16	Transporte	Material		1.750,00€	7	0,00€	250,00€
17							
18	Permiso de conexión a la red	Material		10.925,00€	1	10.925,00€	0,00€
19	Autorización administrativa	Material		2.889,00€	1	2.889,00€	0,00€
20	Autorización de explotación	Material		2.000,00€	1	2.000,00€	0,00€
21	Autorización ambiental	Material		5.000,00€	1	5.000,00€	0,00€
22	Permiso de obra fotovoltaica	Material		29.769,08€	1	29.769,08€	0,00€

Cuadro 10.3: Estimación de costes por recurso

A continuación, se detalla el costo por tarea. Para su cálculo es necesario saber las horas de trabajo que cada profesional invertirá además del número de materiales necesarios en cada tarea. Cada tarea llevará por lo tanto unos materiales asignados al igual que los profesionales que ejecutarán la tarea. Cada tarea tendrá una duración y un coste que se podrá agrupar en secciones. El coste total del proyecto es la suma de los costes de todas las tareas.

id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Costo	Nombres de los recursos
1	1	<b>Proyecto Instalación Solar IKEA</b>	<b>258 días</b>	<b>999.650,16 €</b>	
2	1.1	<b>Diseño y obtención de permisos</b>	<b>238 días</b>	<b>52.813,08 €</b>	
3	1.1.1	<b>Diseño</b>	<b>44 días</b>	<b>1.180,00 €</b>	
4	1.1.1.1	Diseño de Ingeniería Básico	3 días	250,00 €	Ingeniero[21%]
5	1.1.1.2	Informe con los materiales a utilizar	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
6	1.1.1.3	Ingeniería en Detalle	10 días	750,00 €	Ingeniero[19%]
7	1.1.2	<b>Obtención de Permisos</b>	<b>234 días</b>	<b>51.633,08 €</b>	
8	1.1.2.1	Aprobación de Permiso de Obra fotovoltaica	30 días	29.919,08 €	Contable[2%];Permiso de obra fotovoltaica[1]
9	1.1.2.2	Autorización Administrativa	15 días	3.039,00 €	Contable[4%];Autorización administrativa[1]
10	1.1.2.3	Aprobación concesión de licencia	15 días	150,00 €	Contable[4%]
11	1.1.2.4	Autorización Ambiental	15 días	5.150,00 €	Contable[4%];Autorización ambiental[1]
12	1.1.2.5	Aprobación Certificado Fin de Obra	10 días	150,00 €	Contable[6%]
13	1.1.2.6	Autorización de Explotación	10 días	2.150,00 €	Contable[6%];Autorización de explotación[1]
14	1.1.2.7	Aprobación del Permiso de Conexión a la Red	15 días	11.075,00 €	Contable[4%];Permiso conexión a la red[1]
15	1.2	<b>Proveedores</b>	<b>180 días</b>	<b>3.473,33 €</b>	
16	1.2.1	<b>Búsqueda de Proveedores</b>	<b>40 días</b>	<b>393,33 €</b>	
17	1.2.1.1	Solicitud de precios a los principales proveedores	15 días	300,00 €	Contable[8%]
18	1.2.1.2	Reunión de elección de los proveedores	1 día	93,33 €	Contable[25%];ingeniero[25%];Javier Alonso - Di
19	1.2.2	<b>Solicitud de Material</b>	<b>105 días</b>	<b>210,00 €</b>	
20	1.2.2.1	Solicitud de paneles solares	1 día	30,00 €	Contable[13%]
21	1.2.2.2	Solicitud de inversores	1 día	30,00 €	Contable[13%]
22	1.2.2.3	Solicitud de contadores	1 día	30,00 €	Contable[13%]
23	1.2.2.4	Solicitud de sistemas de monitorización	1 día	30,00 €	Contable[13%]
24	1.2.2.5	Solicitud de soportes	1 día	30,00 €	Contable[13%]
25	1.2.2.6	Solicitud de cableado	1 día	30,00 €	Contable[13%]
26	1.2.2.7	Solicitud del resto de material	1 día	30,00 €	Contable[13%]
27	1.2.3	<b>Recepción del Material</b>	<b>115 días</b>	<b>2.870,00 €</b>	
28	1.2.3.1	Recepción de soportes	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
29	1.2.3.2	Recepción de cableado	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
30	1.2.3.3	Recepción de inversores	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
31	1.2.3.4	Recepción de paneles solares	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
32	1.2.3.5	Recepción de contadores	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
33	1.2.3.6	Recepción de sistemas de monitorización	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
34	1.2.3.7	Recepción del resto del material	7 días	410,00 €	Grupo de cuatro operarios[4%];transporte[1]
35	1.3	<b>Gestión</b>	<b>249 días</b>	<b>6.978,75 €</b>	
36	1.3.1	<b>Trabajo de Gestión</b>	<b>212 días</b>	<b>3.690,00 €</b>	
37	1.3.1.1	Revisión de documetos de lecciones aprendidas de otros proyectos	1 día	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[38%]
38	1.3.1.2	Documento Requisitos en Detalle	2 días	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[31%]
39	1.3.1.3	Cronograma	2 días	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[31%]
40	1.3.1.4	Estimación de Costes	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
41	1.3.1.5	Estimación de Recursos	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
42	1.3.1.6	Registro de Riesgos	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
43	1.3.1.7	Declaración responsable de obra	1 día	120,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[150%]
44	1.3.1.8	Plan de Gestión de Proyecto	3 días	420,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[29%]
45	1.3.1.9	Aseguramiento de Calidad	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
46	1.3.1.10	Estado del Proyecto	3 días	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[21%]
47	1.3.1.11	Gestión de Aprovisionamiento	2 días	180,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
48	1.3.1.12	Certificación de Potencia por Experto	3 días	450,00 €	Experto instalación fotovoltaica
49	1.3.1.13	Control de Calidad	3 días	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[21%]
50	1.3.1.14	Informe Final	2 días	300,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[31%]

51	<b>1.3.2</b>	<b>Reuniones de Gestión</b>	<b>246 días</b>	<b>3.288,75 €</b>	
52	1.3.2.1	Aprobación del Documento Requisitos en Detalle	1 día	165,00 €	Ingeniero[13%];Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
53	1.3.2.2	Aprobación del Cronograma	1 día	165,00 €	Ingeniero[13%];Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
54	1.3.2.3	Reunión de Aprobación del Diseño de Ingeniería Básica	1 día	165,00 €	Ingeniero[13%];Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
55	1.3.2.4	Reunión aprobación del Plan de Gestión de Proyecto	1 día	210,00 €	Ingeniero[13%];Javier Alonso - Director de Proyecto[13%];Co
56	1.3.2.5	Reunión Kick-off	1 día	330,00 €	Contable[19%];Grupo de cuatro operarios[19%];Ingeniero[19%]
57	1.3.2.6	Reunión sobre el progreso en la obtención de Permisos	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
58	1.3.2.7	Reunión sobre el progreso en la recepción de Materiales	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
59	1.3.2.8	Reunión aprobación del Diseño de Ingeniería en Detalle	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
60	1.3.2.9	Reunión Comienzo de Instalación	1 día	285,00 €	Grupo de cuatro operarios[19%];Ingeniero[19%];Javier Alonso
61	1.3.2.10	Reunión sobre el progreso de la Instalación	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
62	1.3.2.11	Reunión Finalización de Instalación	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
63	1.3.2.12	Reunión sobre el Aseguramiento de Calidad	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
64	1.3.2.13	Reunión sobre el éxito de la puesta en marcha	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
65	1.3.2.14	Reunión entrega del Informe Final	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
66	1.3.2.15	Reunión entrega de la Gestión del Proyecto	1 día	165,00 €	Ingeniero[19%];Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
67	1.3.2.16	Reunión sobre la facturación de la Financiación Propia	1 día	90,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%]
68	1.3.2.17	Reunión sobre la concesión del Préstamo Bancario	1 día	135,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[19%];Contable
69	1.3.2.18	Reunión sobre la Certificación de la Potencia Instalada	1 día	258,75 €	Experto instalación fotovoltaica[19%];Ingeniero[19%];Javier
70	<b>1.4</b>	<b>Instalación</b>	<b>173 días</b>	<b>847.825,00 €</b>	
71	<b>1.4.1</b>	<b>Ejecución</b>	<b>131 días</b>	<b>847.475,00 €</b>	
72	1.4.1.1	Replanteo de la Instalación	4 días	385,00 €	Ingeniero[16%];Javier Alonso - Director de Proyecto[16%]
73	1.4.1.2	Montaje de la Estructura	20 días	200.300,00 €	Grupo de cuatro operarios[250%];soporte[2.244 unidad]
74	1.4.1.3	Anclaje de módulos fotovoltaicos	15 días	469.580,00 €	Grupo de cuatro operarios[333%];panel[2.244 unidad]
75	1.4.1.4	Revisión y conexión de módulos	7 días	16.500,00 €	Grupo de cuatro operarios[357%];Ingeniero[357%]
76	1.4.1.5	Montaje de la bandeja de la cubierta	7 días	4.000,00 €	Grupo de cuatro operarios[89%]
77	1.4.1.6	Tendido del tramo de CC de cableado	5 días	15.220,00 €	cableado[2.244 1 m];Grupo de cuatro operarios[125%]
78	1.4.1.7	Montaje de la canalización interior	5 días	4.000,00 €	Grupo de cuatro operarios[125%]
79	1.4.1.8	Tendido de cableado de interior de CC	5 días	15.220,00 €	cableado[2.244 1 m];Grupo de cuatro operarios[125%]
80	1.4.1.9	Instalación y montaje de los inversores	5 días	91.000,00 €	Grupo de cuatro operarios[63%];inversor 100 Kw[11 unidad]
81	1.4.1.10	Montaje de las cajas y equipos de protección	7 días	12.000,00 €	Grupo de cuatro operarios[45%];resto de material[1]
82	1.4.1.11	Tendido de cableado de CA	5 días	15.220,00 €	cableado[2.244 1 m];Grupo de cuatro operarios[125%]
83	1.4.1.12	Puesta a Tierra	2 días	800,00 €	Grupo de cuatro operarios[63%]
84	1.4.1.13	Instalación de Gestión de Consumo	4 días	3.250,00 €	Ingeniero[16%];sistema de monitorización[1 sistema]
85	<b>1.4.2</b>	<b>Puesta en Marcha</b>	<b>42 días</b>	<b>350,00 €</b>	
86	1.4.2.1	Conexión a la Red	1 día	50,00 €	Ingeniero[13%]
87	1.4.2.2	Configuración	3 días	250,00 €	Ingeniero[21%]
88	1.4.2.3	Puesta en Funcionamiento	1 día	50,00 €	Ingeniero[13%]
89	<b>1.5</b>	<b>Cierre</b>	<b>39 días</b>	<b>430,00 €</b>	
90	<b>1.5.1</b>	<b>Producto</b>	<b>4 días</b>	<b>310,00 €</b>	
91	1.5.1.1	Planos as built	3 días	250,00 €	Ingeniero[21%]
92	1.5.1.2	Lista de Puntos Pendientes	1 día	60,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
93	<b>1.5.2</b>	<b>Traspaso</b>	<b>37 días</b>	<b>120,00 €</b>	
94	1.5.2.1	Acta de Entrega de la Instalación Fotovoltaica	1 día	60,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
95	1.5.2.2	Aprobación del Traspaso de Gestión del Proyecto	1 día	60,00 €	Javier Alonso - Director de Proyecto[13%]
96	<b>1.6</b>	<b>Facturación</b>	<b>117 días</b>	<b>270,00 €</b>	
97	<b>1.6.1</b>	<b>Facturación del Material</b>	<b>105 días</b>	<b>210,00 €</b>	
98	1.6.1.1	Facturación del pedido de paneles solares	1 día	30,00 €	Contable[13%]
99	1.6.1.2	Facturación del pedido de inversores	1 día	30,00 €	Contable[13%]
100	1.6.1.3	Facturación del pedido de contadores	1 día	30,00 €	Contable[13%]
101	1.6.1.4	Facturación del pedido del sistema de monitorización	1 día	30,00 €	Contable[13%]
102	1.6.1.5	Facturación del pedido de soportes	1 día	30,00 €	Contable[13%]
103	1.6.1.6	Facturación del pedido de cableado	1 día	30,00 €	Contable[13%]
104	1.6.1.7	Facturación del pedido del resto del material	1 día	30,00 €	Contable[13%]
105	<b>1.6.2</b>	<b>Ejecución</b>	<b>94 días</b>	<b>60,00 €</b>	
106	1.6.2.1	Facturación inicial de la ejecución	1 día	30,00 €	Contable[13%]
107	1.6.2.2	Facturación final de la ejecución	1 día	30,00 €	Contable[13%]
108	<b>1.7</b>	<b>Monitización y Control</b>	<b>256 días</b>	<b>14.360,00 €</b>	
109	<b>1.7.1</b>	<b>Reuniones semanales de seguimiento</b>	<b>246 días</b>	<b>11.000,00 €</b>	
160	<b>1.7.2</b>	<b>Reuniones Mensuales con Cliente</b>	<b>239 días</b>	<b>3.360,00 €</b>	
173	<b>1.8</b>	<b>Aprobación de Hitos</b>	<b>230 días</b>	<b>0,00 €</b>	
174	1.8.1	Aprobación del Acta Constitución del Proyecto	0 días	0,00 €	
175	1.8.2	Aprobación del plan de Gestión del Proyecto	0 días	0,00 €	
176	1.8.3	Aprobación de Entrega al Cliente	0 días	0,00 €	
177	1.8.4	Aprobación del Informe Final	0 días	0,00 €	
178	<b>1.9</b>	<b>Reserva de contingencia</b>	<b>21 días</b>	<b>73.500,00 €</b>	
179	1.9.1	Buffer	21 días	0,00 €	
180	1.9.2	Allowance	0 días	73.500,00 €	

Cuadro 10.4: Estimación de costes del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

#### 10.1.4. Estimación de recursos.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se han utilizado diferentes tipos de recursos: materiales, personal y financieros. Los recursos materiales son clasificados como sistema (sistema de monitorización) o según su unidad de medida (metros de cableado). Los recursos de personal son medidos por la cantidad de trabajo expresado en horas. Además, cada clase de personal puede tener una tasa fija por hora o requerir adicionalmente de una tasa por uso como es el caso del experto en instalación fotovoltaica.

En este proyecto se ha decidido apoyarse en la definición del alcance (Subsección 10.1.1) para determinar la cantidad de recursos necesarios por cada tarea. Los recursos necesarios para todo el proyecto son la suma de los recursos requeridos para desarrollar cada tarea individual.

Las herramientas utilizadas para determinar la cantidad de recursos que cada tarea necesita son el juicio experto y la analogía con proyectos similares. Los recursos materiales son sencillos de asignar ya que están establecidos por los requisitos de los interesados clave. Sin embargo, este tipo de recursos presenta una dificultad en cuantificar su coste debido a los posibles incrementos de precios provocados por la inflación. Los recursos de personal requieren de un análisis detallado de cada tarea para determinar la cantidad de trabajo que cada tarea requiere. Los recursos financieros empleados en el proyecto se calculan en el Caso de Negocio (Subsección 9.1.1).

En la Tabla 10.3 se detalla la cantidad de recursos empleada en el proyecto. La información sobre los recursos se encuentra separada por categoría. Adicionalmente, se detallan los recursos empleados en cada tipo de personal y material. Con este alto grado de detalle, la actividad de gestión del aprovisionamiento resulta más sencilla de realizar (Subsección 11.1.4). La gestión de los aprovisionamientos se realiza de esta manera con un grado de certidumbre mayor que permite prever la cantidad de recurso necesario por tipo de material o personal.

En la Tabla 10.4 se detalla la cantidad de recursos empleados en cada tarea individual. Cada tarea requiere de recursos materiales y de personal cualificado para desarrollar la actividad. Al clasificar de esta manera los recursos, el equipo de gestión del proyecto es capaz de determinar la cantidad de recursos necesaria para cada fase del proyecto. De esta manera, se pueden ahorrar costes de almacenamiento de recursos materiales ya que el equipo de gestión del proyecto puede prever el momento en el que los recursos son necesarios. El director del proyecto puede negociar de esta manera el momento de entrega de los materiales.

### 10.1.5. Registro de riesgos.

En el Registro de Riesgos se analizan las amenazas y oportunidades del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. El objetivo del registro de riesgos es identificar estas amenazas y oportunidades para analizar su impacto en el proyecto y actuar preventivamente para minimizar las amenazas y maximizar las oportunidades.

La amenaza más importante para este proyecto es la posible modificación de precios de los materiales por parte de los proveedores. Debido a que el impacto de esta amenaza junto con la probabilidad de suceso otorgan una alta prioridad al riesgo, se le asigna una acción preventiva. En este caso se recomienda adelantar el pedido para asegurar precios bajos o llegar a preacuerdos de compra. La prioridad de esta amenaza tras la implementación de la acción preventiva baja por lo que se decide añadir la acción preventiva en el alcance del proyecto.

La oportunidad más importante para este proyecto es aprovechar las buenas prácticas de la metodología creada además de analizar la plantilla de lecciones aprendidas de otros proyectos similares. Si ocurre este suceso se reducirá el coste y tiempo del proyecto. Con el objetivo de aprovechar el impacto positivo de la oportunidad se implementa una acción facilitadora. Esta acción consiste en añadir al alcance del proyecto la revisión de documentos de lecciones aprendidas de otros proyectos similares.

Para cada amenaza y cada oportunidad se realiza un análisis cualitativo. Solamente a los riesgos con gran prioridad se les asigna una acción preventiva o facilitadora. A todos los riesgos se les analiza cuantitativamente. Así, se puede calcular el impacto temporal y económico esperado en el proyecto. Su cálculo es la multiplicación del posible impacto temporal y económico si sucede el riesgo por la probabilidad del suceso.

El sumatorio de los impactos temporales esperados por los riesgos registrados es llamado el colchón. Este tiempo se añade al final de la fecha esperada de finalización del proyecto. De esta forma se minimiza el riesgo de terminar el proyecto fuera de plazo. Al mismo tiempo de esta forma se ofrece un cálculo de la fecha de la finalización del proyecto más exacta. Lo mismo ocurre con el sumatorio de los impactos económicos esperados por los riesgos registrados, llamada reserva de contingencia. En este caso la reserva de contingencia representa la cantidad de recursos económicos que se espera que tomen los riesgos.

En la Tabla 10.5 se pueden ver todos los riesgos que se han identificado para el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Además, se puede consultar cuál es el colchón y la reserva de contingencia.

# REGISTRO DE RIESGOS

	Análisis Cualitativo				Acción Preventiva	Análisis Cualitativo Después de las acciones				Análisis Cuantitativo después de las acciones preventivas (Riesgo residual)				
	Probabilidad (A, M, B)	Impacto (A, M, B)	Prioridad	Impacto (A, M, B)		Probabilidad (A, M, B)	Impacto (A, M, B)	Prioridad	Impacto al proyecto (d_lab)	Impacto al proyecto (€)	Valor Esperado P x I (d_lab)	Valor Esperado P x I (€)		
<b>Amenazas (Threats)</b>														
Si los permisos son denegados, se retrasará la aprobación de los mismos y se perderá la cantidad abonada.	B	A	3	A		B	A	3	20	20000	5,00	50000,00		
Si los proveedores modifican sus tarifas de precios, los materiales serán más caros.	A	M	6	M	Adelantar cuanto antes el pedido de materiales para asegurar un precio bajo.	M	M	4	0	100000	0,00	500000,00		
Si los proveedores no cumplen con sus plazos de entrega, se recibirán los materiales más tarde.	M	B	2	B		M	B	2	15	15000	5,25	52500,00		
Si los documentos de gestión no son aprobados en su plazo, se retrasará el comienzo de determinadas tareas.	B	M	2	M		B	M	2	5	0	0,50	0,00		
Si el cliente no acude a las reuniones, se retrasará la modificación del alcance.	B	M	2	M		B	M	2	10	5000	1,50	7500,00		
Si las condiciones meteorológicas no son adecuadas, se retrasará y prolongará la fase de instalación.	M	M	4	M		M	M	4	10	7500	4,00	30000,00		
Si los trabajadores necesitan una baja temporal, se retrasará la fase de instalación.	B	M	2	M		B	M	2	10	15000	2,00	30000,00		
Si la puesta en funcionamiento no es aprobada, se retrasará la entrega al cliente del proyecto.	B	A	3	A		B	A	3	20	15000	3,00	22500,00		
Si la facturación al cliente no se produce en sus plazos, se retrasará el proyecto.	B	A	3	A		B	A	3	5	15000	0,75	22500,00		
Si el transporte tiene problemas con las entregas de material, se retrasará la recepción de los materiales.	M	B	2	M		M	B	2	5	5000	2,00	20000,00		
Si nuevas leyes añaden restricciones al proyecto, se encarecerá y retrasará el proyecto.	B	M	2	M		B	M	2	15	30000	3,00	60000,00		
												<b>27,00</b>	<b>79.500,00 €</b>	
<b>Oportunidades (Opportunities)</b>														
Si se crean incentivos públicos a proyectos fotovoltaicos, se abaratará el proyecto.	B	M	2	M		B	M	2	0	2500	0,00	2500,00		
Si la tecnología de los materiales mejora, se reducirá el coste de los materiales.	M	B	2	M		M	B	2	0	5000	0,00	7500,00		
Si los tipos de interés desasciendan, se reducirá el coste de financiación.	M	B	2	M		M	B	2	0	2500	0,00	5000,00		
Si se desarrollan métodos de instalación más eficientes, se reducirá el tiempo de instalación.	M	B	2	M		M	B	2	5	0	0,50	0,00		
Si se aprovechan las buenas prácticas del PMBOK y de proyectos anteriores, se reducirá el tiempo y coste del proyecto.	A	M	6	M	Añadir una tarea de revisión de documentos de lecciones aprendidas de otros proyectos similares.	A	M	6	5	5000	4,50	45000,00		
Si la coordinación de los equipos es más eficiente, se acortará el tiempo de instalación.	M	M	4	M		M	M	4	5	0	1,00	0,00		
											<b>6,00</b>	<b>6.000,00 €</b>		
												<b>Reserva de Contingencia (colchón) buffer</b>	<b>21,00</b>	<b>73.500,00 €</b>

Cuadro 10.5: Registro de Riesgos del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



### 10.1.6. Desarrollar Plan de Gestión de Proyecto.

El Plan de Gestión del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes funciona como un resumen ejecutivo de las actividades a realizar durante las fases de instalación, cierre, operación y mantenimiento y desmantelamiento. Su aprobación por parte del Cliente y el Patrocinador constituye un hito del proyecto fotovoltaico.

Se recomienda dividir el documento en cinco partes. La parte del resumen ejecutivo muestra la declaración del alcance, el protocolo de pruebas de aceptación, el registro de riesgos, la evaluación de la satisfacción del cliente y la revisión del proceso de transmisión y cierre. La parte de especificaciones muestra los permisos administrativos requeridos para el proyecto. La parte del cronograma muestra la última actualización del diagrama de Gantt en el que está representada cada actividad junto con su momento de ejecución. La parte de aspectos financieros muestra la financiación del banco y el caso de negocio. La parte de cierre muestra las lecciones aprendidas.

Se ha creado un Plan de Gestión del Proyecto específicamente para la planta de IKEA en San Sebastián de los Reyes (Tabla 10.6). La parte del resumen ejecutivo muestra la declaración del alcance del proyecto de IKEA (Tabla 10.1). Se muestra el protocolo de pruebas de aceptación del proyecto (Tabla 11.1) con las pruebas exigidas al proveedor para la aceptación de sus productos. Con el objetivo de ajustar los costes se exigirán FAT. Se definirán los riesgos a los que se somete el proyecto en el Registro de Riesgos (Tabla 10.5). Se mostrará el documento de requisitos en detalle del proyecto con el que se evaluará la satisfacción del Cliente sobre el proyecto (Tabla 10.7). En la revisión del proceso de Transmisión y cierre, se añade el Protocolo de Mantenimiento Preventivo (Tabla 13.1), el Protocolo de Mantenimiento Correctivo (Tabla 13.2), el Protocolo de Desmantelamiento (Tabla 14.2) y la Entrega al Cliente (Tabla 10.8). La aprobación de la Entrega al Cliente constituye el hito de la finalización de la fase de Instalación.

En la parte de especificaciones se incluyen los permisos administrativos que requiere el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Por tanto, se incluyen: la Autorización Administrativa (Tabla 10.9), la Autorización Ambiental (Tabla 10.10), La Autorización de Explotación (Tabla 10.11), la Certificación de Potencia por experto independiente (Tabla A.6), la Declaración de Responsable de Obra (Tabla 10.14), el Permiso de Conexión a la Red (Tabla 10.15), el Permiso de Obra fotovoltaica (Tabla 10.16) y el Certificado de Fin de Obra (Tabla 10.13). Además se incluye el Estudio de Ingeniería básica (Figura 10.1).

En la parte de cronograma se incluye el propio del proyecto fotovoltaico en San Sebastián de los Reyes (Tabla 10.2). En la parte de aspectos financieros se incluye la financiación del banco (Tabla 9.3) y el Caso de Negocio para este proyecto (Tabla 9.1). En la parte de cierre se incluyen las lecciones aprendidas durante todo el proyecto para que el Cliente, al igual que el Director, puedan aprovecharlas para otras actividades o proyectos (Tabla A.9).

# PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto	Referencia del Proyecto	Director del Proyecto
IKEA San Sebastián de los Reyes	Planta Fotovoltaica	Javier Alonso Sánchez
Cliente	Contacto	Fecha
IKEA Ibérica	IKEA Ibérica	02/5/2023

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

### a. Declaración de Alcance

Se define el alcance final del proyecto mediante la última actualización del Work Breakdown Structure (WBS).

#### Documentos adjuntos:

- I. Alcance del Proyecto / Work Breakdown Structure (WBS).

### b. Protocolo pruebas de Aceptación

Se definen las pruebas realizadas al producto para la aceptación del proyecto. Se analiza el resultado de las pruebas para la aprobación de la entrega del proyecto al cliente.

#### Documentos adjuntos:

- II. Protocolo Pruebas de Aceptación.

### c. Registro de Riesgos

Se definen los riesgos a los que se somete el proyecto. Así como sus análisis cualitativo y cuantitativo. Se añaden acciones preventivas a los riesgos de mayor prioridad. Por último, se calcula la reserva de contingencia formada por el buffer y allowance.

#### Documentos adjuntos:

- III. Registro de Riesgos.

### d. Evaluación de Satisfacción del Cliente

Se evalúa la satisfacción del cliente mediante la revisión de los requisitos detallados por el cliente, el sponsor, los usuarios y organismos públicos. Se analiza el cumplimiento de estos requisitos al finalizar el proyecto.

#### Documentos adjuntos:

- IV. Documento Requisitos en detalle.

e. **Revisión del proceso de Trasmisión y Cierre**

Se crea el documento por el que se traspa el conocimiento al cliente sobre mantenimiento preventivo del proyecto. Además, se crea el protocolo de desmantelamiento para su ejecución al finalizar la vida útil del proyecto.

Documentos adjuntos:

- V. Protocolo de Mantenimiento Preventivo.
- VI. Protocolo de Mantenimiento Correctivo.
- VII. Protocolo de Desmantelamiento.
- VIII. Entrega al Cliente

**2. ESPECIFICACIONES**

Se detallan los permisos administrativos requeridos para el proyecto. Además, se muestra el estudio de ingeniería básica necesario para la ejecución del proyecto.

Documentos adjuntos:

- IX. Autorización administrativa.
- X. Autorización ambiental.
- XI. Autorización de explotación.
- XII. Certificación de potencia por experto independiente.
- XIII. Declaración responsable de obra.
- XIV. Permiso de conexión a la red.
- XV. Permiso de obra fotovoltaica.
- XVI. Certificado Fin de Obra.
- XVII. Estudio de Ingeniería básica.

**3. CRONOGRAMA**

Se define el cronograma final del proyecto mediante la última actualización del diagrama de Gantt.

Documentos adjuntos:

- XVII. Cronograma del proyecto.

**4. ASPECTOS FINANCIEROS**

Se detalla la financiación obtenida del banco. Además, se muestra la rentabilidad económica mediante el Business Case.

Documentos adjuntos:

- XVIII. Financiación del banco.
- XIX. Business Case.

**5. CIERRE**

Se enumeran las lecciones aprendidas del proyecto para su posterior utilización en otros proyectos del mismo tipo.

Documentos adjuntados:

- XX. Lecciones aprendidas.

Cuadro 10.6: Plan de Gestión del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## IV. DOCUMENTO REQUISITOS EN DETALLE

### SPONSOR (IKEA IBÉRICA)

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN
(1)(*) Alcanzar una producción anual de energía de 7.974.573 kWh	kWp instalados (1393 horas de sol equivalentes)(instalación mínima 5725 kWp)	IKEA roadmap 100% RENEWABLE ENERGY Actual consumo de energía (tabla 11)
(2)(*) Ocupar con placas solares la totalidad de la cubierta utilizable.	m <sup>2</sup> de cubierta utilizados (10.860 m <sup>2</sup> disponibles)	IKEA roadmap 100% RENEWABLE ENERGY cubierta disponible
(3) No superar 1.000.000€ de financiación propia	Financiación propia utilizada	Reunión 12/02/2023
(4) Certificar la potencia instalada por un experto independiente	Aprobación de una certificación por parte de un experto independiente	Reunión 12/02/2023

### CLIENTE (IKEA SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES)

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN
(5) Permitir la apertura al público todos los días que dure el proyecto	Días que IKEA San Sebastián de los Reyes cierra al público por el proyecto.	Reunión 10/02/2023
(6) Concluir el proyecto en 14 meses	Tiempo transcurrido entre la Aprobación del Acta Constitución de Proyecto hasta la Aprobación de Entrega al Cliente	Reunión 10/02/2023
(7) Participar en una reunión semanal sobre el curso del proyecto	Firma del Cliente en el acta semanal de las reuniones sobre el curso del proyecto.	Conversación telefónica 08/02/2023
(8) Recibir un documento con información detallada para el mantenimiento del proyecto durante su vida útil	Aprobación del Informe Final por parte del cliente	Reunión 10/02/2023

### USUARIOS (CLIENTES DE IKEA)

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN
(9) Actualizar el Plan de Sostenibilidad de IKEA con la información final del proyecto	Aprobación de la Actualización del Plan de Sostenibilidad de IKEA	Reunión 12/02/2023 con el sponsor (IKEA Ibérica)

### **ORGANISMOS PÚBLICOS (AYUNTAMIENTO SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES)**

REQUISITO ESPECÍFICO	MÉTRICA	DOCUMENTACIÓN
(10) Entregar el Permiso de conexión a la red	Aprobación del Permiso de conexión a la red	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes
(11) Solicitar el Permiso de obra fotovoltaica	Aprobación del Permiso de obra fotovoltaica	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes
(12) Solicitar Autorización administrativa	Aprobación de la Autorización administrativa	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes
(13) Solicitar la Autorización ambiental	Aprobación de la Autorización ambiental	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes
(14) Entregar el Certificado de Fin de Obra	Aprobación del Certificado de Fin de Obra	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes
(15) Solicitar la Autorización de Explotación	Aprobación de la Autorización de Explotación	Página web Ayuntamiento San Sebastián de los Reyes

**(\*) El sponsor requiere el cumplimiento de al menos un requisito con esta nota.**

**(1) Objetivo de IKEA de consumir energía 100% renovable. 7.974.573 kwh es el consumo anual de IKEA San Sebastián de los Reyes.**

Cuadro 10.7: Documento de Requisitos en Detalle del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## VII. ACTA DE ENTREGA AL CLIENTE

Título del Proyecto:

Introduzca texto.

Sponsor del proyecto:

Introduzca texto.

Fecha:

Introduzca fecha

Director de proyecto:

Introduzca texto.

Descripción del proyecto:

Introduzca texto.

Declaración de conocimiento y consentimiento de la lista de puntos pendientes:

Introduzca texto.

Aprobación del traspaso del proyecto y su responsabilidad al cliente:

Introduzca texto.

Firma del director de proyecto:

Introduzca texto.

Firma del Cliente:

Introduzca texto.

Cuadro 10.8: Acta de Entrega al Cliente del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## 10.2. Entregables de Producto.

En la fase de diseño y obtención de permisos encontraremos los siguientes entregables de producto: el estudio de ingeniería básica (Subsección 10.2.1) y los permisos administrativos (Subsección 10.2.2).

### 10.2.1. Estudio de Ingeniería Básica.

El proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes requiere de un estudio básico de ingeniería para estimar la potencia instalada en la planta. En el estudio de ingeniería se realizan los planos de la disposición de placas y el plano eléctrico. Además, se estudiarán entre las distintas ofertas del mercado los productos más convenientes para el proyecto. De esta forma se determinará la elección del inversor, paneles solares y estructuras inclinadas.

El estudio de ingeniería básico contiene un esquema unifilar de la instalación eléctrica. En él se establece el número de placas por string. Por tanto, contiene el número de placas totales que indica, junto con la potencia individual por placa, la potencia instalada Figura 10.1.

La Figura 10.2 representa en detalle la disposición de cada panel solar en la cubierta de la nave de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Se observa el aprovechamiento de toda la superficie útil de la cubierta. Sin embargo, las claraboyas deben quedar libres para cumplir su función de permitir el paso de la luz solar al interior de la nave.

La Figura 10.3 representa en detalle la disposición de la instalación eléctrica que requieren los paneles solares. Cada panel de un string está conectado eléctricamente entre sí. Además, todos los strings están conectados a un inversor independiente. Toda la instalación eléctrica está conectada al contador y a la Red eléctrica.

La Figura 10.4 muestra la ficha técnica del inversor eléctrico que mejor se ajusta a las necesidades del proyecto. Cada uno tiene una potencia nominal de salida de 100KW por lo que resulta ideal para su conexión en cada string de paneles solares. [8]

La Figura 10.5 muestra el panel solar elegido entre los disponibles del mercado [20]. En este caso, los paneles tienen una potencia pico de 455W. El cálculo económico para la elección de panel solar se muestra en Ecuación IV

La Figura 10.6 muestra la ficha técnica del soporte inclinado para panel solar que mejor se ajusta a las necesidades del proyecto. En este caso es un soporte que alberga solamente a un panel solar por lo que es ideal para la planta por el número irregular de paneles por fila. [22]

# ESTUDIO DE INGENIERÍA BÁSICA

En el estudio de Ingeniería básica se muestran tanto los bocetos iniciales de la instalación eléctrica como los planos que se utilizan en la fase de instalación de los soportes y placas.

A continuación, se muestra el esquema unifilar del proyecto de IKEA.

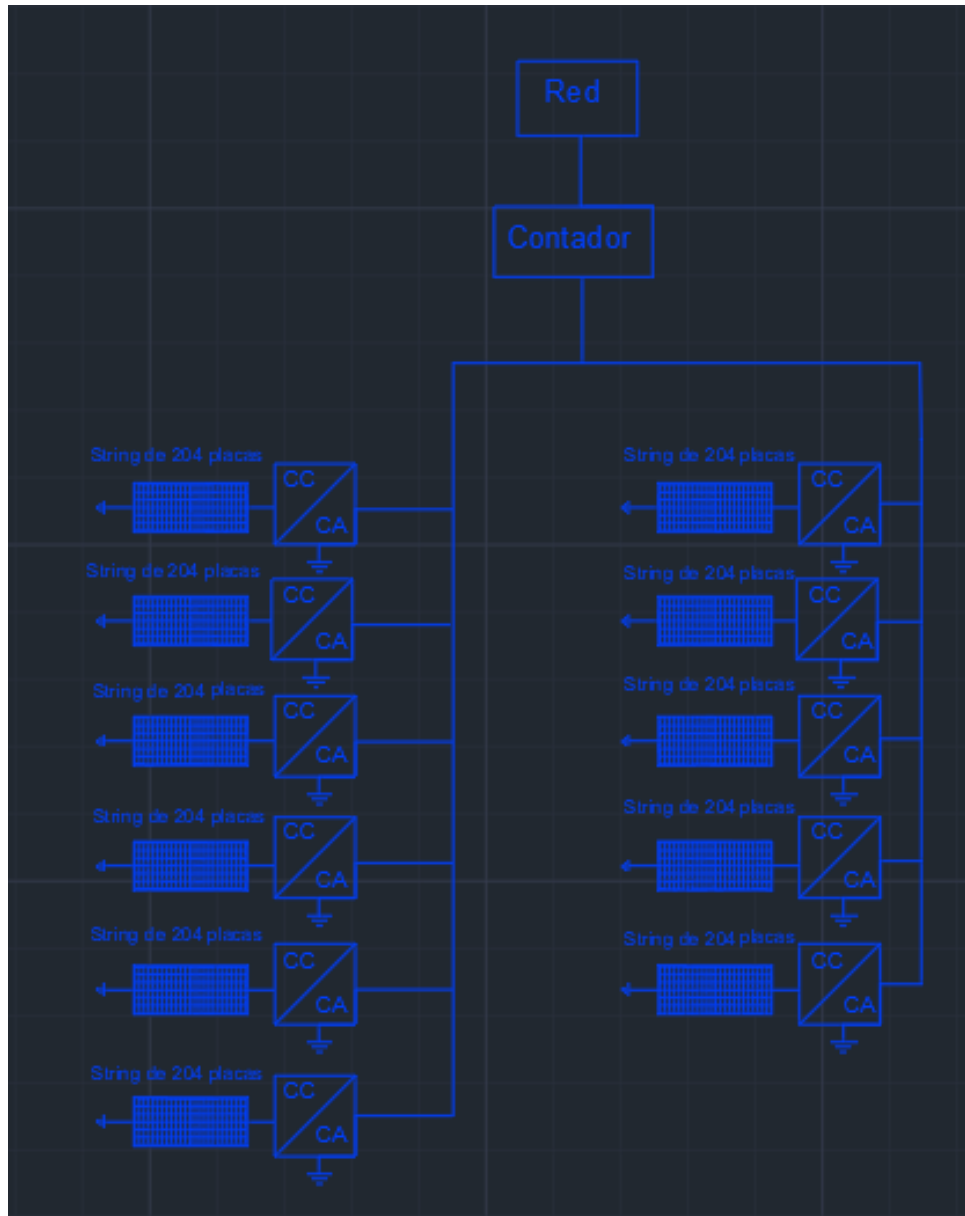


Figura 10.1: Estudio de Ingeniería básica del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



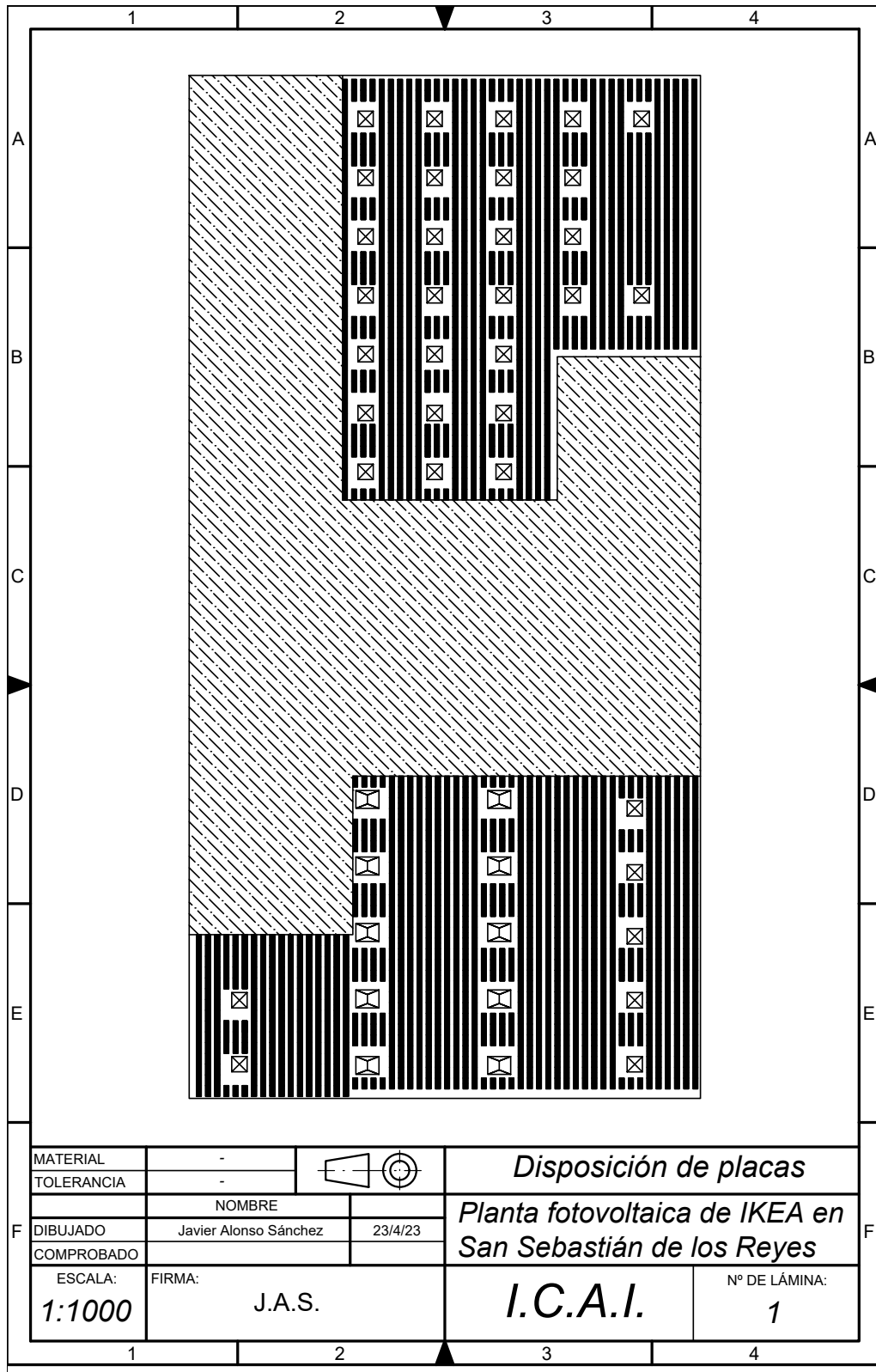


Figura 10.2: Plano de disposición de placas del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

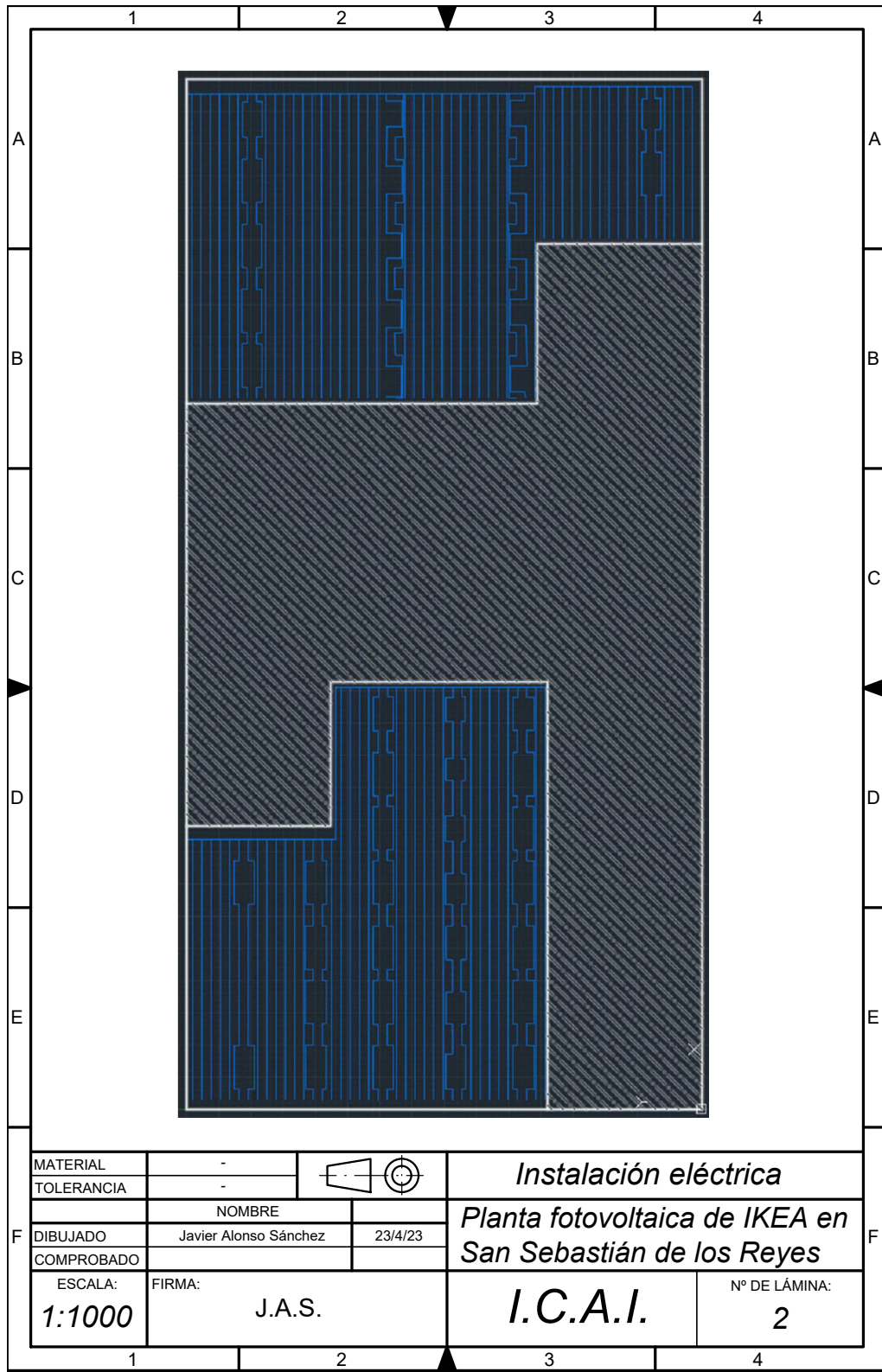


Figura 10.3: Plano de la instalación eléctrica del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

SUN2000 -100KTL-M2  
Smart PV Controller



10 MPP Trackers



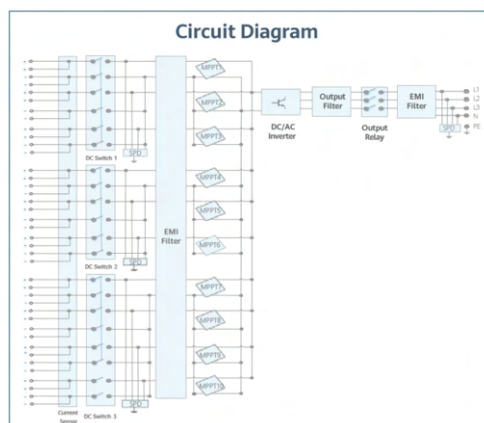
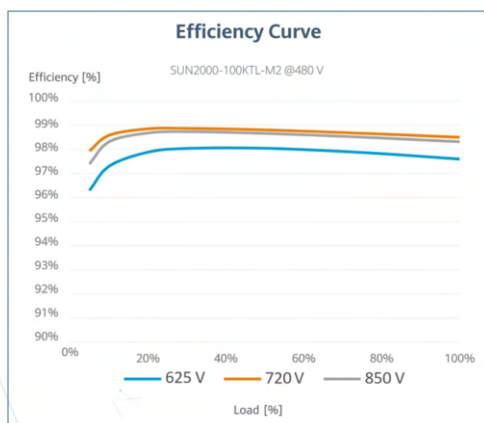
String level Management



Smart I-V Curve Diagnosis Supported



98.8% (@480V) Max. Efficiency



SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

Figura 10.4: Inversor eléctrico.

Technical Specification		SUN2000-100KTL-M2
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency	98.6% @ 400 V, 98.8% @ 480 V	
European efficiency	98.4% @ 400 V, 98.6% @ 480 V	
<b>Input</b>		
Max. Input Voltage <sup>1</sup>	1,100 V	
Max. Current per MPPT	30 A	
Max. Current per Input	20 A	
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A	
Start Voltage	200 V	
MPPT Operating Voltage Range <sup>2</sup>	200 V ~ 1,000 V	
Nominal Input Voltage	600 V @ 400 Vac, 720 V @ 480 Vac	
Number of MPP trackers	10	
Max. input number per MPP tracker	2	
<b>Output</b>		
Nominal AC Active Power	100,000 W	
Max. AC Apparent Power	110,000 VA	
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W	
Nominal Output Voltage	400 V / 480 V, 3W+(N)+PE	
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz	
Nominal Output Current	144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V	
Max. Output Current	160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V	
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging	
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%	
<b>Protection</b>		
Input-side Disconnection Device	Yes	
Anti-islanding Protection	Yes	
AC Overcurrent Protection	Yes	
DC Reverse-polarity Protection	Yes	
PV-array String Fault Monitoring	Yes	
DC Surge Arrester	Type II	
AC Surge Arrester	Type II	
DC Insulation Resistance Detection	Yes	
Residual Current Monitoring Unit	Yes	
Arc Fault Protection	Yes	
Smart String Level Disconnecter	Yes	
<b>Communication</b>		
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP	
RS485	Yes	
USB	Yes	
Smart Dongle-4G	4G / 3G / 2G via Smart Dongle – 4G (Optional)	
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)	
<b>General Data</b>		
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm	
Weight (with mounting plate)	93 kg	
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C	
Cooling Method	Smart Air Cooling	
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)	
Relative Humidity	0 ~ 100%	
DC Connector	Amphenol HH4	
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal	
Protection Degree	IP66	
Topology	Transformerless	
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W	
<b>Standard Compliance (more available upon request)</b>		
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683	
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11	

<sup>1</sup> The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.  
<sup>2</sup> Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/



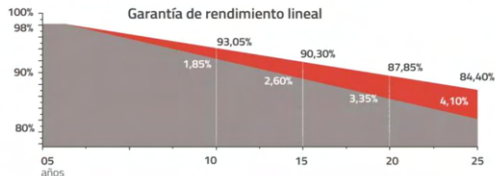
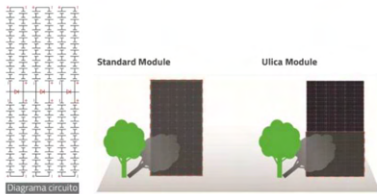
## ULICA UL-455M-144HV Módulo fotovoltaico

12 ANOS GARANTIA

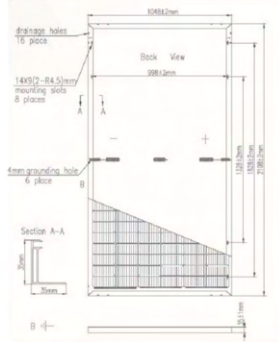


### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- **Tecnología de 144 celdas solares monocristalinas PERC.** Se utilizan celdas de la mitad del tamaño de las celdas habituales e implica una reducción de pérdidas internas.
- **12 años de garantía de producto\*\* y 25 años de garantía de producción\*\*\*,** respaldados por ser una compañía fundada en 2005 en China e incluida en lista TIER1 de Bloomberg.
- **Alta eficiencia (20,93%).** mayor producción de energía por m<sup>2</sup>, factor clave cuando la superficie de cubierta es limitada.
- **Menos sensible a las sombras** gracias a la doble matriz de celdas. Para una misma sombra se verá afectado el 50% menos que un módulo estándar.
- **Calidad** certificada por ISO9001 y por IEC61730 / IEC61215 certificados por TÜV.



### DIMENSIONES



### ESPECIFICACIONES

ELÉCTRICAS	-	MECÁNICAS	-
Potencia máxima (Pmax) <sup>1</sup>	455W	Diodos de derivación internos	3 Diodos
Voltaje máxima potencia (Vpm)	41,1V	Área del módulo	2,210 m <sup>2</sup>
Corriente máxima potencia (Ipm)	11,07A	Peso	24kg
Voltaje en circuito abierto (Voc)	49,9V	Dimensiones LxAxAI	2108x1048x35mm
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11,64A	Longitud cable +Macho/-hembra	1200/1200mm
Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0,36%/°C	Tamaño/tipo de cable	4,0 mm <sup>2</sup> / PV Cable
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0,29%/°C	Tipo de conector	Compatible MC4
Coefficiente de temperatura (Isc)	+0,05%/°C	Carga estática de viento/nieve	3800/5400 Pa
Temperatura (NOCT)	43±2°C	Temperatura de operación	-40°C a 85°C
Eficiencia	20,93%	Garantía	12** años Garantía de producto y en mano de obra 25 años garantía de potencia de salida (lineal)***
Voltaje máximo del sistema	1500V		
Protección contra sobrecorriente	20A		
Tolerancia potencia entregada (-/+)	5%/0%*		

### PRECIOS

Código	Descripción	Precio
ULICAPANELPERC455	Panel fotovoltaico ULICA UL-455M-144HV	195,00 €

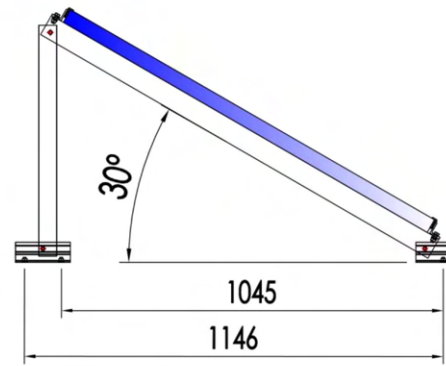
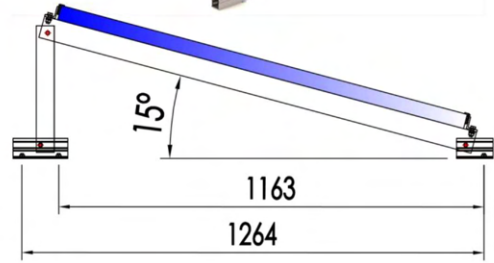


Figura 10.5: Panel solar ULICA SOLAR.





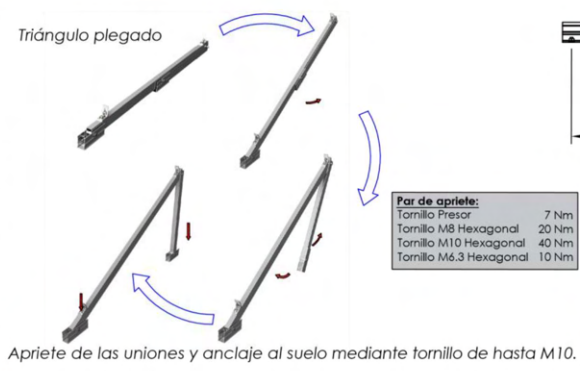
- Soporte inclinado para cubierta de hormigón o subestructura.
  - Anclaje a hormigón.
  - Soporte premontado.
  - Sin perfil guía.
  - Disposición de los módulos: Horizontal.
  - Valido para espesores de módulos de 30 hasta 50 mm.
  - Tornillería de anclaje no incluida.
  - inclinación estándar de 15° y 30°
- Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
- Materiales: Perfiliería de aluminio EN AW 6005A T6  
Tornillería de acero inoxidable A2-70
- Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.  
Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.



Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150

Carga de nieve: 40 kg/m<sup>2</sup>



Herramientas necesarias:

Seguridad:

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

100% Reciclable

Marcado CE ES19/86524

Figura 10.6: Soporte inclinado.

RI-04/21

# Velocidades de viento

Soporte inclinado abierto para cubierta plana  
1 módulo.

19H  
Sistema kit

SUNFER

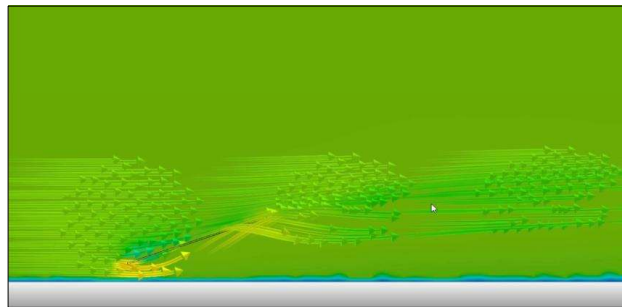


- Cargas de viento: Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- Cálculo estructural: Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento			
Tamaño del módulo	1	nº de módulos	
2000x1000	150	Velocidad de viento km/h	
2279x1150	150		

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.



Flujo viento - En estructura inclinada.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante

Marcado ES19/86524 CE

Reservado el derecho de lectuamodificaciones. Las ilustraciones de productos son un modo de empleo pueden diferir del original.

## 10.2.2. Permisos administrativos.

El proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes requiere de la aceptación de varios permisos administrativos por parte de la administración. Los permisos administrativos se reparten a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Es imprescindible cumplir con la legislación vigente y gestionar adecuadamente la solicitud de los permisos con la información necesaria para su aprobación.

La autorización administrativa (Tabla 10.9) es un permiso que otorga el Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes para la concesión de la licencia necesaria para implementar proyectos fotovoltaicos. Su tipo impositivo es del 0.33 % del presupuesto de la obra.

La autorización ambiental (Tabla 10.10) estudia el impacto ambiental de las obras de la comunidad autónoma. La solicitud del permiso tiene un coste de 5.000€.

La autorización de explotación (Tabla 10.11) es un permiso necesario para poder consumir la energía producida por la planta. Su tramitación cuesta 2.000€

La certificación de la potencia instalada por un experto independiente (Tabla 10.12) es un documento entregado al Ayuntamiento con la potencia pico instalada en la planta.

El certificado de final de obra (Tabla 10.13) es un trámite necesario para informar al Ayuntamiento de la finalización de la obra y de sus resultados.

La declaración de responsable de obra (Tabla 10.14) es un trámite requerido por el Ayuntamiento para designar un responsable de la obra con el que se contactará en caso de necesidad.

El permiso de conexión a la red eléctrica (Tabla 10.15) es una autorización requerida por el Ayuntamiento para poder conectar la planta fotovoltaica a la red eléctrica general.

El permiso de obra fotovoltaica (Tabla 10.16) es un tributo que exige el Ayuntamiento para otorgar el privilegio de implementar un proyecto fotovoltaico en el municipio. SU tipo impositivo es del 3.4 % del presupuesto de la obra.

Estos permisos son obligatorios en la implementación del proyecto fotovoltaico. En el cronograma (Subsección 10.1.2) se muestra el espacio temporal en el que cada permiso es solicitado. Todos ellos tienen plazos de aceptación del permiso distintos. Es recomendable realizar una gestión preventiva de los permisos. Existe la posibilidad de que se deniegue algún permiso. Por ello, se debe preparar la información requerida en los permisos con antelación y con exactitud.



# AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA

## MODELO DE EJEMPLO



Modelo 308

### AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA

#### TASA POR CONCESIÓN DE LICENCIAS

(1) Declarante

Nombre	IKEA Ibérica
N.I.F.	A28812618

(2) Representante

N.I.F.	03208772L	Nombre y apellidos	Javier Alonso Sánchez
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N		
Código postal	28701	Provincia	Madrid
Municipio	San Sebastián de los Reyes		


(3) Datos de la obra

Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Descripción de la obra	Instalación obra fotovoltaica de 1021 KWp

(4) Autoliquidación

Base imponible	875.567,08€	Tipo impositivo	0.33%
----------------	-------------	-----------------	-------

(5) Representante

Fecha	12/04/2023
Firma	

(6) Importe a favor del Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes

Importe a ingresar	2.889€
--------------------	--------

Cuadro 10.9: Autorización Administrativa del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# AUTORIZACIÓN AMBIENTAL

## MODELO DE EJEMPLO



**Comunidad  
de Madrid**

(1) Datos de la empresa propietaria

Nombre	IKEA Ibérica
N.I.F.	A28812618

(2) Datos de la instalación

Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Descripción de la obra	Instalación obra fotovoltaica
Potencia total instalada	1021 KWp

(3) Datos del representante

N.I.F.	03208772L	Nombre y apellidos	Javier Alonso Sánchez
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N		
Código postal	28701	Provincia	Madrid
Municipio	San Sebastián de los Reyes		

(4) Tipo de trámite

Tipo de autorización	Autorización para instalación nueva.
Procedimientos incluidos	Estudio de Impacto Ambiental

(5) Documentación requerida

Estudio de Impacto Ambiental	Solicitado junto con el permiso.
Planos del proyecto	Adjuntados a la solicitud del permiso.

(6) Firma

Fecha	03/05/2023
Firma	

(7) Importe tasa

Importe a ingresar	5.000€
--------------------	--------

Cuadro 10.10: Autorización Ambiental del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# AUTORIZACIÓN DE EXPLOTACIÓN

## MODELO DE EJEMPLO



### (1) Titular y ubicación de la instalación eléctrica

Nombre	IKEA San Sebastián de los Reyes
N.I.F.	A28812618
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Municipio	San Sebastián de los Reyes
Provincia	Madrid

### (2) Representante

N.I.F.	03208772L	Nombre y apellidos	Javier Alonso Sánchez
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N		
Código postal	28701	Provincia	Madrid
Municipio	San Sebastián de los Reyes		

### (3) Autorización de conexión a la red eléctrica

Adjuntada la autorización de conexión a la red eléctrica
--

### (4) Autorización del Representante

Fecha	19/12/2023
Firma	

### (5) Tasas a ingresar

Cantidad a ingresar	2.000€
---------------------	--------

Cuadro 10.11: Autorización de Explotación del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## CERTIFICACIÓN DE POTENCIA INSTALADA POR EXPERTO INDEPENDIENTE

### MODELO DE EJEMPLO

EXPERTO INDEPENDIENTE

Nombre y apellidos	Pablo Orozco de Eusebio
Colegio de ingenieros de:	Madrid
Colegiado número	XXXXX
Titulación	Ingeniero eléctrico

**CERTIFICO** que la presente obra ha sido revisada bajo mi supervisión y responsabilidad. He controlado la instalación de las estructuras y de los paneles solares fotovoltaicos construcción, así como del cableado e instalación de los inversores, los equipos de protección y la puesta a Tierra de la obra. He asegurado la calidad y el cumplimiento de las normas pertinentes de acuerdo con el Proyecto. La legislación vigente ha sido cumplida y los datos de interés público han sido traspasados a las autoridades pertinentes. Todas las tasas e impuestos han sido completamente desembolsados y todos los permisos requeridos han sido aprobados y autorizados.

**CERTIFICO** que la potencia total instalada es de 1021 KWp.

Fecha 01/12/2023

Firma



SELLO DEL COLEGIO DE INGENIEROS



Fecha 07/12/2023

Cuadro 10.12: Certificación de Potencia Instalada por experto del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# CERTIFICADO DE FINAL DE OBRA

## MODELO DE EJEMPLO

Datos del proyecto:

Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Tipo de obra	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo
Municipio	San Sebastián de los Reyes
Provincia	Madrid
Sponsor	IKEA Ibérica
Descripción de obra	Instalación solar fotovoltaica sobre la cubierta de IKEA en San Sebastián de los Reyes dedicada al autoconsumo de la tienda. Se han instalado un total de 1021 KWp

Director del proyecto:

Nombre y apellidos	Javier Alonso Sánchez
Titulación	Ingeniero Industrial
Colegio de ingenieros de:	Guadalajara
Número de colegiado	XXXX

**CERTIFICO** que la presente obra se ha ejecutado bajo mi supervisión y responsabilidad. He controlado la construcción, calidad y el cumplimiento de las normas pertinentes de acuerdo con el Proyecto. La legislación vigente ha sido cumplida y los datos de interés público han sido traspasados a las autoridades pertinentes. Todas las tasas e impuestos han sido completamente desembolsados y todos los permisos requeridos han sido aprobados y autorizados.

Fecha 05/12/2023

Firma



SELLO DEL COLEGIO DE INGENIEROS



Fecha 07/12/2023

Cuadro 10.13: Certificado de Fin de Obra del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## DECLARACIÓN RESPONSABLE DE OBRA

MODELO DE EJEMPLO



Modelo 1007-2

Solicitante

Nombre	IKEA Ibérica
NIF	A28812618

Representante

Nombre	Javier
Apellidos	Alonso Sánchez
NIF	03208772L

Domicilio de notificación

Dirección	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N		
Municipio	San Sebastián de los Reyes		
Provincia	Madrid	Código postal	28701

Datos de contacto

Teléfono	662421710
Correo electrónico	201906390@alu.comillas.edu

Datos de la obra

Emplazamiento	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Presupuesto	999.650,16 €

Descripción de las obras

Instalación de placas fotovoltaicas totalizando 1021 KWp para el autoconsumo
--

Necesidad de ocupación de la vía pública

No
----

Fecha 27/03/2023

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Javier AS', is written over the 'Firma' label.

Cuadro 10.14: Declaración de Responsable de Obra del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

## PERMISO DE CONEXIÓN DE LA OBRA A LA RED ELÉCTRICA

### MODELO DE EJEMPLO

(1) Titular y ubicación de la instalación eléctrica

Nombre	IKEA San Sebastián de los Reyes
N.I.F.	A28812618
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Municipio	San Sebastián de los Reyes
Provincia	Madrid

(2) Instalación eléctrica

Potencia instalada	1021 KWp
--------------------	----------

(3) Certificación de potencia instalada por experto independiente

Se deberá adjuntar la certificación de la potencia instalada por parte del experto independiente.

(4) Punto de conexión a la red eléctrica

Se conectará al punto ya adjudicado para IKEA en San Sebastián de los Reyes, el cual tiene capacidad en exceso para poder conectar la presente instalación.

(5) Planos de la instalación eléctrica

Se deberán adjuntar los planos eléctricos del proyecto.

(6) Pago de tasas a la empresa distribuidora.

Tasa por KWp conectado a la red	10,7€/KWp
Potencia por conectar	1021 KWp
Total a abonar	10.925€

(7) Conformidad por parte del titular de la instalación

Firma



Fecha 02/01/2024

Cuadro 10.15: Permiso de conexión a la Red del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# PERMISO DE OBRA FOTOVOLTAICA

## MODELO DE EJEMPLO



### Modelo 376

(1) Declarante

Nombre	IKEA Ibérica
N.I.F.	A28812618

(2) Representante

N.I.F.	03208772L	Nombre y apellidos	Javier Alonso Sánchez
Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N		
Código postal	28701	Provincia	Madrid
Municipio	San Sebastián de los Reyes		


(3) Datos de la obra

Nombre de la vía pública	Centro comercial Megapark. Pl. del Comercio S/N
Descripción de la obra	Instalación obra fotovoltaica de 1021 KWp

(4) Autoliquidación

Base imponible	875.567.08€	Tipo impositivo	3.4%
----------------	-------------	-----------------	------

(5) Autorización del Representante

Fecha	01/03/2023
Firma	

(6) Importe a favor del Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes

<b>Importe a ingresar</b>	29.769.28€
---------------------------	------------

Cuadro 10.16: Permiso de Obra fotovoltaica del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



# Capítulo 11

## Instalación.

### 11.1. Entregables de Gestión.

En la fase de Instalación encontramos como entregables de gestión: la adquisición de recursos (Subsección 11.1.1), el aseguramiento de la calidad (Subsección 11.1.2), informar del Informe del Estado del Proyecto (Subsección 11.1.3), la gestión de aprovisionamiento y recursos materiales (Subsección 11.1.4) y el control de calidad (Subsección 11.1.5).

#### 11.1.1. Adquirir recursos.

En el proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes se debe realizar un proceso iterativo como es el de adquirir recursos. En la actividad de estimar recursos (Subsección 10.1.4) se prevé la cantidad de recursos necesarios para cada tarea. Por tanto, la adquisición de recursos se debe ajustar a la cantidad prevista de ellos, aunque podría haber desviaciones de última hora por algún imprevisto como errores en los envíos de materiales, la no incorporación de alguna persona al trabajo el día convenido, etc.

Los recursos de personal son fundamentales para el buen desarrollo del proyecto. IKEA Ibérica ha decidido contratar a personal cualificado entre sus empleados profesionalizados en el negocio de los proyectos fotovoltaicos. Como se puede comprobar en la Tabla 10.3, IKEA ha decidido contar con los servicios de un Director de Proyecto, un ingeniero, un contable, un grupo de cuatro operarios y un experto en instalaciones fotovoltaicas.

Se ha decidido realizar un estudio de mercado para contactar con los proveedores que ofrecen los productos que más se ajustan a las necesidades del proyecto. Para los paneles solares se analizaron los productos de tres compañías (Ulica Solar [20], Longi [10] y Seraphim [19]). El proveedor de los inversores es Huawei [8] y el de los soportes es Sunfer [22].

El Director de proyecto ha decidido aprovechar la información que dispone sobre el momento en el que se necesitan los materiales en el proyecto para negociar un envío escalonado de los productos. Esto permitirá ahorrar en el coste de almacenar los materiales.

### 11.1.2. Aseguramiento de la calidad.

En el Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se realizan pruebas para comprobar la calidad de los suministros que se utilizan en la planta. El Director del proyecto debe asegurarse de que los materiales que se utilizan cumplen los estándares de seguridad necesarios para que la planta opere sin problemas.

Debido a que el proyecto es de tamaño mediano, no se dispone de los recursos necesarios para realizar las pruebas de calidad para todos los suministros. El Director debe analizar cuáles son los productos que someterá a pruebas. En este caso se eligen aquellos cuyos fallos pueden impactar directamente en la fase de operación del proyecto. Por tanto, se someterán a pruebas los paneles fotovoltaicos y los inversores.

El Director del proyecto decide no realizar las pruebas correspondientes de calidad a los suministros después de su recepción en la nave de IKEA debido a su alto coste. En este caso se pretende pactar con los proveedores de estos productos la realización de pruebas FAT. El objetivo de esta medida es reducir los costes de las pruebas de calidad, ya que serían muy costosas para el proyecto pero los proveedores pueden realizarlas sin incurrir en un gran sobrecoste.

Las pruebas que realizarán los proveedores se muestran en la Tabla 11.1. Ellos se encargarán de realizar un test a cada panel fotovoltaico. El panel será solamente aceptado si consigue ofrecer un nivel de potencia acordado. Si un panel falla la prueba será devuelto al proveedor e intercambiado por otro.

El Director del proyecto decide realizar pruebas de calidad en la planta para medir la potencia del proyecto en su conjunto. De esta manera obtendrá la potencia instalada que será la suma de las potencias de cada panel. Gracias a las pruebas realizadas por el proveedor, el Director conocerá el valor mínimo de la potencia del proyecto. Con esta prueba final conocerá la potencia real instalada.

Los requisitos de los interesados solamente tratan de la potencia instalada en la planta en su conjunto, no hablan sobre cada panel individual. Por ello, el Director ha decidido implementar actividades de la metodología Ágil como es realizar mediciones de potencias de conjuntos de elementos. En este caso se realizan mediciones de potencia por string y también a la totalidad de la planta. De esta forma se consigue certificar la potencia total que es la requerida por los interesados incurriendo en un coste de pruebas bajo.

En cambio, al no realizar pruebas individuales, el Director evita añadir actividades que requieren no sólo de un coste elevado pero también de un tiempo que ralentizaría la fase de instalación.

## II. Protocolo de Pruebas de Aceptación

Las siguientes pruebas serán exigidas al proveedor para la aceptación de los productos. Se corresponden con pruebas FAT (Factory Acceptance Tests), las cuales son certificadas por el proveedor para facilitar el recibimiento y aceptación de productos.

### 1.- Medida de potencia por placa y string

#### Datos:

11 String de 204 placas de 455 Wp                      Potencia por string: 92.820 Wp

#### Prueba:

Mediante la herramienta del sistema de monitorización se medirá la energía generada durante un período de cinco días tras haber finalizado la instalación. El sistema de monitorización permite obtener información detallada de cada placa y string.

#### Requisito de aceptación:

Se considerará como no aceptada una placa que ofrezca el 90% o menos de la media de la energía entregada por la totalidad de las placas.

#### Consecuencia de productos no aceptados:

Las placas no aceptadas serán devueltas al proveedor y cambiadas por otras nuevas.

### 2.- Medida de potencia del proyecto

#### Datos:

2.244 placas de 455 Wp                                      Potencia total: 1.021.020 Wp

#### Prueba:

Mediante la herramienta del sistema de monitorización se medirá la energía generada durante un período de cinco días tras haber finalizado la instalación. El sistema de monitorización permite obtener información detallada de la producción de energía del proyecto.

#### Requisito de aceptación:

Se considerará como aceptado el proyecto si durante la prueba de cinco días se alcanza un nivel de producción eléctrica de al menos el 90% del valor de energía producida esperado. El cual será calculado mediante el número de horas de sol equivalentes durante esos cinco días multiplicado por la potencia pico del proyecto.

Cuadro 11.1: Protocolo de Pruebas de Aceptación del Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### 11.1.3. Informe del Estado del Proyecto.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes, los interesados pueden haber planteado algunas modificaciones durante todo el ciclo de vida. Las modificaciones planteadas pueden resultar en un aumento del riesgo del proyecto. Por ello, el Director debe negociar la adaptación de las limitaciones del proyecto (alcance, tiempo y coste) para incorporar estas modificaciones.

Es esperable que un proyecto de la envergadura del de IKEA no presente grandes modificaciones por parte de los interesados. En este tipo de proyectos el alcance está bien definido y su incertidumbre es pequeña. El Director del proyecto debe saber adaptar las nuevas demandas de los interesados. Lo debe hacer durante las reuniones periódicas con los interesados para comprender correctamente cuáles son sus nuevas expectativas y para documentarse de forma oficial y así registrar las solicitudes de cambios.

Debido a que el proyecto actual es de tamaño mediano y las modificaciones que los interesados pueden solicitar no tienen un gran impacto en la gestión del proyecto, se puede decir que el proyecto es rígido. Por lo tanto, el Director puede gestionar cada parte de la fase de instalación mediante la metodología en cascada. Únicamente deberá adaptar su gestión con las modificaciones que soliciten los interesados. De esta forma en la fase de instalación se gestionará con ambas metodologías (ágil y en cascada).

El procedimiento que se debe seguir para que los interesados del proyecto soliciten cambios es el siguiente. En primer lugar, el interesado debe analizar por qué pretende actualizar sus requisitos sobre la planta. Se recomienda que en este proceso cada interesado analice las posibles consecuencias en las limitaciones del proyecto de esta modificación. Si persiste la voluntad de mantener el cambio se deberá informar al Director del proyecto en la siguiente reunión con los interesados. De esta forma, tanto el Director como los interesados escuchan la propuesta. Esto permite tener un debate sobre ella y concluir sobre la adecuación de incluir la propuesta de cambio o rechazarla. En último lugar, el Director del proyecto deberá notificar a los interesados si la propuesta de cambio exige una modificación de las limitaciones del proyecto. Entonces, se deberán negociar el nuevo alcance, tiempo y coste del proyecto si procede.

Es importante que se lleve un registro actualizado de todas las modificaciones que se han solicitado por parte de los interesados y de las que finalmente han sido aprobadas. Es menos frecuente que los interesados pretendan cambiar algunos procedimientos previamente pactados. De todas formas, esa solicitud de cambio sería también tratada como cualquier otra modificación y llevada al consenso entre todos los interesados clave. De esta manera es más sencillo para los interesados comprender el curso del proyecto.

#### 11.1.4. Gestión de aprovisionamiento y recursos materiales.

La gestión del aprovisionamiento y recursos materiales en el Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes es la actividad encargada de planificar el personal y la recepción de recursos y suministros. El Director del proyecto debe adaptar esta gestión durante el ciclo de vida del proyecto para superar cualquier inconveniente.

El Director se encarga en este proyecto en particular de la gestión del personal de forma directa. Esto se debe a que el proyecto es de tamaño mediano y requiere de un número limitado de empleados. En este caso se ha optado por adquirir personal perteneciente a la empresa IKEA Ibérica. El Director ya ha trabajado anteriormente con estos profesionales y conoce que son empleados expertos en las tareas que van a desempeñar. Es importante que el conjunto de los empleados se traten con respeto y trabajen de forma transparente para no perjudicar el trabajo de otro compañero. El responsable de crear el buen ambiente de trabajo es el Director.

Para la gestión de los recursos materiales y suministros, el Director debe conocer en todo momento cuál es la situación del proyecto. De esta forma, puede gestionar los recursos materiales de forma más eficiente. El Director debe estudiar las actividades que se desarrollarán en el proyecto y su orden para así saber cuándo deben de estar los suministros preparados. Una falta de coordinación en este aspecto resultaría en el retraso de las actividades. Sin embargo, si prepara los suministros con demasiada antelación puede aumentar el coste de almacenamiento y gestión de los materiales.

En este proyecto, el Director busca minimizar la incertidumbre con respecto a los suministros, su llegada al puesto de trabajo, coste y disponibilidad. Para ello, se realizan acuerdos con los proveedores sobre estos asuntos. Es posible que una mayor exigencia con los proveedores implique un mayor coste pero en este caso se ha priorizado minimizar el riesgo.

La gestión de los materiales almacenados en la nave de IKEA debe realizarse junto con la propia empresa porque se utilizará la infraestructura de ésta para guardar el material que aún no ha sido utilizado. El Director estudia la aplicación de las lecciones aprendidas de otros proyectos de la empresa para evitar cometer los mismos errores realizados en proyectos similares. Este es un recurso que debe emplear para toda la actividad de gestión de aprovisionamiento y recursos materiales para aprovechar el potencial de las recomendaciones de proyectos similares.

Para ayudarse en la gestión del personal y de los recursos materiales, el Director ha utilizado la herramienta de Microsoft Project que es adecuada para proyectos de tamaño mediano. Esta herramienta permite conocer los recursos empleados en cada actividad. Además, ofrece un análisis de cada empleado según su disponibilidad y sus tareas en el proyecto. También permite ordenar las tareas en el tiempo y estudia el desempeño en la duración y coste de cada tarea.

### 11.1.5. Control de calidad.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes, se realiza un control de calidad en cada tarea desarrollada para darla por concluida. Además, se realiza al finalizar la instalación de la planta un control de calidad genérico que es adjuntado en el Acta de Entrega al Cliente (Tabla 10.8) para que el Director pueda traspasar la responsabilidad del proyecto al Cliente.

Al finalizar cada tarea, el personal encargado de desarrollarla debe documentar de los fallos. De esta manera es más sencillo identificar los errores del sistema y por tanto elaborar un plan para solucionarlos. Las actividades solamente se consideran finalizadas si no presentan ningún fallo. Mediante la realización de pequeñas tareas se asegura la consecución de una calidad global del proyecto si cada pequeña tarea es desarrollada correctamente según el protocolo establecido.

Esta forma de controlar individualmente la calidad de cada tarea es un procedimiento de la metodología Ágil. Es una actividad que se repite a lo largo del ciclo de vida del proyecto fotovoltaico. Además, consiste en una actividad que requiere poco esfuerzo por parte de los profesionales. En el caso en el que una actividad no supere el control de calidad deberá volver a ser analizada por el personal experto. Así se modificarán los errores y se conseguirá superar el control de calidad de la tarea.

El Acta de Entrega al Cliente debe contener un documento con el control de calidad realizado a la planta en su conjunto. De esta forma, el Director del proyecto es capaz de traspasar tanto la operación de la planta como la responsabilidad de ella. El control de calidad global se debe ejecutar con los sistemas de monitorización instalados. Con ellos se puede medir la energía generada por la planta durante la actividad de prueba del funcionamiento de la planta. Esta aplicación permite contrastar los datos obtenidos con los requisitos de los interesados. Es una buena práctica demostrar la consecución del alcance del proyecto con controles de calidad de este tipo.

El control de calidad es una herramienta de gestión que permite en la fase de instalación comenzar actividades dependientes de otras anteriores. En el momento en el que una actividad haya superado su control de calidad correspondiente indica que se ha ejecutado correctamente y que no presenta ningún fallo que altere el buen funcionamiento de la planta fotovoltaica. En proyectos de tamaño mediano como el de IKEA en San Sebastián de los Reyes realizar controles de calidad individualizados ayuda con la gestión del proyecto. Realizar grandes pruebas de calidad en pocos puntos temporales aumenta el riesgo de que aparezcan fallos en fases iniciales de la instalación. Como se muestra en la Figura 3.1, es más caro y requiere de más recursos solventar un error cuanto más tiempo haya transcurrido desde la actividad con el fallo. También nos indica que el riesgo de que exista un error es mayor cuanto más tiempo pase sin controlar la calidad de la planta.

## 11.2. Entregables de Producto.

En la fase de Instalación encontramos como entregables de producto a la ingeniería en detalle (Subsección 11.2.1) y la ejecución de la instalación (Subsección 11.2.2).

### 11.2.1. Ingeniería en detalle.

El estudio de ingeniería en detalle del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes tiene como objetivo refinar y completar los cálculos, diseños y planos con el mayor detalle posible. El estudio debe abarcar cada componente de la instalación para poder aprobar la planificación.

En el caso de este proyecto, muchos componentes no requieren un estudio en profundidad de los detalles. Este es el caso de los componentes electrónicos del proyecto como los inversores [8] y los paneles solares [20]. Estos productos ya muestran toda la información necesaria en ejlos catálogos en los que aparecen. Por ello, no tiene sentido estudiar su estructura o composición.

Sin embargo, otros aspectos como el acondicionamiento del terreno si requieren de un estudio para conocer los detalles y cálculos para anclar los soportes [22]. Otras actividades como diseñar el tendido eléctrico requieren el estudio en detalle por parte de profesionales del sector eléctrico.

En este proyecto se requerirá que el personal encargado de ejecutar la instalación documente su trabajo en los planos as built (Subsección 12.2.1). Estos planos contienen la información de la disposición final de la planta. Esto se debe a que el estudio de ingeniería en detalle no ha sido lo suficientemente preciso como para detallar cada aspecto de la instalación. También puede darse el caso de que un estudio en detalle no fuera necesario para una actividad concreta

La empresa busca con esta actividad complementar y ajustar los cálculos realizados en el estudio de ingeniería básica (Subsección 10.2.1). En este documento solamente aparecían los datos necesarios para aprobar el diseño de la planta. En esta fase se busca aceptar la planificación para ejecutar la instalación. Por ello, el grado de precisión necesaria en los cálculos es mayor.

Los profesionales que se encargan de ejecutar la instalación de la planta pueden exigir un estudio de ingeniería específico para la actividad que van a realizar. Esto se debe a que el estudio les ofrece la información que necesitan para ejecutar la actividad. El estudio especifica los recursos y las técnicas que se requieren para desarrollar la actividad satisfactoriamente.

### 11.2.2. Ejecución de la instalación.

En el Proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se debe ejecutar la instalación de la planta como paso previo a entregar el proyecto al Cliente. Para ello, se ha dividido el trabajo en distintas tareas que son ejecutadas por distintos profesionales expertos en cada una de las actividades a realizar.

Las herramientas necesarias por los expertos son el estudio de ingeniería básico (Subsección 10.2.1) y el estudio de ingeniería en detalle (Subsección 11.2.1). Con esta información, el personal es capaz de avanzar en el avance físico de la planta mediante el desarrollo de las tareas con los recursos necesarios.

Es recomendable que los profesionales registren el trabajo que realicen en los planos as built (Subsección 12.2.1). En esos planos se actualizará la información de la disposición física de la planta. Esto se debe a que pequeños detalles del terreno u otras circunstancias no son tenidos en cuenta en los estudios de ingeniería. Esto provoca que los profesionales se vean obligados a modificar levemente la colocación de los paneles. Estas modificaciones son recogidas en los planos as built.

El Director del proyecto debe observar activamente proyectos similares. De esta forma se pueden imitar técnicas más eficientes para la ejecución de la instalación de la planta. Mediante el estudio de lecciones aprendidas de proyectos similares, el Director puede actualizar la estrategia seguida en ciertas actividades de la fase de la instalación.

En el caso particular de este proyecto la ejecución de la instalación comienza con una pequeña actividad de replanteo de la instalación. A continuación, se monta la estructura con los soportes que albergarán a los paneles solares (Figura 10.6). Más tarde se anclan los paneles fotovoltaicos a los soportes (Figura 10.5). Se hace una revisión de la estructura montada hasta el momento para detectar cualquier fallo cometido. Por último, se conectan los módulos entre sí para formar strings o hileras de paneles solares.

Para conectar eléctricamente los elementos se comienza montando la bandeja de cubierta que albergará los cableados. En primer lugar, se tiende el cableado de corriente continua. Con el cableado distribuido se prepara el montaje de la canalización interior. Más adelante, se montan las cajas y equipos de protección. Por último, se tiende el cableado de corriente alterna. Para cumplir con los estándares de seguridad se conecta toda la instalación a tierra y se instala el programa de gestión de consumo.

Como paso previo a la Entrega al Cliente de la planta, se realizan los controles de calidad oportunos para comprobar la eficiencia de los paneles solares (Subsección 11.1.5). En el caso en el que se alcance la calidad requerida se procederá con la Entrega al Cliente, cuya aprobación marca un hito en el proyecto fotovoltaico.



# Capítulo 12

## Cierre.

### 12.1. Entregables de Gestión.

En la fase de cierre encontramos como entregable de gestión al Informe Final (Subsección 12.1.1).

#### 12.1.1. Informe final.

El Informe final del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes será el último documento traspasado por el Director al Cliente. Su aprobación por parte del último se constituye como un hito del proyecto. En el documento se hace un balance del alcance, duración y coste del proyecto.

El Informe final debe tener unos contenidos mínimos que son ilustrados en la Tabla 5.1. Se debe hacer una comparación entre los principales requisitos del coste, duración y alcance del proyecto con lo realmente obtenido durante la ejecución de la planta. Además, se debe recopilar los comentarios del cliente sobre la consecución de los principales requisitos. De esta manera el Director puede analizar con más detalle las posibles discrepancias con el Cliente.

Las posibles discrepancias entre el Director y el Cliente sobre la satisfacción de los requisitos debe ser incluida en la lista de puntos pendientes (Subsección 12.2.2). De esta manera, el Cliente puede analizar si aprobar el Informe Final y dar la obra por concluida, exigir la satisfacción de los requisitos o contratar a un tercero para terminar los aspectos pendientes del proyecto.

El Informe Final puede también incluir la recopilación de los protocolos recomendados al Cliente para utilizar durante las fases de Operación y mantenimiento y Desmantelamiento. De esta manera, el Cliente tendrá un solo documento con toda la información que necesita para operar y desmantelar la planta.

## 12.2. Entregables de Producto.

En la fase de cierre encontramos como entregables de producto a los planos as built (Subsección 12.2.1) y la lista de puntos pendientes (Subsección 12.2.2).

### 12.2.1. Planos As Built.

La documentación de los planos as built es importante en proyectos de mediana envergadura como es la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes. Representan la disposición física de los elementos que conforman la planta. Los planos as built incluyen también las posibles modificaciones del personal encargado de ejecutar la instalación. Por ello, pueden contener información adicional al estudio de ingeniería en detalle (Subsección 11.2.1).

Debido a que existe la posibilidad de que en el momento de la ejecución de la instalación existan discrepancias entre el Cliente y el Director, puede darse el caso de que se decida modificar levemente la disposición final de la planta. En este caso, el rol del Director del proyecto es el de mediar con el Cliente para llegar a un consenso que evite la desviación de los requisitos de los interesados y de las limitaciones del proyecto (alcance, tiempo y coste).

En situaciones como la mencionada, los planos as built representan el último estudio de ingeniería efectuado. De esta forma no se necesita recalcularse la disposición de la planta, que requiere de tiempo del personal y de un coste adicional en el proyecto. Debido a que estos cambios en la implementación son modificados por el Cliente, éste puede no exigir un nuevo estudio de ingeniería, conformándose con los planos realizados por los profesionales de la instalación de la planta en su ejecución.

En cualquier otro caso, siempre existen ligeras modificaciones por las limitaciones físicas o del terreno que no se tuvieron en cuenta en los anteriores estudios de ingeniería. Por tanto, los planos as built sirven para mostrar la disposición exacta de la planta en el terreno. Estos documentos pueden ser requeridos en la obtención de algunos permisos administrativos.

En el caso del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes, los planos as built serían los planos y anotaciones que realiza el personal encargado de ejecutar la instalación de la planta fotovoltaica. Estos planos son modificados según avanza la instalación real, ya que representan la disposición física de la planta con la instalación finalizada. Al contrario de los estudios de ingeniería que representan la disposición que se pretende instalar.

### 12.2.2. Lista de puntos pendientes.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se debe hacer un análisis de las tareas pendientes antes de aprobar el Informe Final (Subsección 12.1.1). Para ello, el Director y el Cliente deben analizar el alcance del proyecto. Una vez hayan contrastado el alcance pactado con el alcance realmente obtenido, deberán consensuar las tareas que no estén finalizadas.

En la lista de puntos pendientes debe aparecer toda actividad que no se haya desarrollado por falta de recursos o de tiempo. Es posible que el Cliente haya modificado el alcance del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Las tareas que el Cliente pretenda implementar en un futuro pero no haya pactado con el Director deben ser incluidas en este documento.

En este documento se recomienda que aparezca toda actividad que no se haya completado en el momento de la aprobación del informe final. Adicionalmente, deberá desarrollarse cada actividad con información conocida sobre ella: recursos a emplear, proveedores, profesionales necesarios, etc. Se recomienda la clasificación de las actividades por nivel de importancia en la operación de la planta fotovoltaica.

El proyecto fotovoltaico de IKEA puede verse afectado por inconvenientes que fueren a dejar tareas inacabadas. Después de la ejecución de la instalación de la planta y durante la fase de cierre se deberán reunir el Director y el Cliente para negociar los puntos pendientes de la instalación. Se debe redactar en ese momento la lista de puntos pendientes con todas las actividades pendientes. El documento resultante será incluido en el Informe Final, que deberá ser aprobado por el Cliente para concluir con el traspaso del proyecto.



# Capítulo 13

## Operación y mantenimiento.

### 13.1. Entregables de Gestión.

#### 13.1.1. Gestión de incidencias.

La fase de operación y mantenimiento es responsabilidad del cliente. El cliente debe tener contratado un servicio de mantenimiento que le permita tener la seguridad de que los problemas que puedan surgir en la planta sean bien gestionados. Es común que el mantenimiento lo lleve la empresa que se encargó de la instalación, si bien se puede encargar otra empresa externa al proyecto.

En el momento de la contratación de un servicio de mantenimiento, es recomendable establecer un protocolo de comunicación de los errores de operación a la empresa encargada del mantenimiento. Este protocolo tiene como finalidad minimizar el tiempo de respuesta frente al error sobrevenido para reducir el tiempo que la planta no está operando y así minimizar el coste para el cliente.

Se recomienda que el protocolo de comunicación de los errores de la operación incluya un registro de incidencias. De esta manera el cliente puede en primer lugar observar cuál es el procedimiento de actuación frente a errores similares pasados y así ahorrar tiempo hasta comunicarse con la empresa de mantenimiento. También, los profesionales de mantenimiento podrán observar los errores pasados en la planta para comprender mejor el contexto del error actual.

El protocolo de gestión de incidencias debe contener una primera parte que desarrolle las actuaciones periódicas que se deben ejecutar para minimizar la posibilidad de que ocurran errores en la planta, es llamado mantenimiento preventivo (Subsección 13.2.1). La segunda parte será un protocolo de actuación frente a errores que lleguen a ocurrir, su misión será minimizar el impacto en la planta de esos errores (Subsección 13.2.2).

## 13.2. Entregables de Producto.

En la fase de Operación y mantenimiento encontramos como entregables de producto al Mantenimiento Preventivo (Subsección 13.2.1) y al Mantenimiento Correctivo (Subsección 13.2.2).

### 13.2.1. Mantenimiento preventivo.

El proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes, como cualquier proyecto fotovoltaico, se enfrenta a una serie de posibles problemas de funcionamiento durante la fase de Operación y mantenimiento. Con el objetivo de prevenir que los problemas se conviertan en importantes amenazas a la planta fotovoltaica se desarrolla un protocolo de mantenimiento preventivo (Tabla 13.1). El Director, en el momento de traspasar el proyecto al Cliente, debe ofrecer este protocolo para prevenir el mal funcionamiento de la planta y para prevenir que pequeños problemas adquieran importancia en la fase de Operación y mantenimiento.

El protocolo mostrado en la Tabla 13.1 muestra las actividades recomendadas para minimizar el riesgo de fallos en la planta con un coste de mantenimiento limitado.

### 13.2.2. Mantenimiento correctivo.

La planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes se expone a ciertos problemas de funcionamiento a lo largo de su operación. Es normal que ocurran algunos problemas durante sus más de 20 años de vida útil. Los problemas más comunes son: las soldaduras defectuosas, los puntos calientes, la destrucción del tedlar, el amarilleamiento del EVA, el deslaminado de las células solares y problemas con los diodos del bypass [5].

El protocolo de mantenimiento correctivo (Tabla 13.2) muestra los pasos que se debe seguir para la identificación y solución de cualquier problema. El protocolo se centra en priorizar la seguridad del personal encargado de solucionar el problema. El mantenimiento correctivo busca minimizar el impacto que los problemas puedan ocasionar en la operación de la planta. Sin embargo, no busca reducir la probabilidad de que estos problemas ocurran, ya que esa es la misión del mantenimiento preventivo (Subsección 13.2.1)

En el posible caso en el que un problema no común ocurra en la planta, se recomienda contactar con la empresa encargada del mantenimiento de forma inmediata. Deben ser los profesionales los que se encarguen de identificar el problema, buscar su solución y ejecutarla. Ante cualquier problema fuera del área de conocimiento de los profesionales del mantenimiento, se recomienda siempre desconectar la planta de la red en un primer momento. Más adelante se debe analizar el problema. De esta manera se minimiza el riesgo de que el problema tenga consecuencias mayores para la planta.

# PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las siguientes acciones son recomendadas al cliente para un mantenimiento preventivo de la planta fotovoltaica. De esta forma, mediante un coste muy limitado pero regular durante los años de vida útil del proyecto, se conseguirá minimizar el riesgo de fallos en el sistema y de arreglos mayores. Hay que tener en cuenta que el mantenimiento preventivo no elimina el riesgo de que ocurra un percance durante la vida útil del proyecto, pero si lo reduce.

## 1. Limpieza de los paneles solares.

Cada seis meses se recomienda eliminar la suciedad, polvo y contaminantes que se acumulan normalmente con el transcurso del tiempo. Es recomendado contar con una empresa especialista la cual no usará elementos corrosivos ni utensilios de alta dureza para no dañar los paneles. Simplemente la retirada de la suciedad con una sopladora y la aclaración con agua nunca a alta presión es suficiente. Esta medida mantendrá alto en nivel de eficiencia de los paneles solares.

## 2. Medición de voltaje y corriente.

Mediante la medición del voltaje y corriente del sistema se pueden detectar problemas de rendimiento de la planta. Estos valores se pueden obtener fácilmente mediante la aplicación móvil ofrecida al cliente durante la configuración de la planta fotovoltaica. Si algún valor anormal es detectado se deben comprobar las conexiones y componentes del sistema. Si el problema no se resuelve se debe llamar a un experto.

## 3. Mantenimiento de inversores.

Los inversores constituyen un componente esencial del sistema. Por ello, se debe revisar cada seis meses los niveles de fluidos y presiones en los circuitos de refrigeración. Se recomienda acudir a una empresa especializada.

## 4. Comprobación de conexiones.

Cada seis meses se deben revisar todas las conexiones para comprobar que se encuentran libres de corrosión. Además, se debe comprobar que se encuentren bien conectados entre ellos. Se recomienda que se realice antes de limpiar los paneles.

## 5. Registro de mantenimiento.

Es conveniente que se registre correctamente cada actuación de mantenimiento para evitar un sobrecoste al llevar una tarea a cabo con más frecuencia de la que es necesaria. Aunque también es conveniente llevarlo para no alargar el periodo de tiempo entre acciones de mantenimiento y así asegurar un buen funcionamiento de la planta fotovoltaica.

Cuadro 13.1: Protocolo de mantenimiento preventivo de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

# PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las siguientes acciones son recomendadas al cliente para un mantenimiento correctivo de la planta fotovoltaica. De esta forma, es posible minimizar el riesgo de que los problemas de operación de la planta fotovoltaica representen un problema de gran importancia al proyecto.

## 1. Identificación del problema.

Se recomienda realizar un análisis completo del sistema fotovoltaico para identificar cualquier problema en la planta. Se debe recopilar toda la información disponible para una actuación más concreta y rápida por parte de los profesionales que se encargarán de solucionar el problema.

## 2. Evaluación de seguridad y aislamiento del sistema.

Los profesionales que intentan solucionar el problema deben asegurarse de desconectar la planta de la red eléctrica para evitar daños físicos. Deben utilizar en todo momento equipos de protección personal adecuados. Deben seguir los procedimientos adecuados para maximizar su seguridad.

## 3. Diagnóstico y reparación.

Se deben utilizar las herramientas apropiadas para identificar la causa exacta del problema. Se debe retirar todo el material defectuoso y se debe reemplazar por material nuevo. Se recomienda realizar un segundo análisis del sistema para comprobar que no existen más fallos en el sistema.

## 4. Pruebas, verificación y documentación.

Se deben realizar las pruebas de seguridad correspondientes tras la reparación del sistema. Más adelante, se debe verificar el buen funcionamiento de la planta fotovoltaica. Es recomendable registrar todas las acciones de reparación para un mejor diagnóstico de futuros problemas en la planta. Así, se podrán utilizar las mismas soluciones si el problema surge de nuevo.

## 5. Puesta en marcha.

Los profesionales deben volver a conectar la planta fotovoltaica a la red eléctrica únicamente cuando estén seguros de que las pruebas y reparaciones se hayan completado con éxito. Se debe comprobar que el sistema funcione correctamente tras su conexión a la red eléctrica.

Cuadro 13.2: Protocolo de mantenimiento correctivo de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



# Capítulo 14

## Desmantelamiento.

### 14.1. Entregables de Gestión.

En la fase de desmantelamiento encontramos como entregables de gestión a la gestión de residuos (Subsección 14.1.1) y los documentos finales (Subsección 14.1.2).

#### 14.1.1. Gestión de residuos.

El proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes generará a lo largo de sus más de 20 años de vida útil una serie de residuos que deben ser gestionados. El Protocolo de Gestión de Residuos se encarga de guiar al Cliente en esta actividad (Tabla 14.1).

En esta planta en particular los principales residuos que a lo largo de la vida útil se generarán son: los paneles solares dañados, elementos metálicos como los soportes, elementos electrónicos como los inversores dañados, productos químicos de limpieza, materiales para el embalaje de productos y materiales, etc. El protocolo busca gestionar cada uno de estos residuos procurando dar una segunda vida a aquellos que lo permitan y recuperando los materiales valiosos que sea posible.

Se recomienda al Cliente planificar con suficiente antelación la gestión de residuos debido a que es posible que a lo largo de la vida útil de la planta deba gestionar los residuos que ciertos materiales y productos defectuosos generarán. Sin embargo, el grueso de la gestión de residuos se produce en la fase de desmantelamiento de la planta y durante la fase de mantenimiento se producen los residuos químicos de limpieza.

Se recomienda al Cliente que impulse activamente el reciclaje y reutilización de los residuos que lo permitan. De esta manera no sólo se aprovecharán ciertos materiales valiosos para otras actividades o proyectos sino que se ayudará a contaminar menos el entorno que le rodea. Por ejemplo se pueden obtener materiales valiosos de los paneles solares y los inversores utilizados en la planta.

# PROTOCOLO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Las siguientes acciones son recomendadas al cliente para la gestión de residuos de la planta fotovoltaica. Este protocolo es adecuado para los residuos genéricos de un proyecto fotovoltaico. Si el Cliente tiene alguna duda sobre el manejo de cualquier residuo debe contactar con una empresa especializada en la actividad.

## 1. Identificación y clasificación de residuos.

Se debe realizar un inventario completo de todos los residuos que ocasione la planta durante las fases de instalación, operación y mantenimiento y desmantelamiento. Los residuos más generales son los paneles fotovoltaicos dañados, materiales de limpieza, embalaje de productos, etc. A continuación, se recomienda clasificar los residuos según su naturaleza y peligrosidad, por ejemplo: materiales de limpieza, elementos metálicos como las estructuras, residuos electrónicos, etc.

## 2. Almacenamiento temporal y manejo de residuos.

En el almacenamiento de residuos se debe tener especial cuidado en no mezclar residuos de distinta clasificación que sean incompatibles. Además, se designará un área para su almacenamiento que evite el derrame de líquidos o la contaminación del ambiente. En el caso de tener que manejar residuos químicos considerados peligrosos se debe seguir el protocolo establecido por la administración para ello. Se recomienda utilizar los servicios de una empresa externa profesionalizada en esta tarea.

## 3. Reciclaje y reutilización de residuos.

Se recomienda al cliente promover el reciclaje de los residuos siempre que sea posible. Por ejemplo, es posible recuperar algunos materiales valiosos de los paneles fotovoltaicos dañados. Además, se recomienda reutilizar los productos y materiales que puedan servir en otras actividades o proyectos como los elementos electrónicos o materiales de embalaje.

## 4. Documentación y eliminación de residuos.

Se recomienda al cliente documentar todo residuo que genere la planta fotovoltaica al igual que las actividades realizadas para su gestión. De esta manera se fomenta la transparencia en la gestión del proyecto y ayuda a la rendición de cuentas a la administración en la gestión de residuos.

Cuadro 14.1: Protocolo de gestión de residuos de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### 14.1.2. Documentos finales.

En el proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes se utilizan los documentos finales para reunir la información que la empresa considera oportuna evaluar. En este caso se realizarán tres estudios predeterminados: económico, ambiental y de independencia energética, al que se le podrán añadir otros si se considera cuando llegue el momento.

Para realizar un estudio económico del ciclo de vida de la planta fotovoltaica será conveniente analizar el Caso de Negocio que se realizó en la fase de estudio de viabilidad económica (Subsección 9.1.1). Con esta información se podrá comparar la producción energética con la prevista. Además, si se compara el precio medio de la energía con el previsto se puede realizar una comparación entre el ahorro obtenido y el esperado. Por último, se podrá comparar el valor neto generado por el proyecto gracias a los datos de ahorro de cada año de la vida útil.

El estudio económico refleja un importante índice que puede indicar a la empresa IKEA si es conveniente que continúe invirtiendo en proyectos de este tipo o por el contrario emprenda diferentes proyectos. También ayuda a la empresa a ajustar sus expectativas en los referente a proyectos fotovoltaicos similares debido al conocimiento de las previsiones y los resultados de los datos reales.

En el estudio ambiental se analiza el impacto que la planta ha tenido sobre el medio ambiente. Mediante la cantidad de energía producida por la planta en su vida útil y la cantidad de emisiones de dióxido de carbono medias generadas por la electricidad disponible en el mercado se puede analizar el impacto de la planta. Este estudio puede ser utilizado para impulsar la imagen corporativa de IKEA. Sus esfuerzos por consumir energía sin emisiones pueden ser demostrados con el estudio ambiental de la planta fotovoltaica en San Sebastián de los Reyes.

IKEA busca aumentar su independencia energética del mercado. Mediante la generación y autoconsumo de energía la empresa es capaz de reducir su exposición a los precios energéticos. De esta manera, la previsibilidad económica de la corporación aumenta. Como consecuencia, la empresa busca atraer a inversores de un perfil de riesgo más bajo que le permita financiarse con tipos de interés más bajos.

Cuando llegue el momento de cerrar el ciclo de vida del proyecto, se analizarán los documentos que se crean apropiados. Durante toda la vida útil de la planta se extrae mucha información que puede ser analizada para ayudar a otros proyectos similares de la empresa. En este momento se debe revisar el documento de lecciones aprendidas para realizar una última actualización.

## 14.2. Entregables de Producto.

En la fase de desmantelamiento encontramos como entregable de producto a la ejecución del desmantelamiento (Tabla 14.2),

### 14.2.1. Ejecución del desmantelamiento.

Una vez la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes llegue al final de su vida útil se procederá a ejecutar el desmantelamiento del proyecto. Debido a que la vida útil de la planta es de más de 20 años, este es un proceso que debe ser preparado con suficiente antelación.

En el momento de la entrega del proyecto al cliente, el Director debe entregar el protocolo de desmantelamiento (Tabla 14.2). Esto se debe a que previo a la fase de desmantelamiento el Director del proyecto salió del mismo por lo que esta fase es responsabilidad del Cliente. El protocolo debe contener los pasos necesarios para ejecutar el desmantelamiento de la planta. Se debe centrar en la seguridad de los profesionales que ejecuten el desmantelamiento. Para ello, debe hacerse un análisis de los riesgos de la ejecución para implementar acciones preventivas.

Es recomendable analizar el uso del terreno una vez se haya desmantelado la planta. De esta manera es posible aprovechar el desmantelamiento para adecuar el terreno para el posterior uso que la empresa propietaria quiera dar al terreno.

Durante la ejecución del desmantelamiento se debe tener especial cuidado en la gestión de los residuos resultantes. Para ello se tendrá en cuenta protocolo establecido por la empresa (Subsección 14.1.1). Los residuos pueden ser un problema importante en el desmantelamiento si no se ha gestionado la forma de deshacerse de ellos. Por ello, se recomienda revisar y actualizar el apartado de gestión de residuos previo a ejecutar el desmantelamiento.

El momento de ejecutar el desmantelamiento se realiza de forma común tras el fin de la vida útil de la planta fotovoltaica. Es entonces cuando mantener el proyecto carece de incentivos económicos por el muy bajo rendimiento energético de la planta. Sin embargo, es posible ejecutar el desmantelamiento previo al fin de la vida útil de la planta. Si el Cliente considera que puede dar un uso más conveniente al terreno, puede ejecutar el desmantelamiento en el momento que desee. Para evitar este caso y así aprovechar la vida útil completa de la planta se recomienda analizar los usos que se puede dar al terreno y la conveniencia de implementar el proyecto fotovoltaico.

Durante todo el proceso de desmantelamiento se debe observar las normas cambiantes sobre este tipo de actividades. Es posible que algunas regulaciones cambien desde que se redacta el protocolo de desmantelamiento hasta que se ejecuta.

# PROTOCOLO DE DESMANTELAMIENTO

El protocolo de desmantelamiento tiene su razón de ser en la planificación del lejano pero seguro término de la vida útil del proyecto fotovoltaico. Es recomendado planificar el fin de la vida útil de la planta con suficiente tiempo y de forma preventiva para reaccionar lo mínimo posible ante eventos inesperados. Sin embargo, la legislación es susceptible de cambiar, al igual que la tecnología a emplear, durante la vida útil del proyecto. A continuación, se detallarán los principios para tener en cuenta en la planificación del desmantelamiento.

## 1. Planificación detallada.

El fin de la vida útil no es sólo un hito más del proyecto, es además un momento de posibles grandes riesgos. Por ello, es recomendado planificar el desmantelamiento de la planta fotovoltaica con suficiente tiempo y meditación. Durante la planificación se deberá observar la ley vigente para cumplirla. Además, se nombrará al equipo de personas encargado para esta tarea. Así como los procedimientos de seguridad, material a emplear y plazos de ejecución.

## 2. Identificación precoz de riesgos.

Es una buena práctica para esta tarea prevenir el mayor número de riesgos que puedan afectar tanto al medio ambiente como al equipo encargado. Para solucionar este problema se enumerarán los potenciales riesgos y para aquellos que representen una amenaza real se les asignará una medida preventiva y se dotará de los medios necesarios para la minimización del riesgo.

## 3. Búsqueda de la máxima seguridad.

Es recomendable en todo momento buscar la máxima seguridad del equipo encargado de llevar a cabo esta tarea. Por ello, se debe desconectar el sistema al completo para evitar riesgos relacionados con la tensión eléctrica. Además, es recomendable crear un perímetro de seguridad para que los usuarios no se acerquen para su mayor seguridad.

## 4. Gestión responsable de residuos.

En la planificación del desmantelamiento de la planta es recomendable gestionar los residuos que se generarán. Se debe tener en cuenta el impacto al medio ambiente que tendrán los residuos generados, con esa información, se debe tomar la medida adecuada. Se recomienda acudir a una empresa especializada en residuos.

## 5. Trabajo de adaptación de la superficie utilizada para posteriores usos.

Debido a que existe la posibilidad de que la superficie utilizada por la planta fotovoltaica tenga un uso posterior al desmantelamiento, es una buena práctica adaptar la superficie para el siguiente uso durante el desmantelamiento de la planta.

Cuadro 14.2: Protocolo de desmantelamiento de la planta fotovoltaica de IKEA en San Sebastián de los Reyes.



# Parte IV

## Cálculos





# Cálculos en el Business Case

## ROI

El ROI es el ratio del beneficio total del proyecto entre la inversión total del mismo.

$$\text{ROI} = \frac{\text{beneficio total del proyecto}}{\text{inversión total del proyecto}} \quad (14.1)$$

## VAN

El VAN es el valor presente de los flujos de caja netos (ingresos menos gastos) originados por la inversión en el proyecto.

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (14.2)$$

Donde:

- $V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .
- $I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- $n$  es el número de períodos considerado.
- $k$  es la tasa de descuento.

## TIR

La TIR es la tasa interna de descuento para la cual el VAN es igual a cero.

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0 \quad (14.3)$$

Donde:

- $F_t$  es el Flujo de Caja esperado en cada periodo  $t$ .
- $n$  es el número de periodos en los que se espera recuperar la inversión.
- $I$  es el valor de la inversión inicial.

## Cálculos del proyecto de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

### OPEX

- Potencia instalada de 1.021 KWp (Subsección 10.2.1).
- Coste de mantenimiento medio anual por KWp instalado es 25€/15].

$$OPEX = \text{Potencia instalada (KWp)} * \frac{\text{Coste de mantenimiento anual}}{\text{Potencia instalada (KWp)}} = 25,525, 50\text{€}$$

### Ingreso o ahorro de la planta.

- Potencia instalada 1.021,02 KWp (Subsección 10.2.1).
- Las horas de sol anuales equivalentes son 1393h [11].
- El precio medio de la energía es 0,15€/KWh [13].

$$\text{Ahorro} = \text{Potencia(KWp)} * \text{Horas solares anuales(h)} * \text{Precio energético€/WKWh} = 213.342,13\text{€}$$

### VAN de la planta.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 1.011.541,40 \text{ €}$$

- $V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo t (Subsección 9.1.1).
- $I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión =999.650,16€(Subsección 10.1.3).
- n es el número de períodos considerado = 25.
- k es la tasa de descuento = 10 %.

### ROI de la planta.

- Beneficio total del proyecto o suma de los flujos de caja = 3.287.545,05 €(Subsección 9.1.1).
- Inversión total del proyecto (CAPEX + OPEX) =2.046.008,22 €(Subsección 10.1.3).

$$ROI = \frac{\text{beneficio total del proyecto}}{\text{inversión total del proyecto}} = 161 \%$$

## Cálculos para conocer la mejor fuente de financiación.

Para calcular la mejor fuente de financiación debemos sondear el mercado de los préstamos y solicitar la información de los más competitivos y que se ajusten a nuestros requisitos.

Los mejores préstamos disponibles en el mercado en este momento son los del Banco Santander Y el Banco BBVA. Además, debemos tener en cuenta la conveniencia de financiar el proyecto con fondos propios.

Préstamo Santander [18]:

- Importe del préstamo: 1.000.000€.
- Tipo de interés: 4.61 %.
- Plazo: 10 años.
- Sin carencia.
- Cuota anual: 125.000€.

Préstamo BBVA [1]:

- Importe del préstamo: 1.000.000€.
- Tipo de interés: 4.60 %.
- Plazo: 15 años.
- Carencia: un año.
- Cuota anual: 97.276€.

Fondos Propios a un tipo de interés del 10 % con un plazo flexible.

Utilizamos la fórmula de VAN para calcular qué tipo de financiación tiene menos impacto en las cuentas del proyecto Ecuación 14.2. El préstamo del Banco Santander tiene un impacto en las cuentas de un valor presente (VAN) de 768.089,32€. El préstamo del Banco BBVA tiene un impacto en las cuentas del proyecto de un valor presente de (VAN) 693.277,66€. La financiación propia no se evalúa debido a que el tipo de interés exigido es mayor que los bancos.

Por tanto, escogemos el préstamo que menor impacto tiene en las cuentas del proyecto que es el préstamo del Banco BBVA.

## Cálculos en el Cronograma

### Avance del Cronograma

El avance del Cronograma es el coeficiente del tiempo que representa en el cronograma el avance de las tareas entre el tiempo total del proyecto en el cronograma.

$$\text{Avance del Cronograma} = \frac{\text{avance de las tareas en tiempo del cronograma}}{\text{tiempo total del proyecto en el cronograma}} \quad (14.4)$$

## Cálculos en la estimación de costes

### IRP

El IRP es el coeficiente del valor ganado entre el valor planeado. El valor planeado es el valor que se estima que aporta una actividad al proyecto. El valor ganado es el valor que se estima que ha aportado la actividad proporcionalmente a su estado de ejecución.

$$IRP = \frac{\text{valor ganado}}{\text{valor planeado}} \quad (14.5)$$

### IRC

El IRC es el coeficiente del valor ganado entre el coste real. El valor ganado es la medición del desempeño del proyecto mediante su avance. El coste real es el coste ejecutado realmente para una actividad proporcional a su estado de ejecución.

$$IRC = \frac{\text{valor ganado}}{\text{coste real}} \quad (14.6)$$

## Cálculos en la elección de panel solar

En primer lugar se deben seleccionar los paneles solares que más se ajustan a las condiciones del proyecto. Por ello, se han seleccionado los paneles de las empresas Longi Figura A.2 [10], Seraphim Figura A.1 [19] y Ulica Solar Figura 10.5 [20].

El objetivo de los cálculos es averiguar el panel solar que aporta un mayor valor al proyecto durante toda su vida útil. Para ello, debemos calcular el coste de todos los paneles instalados en la planta además de la potencia instalada que ofrece cada tipo de panel.

Para calcular el número de paneles que la disposición física de la planta permite albergar de cada tipo se debe estudiar las dimensiones de la planta y de los paneles. La planta Figura 14.1 se puede dividir en dos zonas útiles: la zona oeste representada en verde y la zona este representada en rojo. Las medidas de los lados representados en la figura son:

zona oeste (lado 1: 70m, lado 5: 28m, lado 2: 83m y lado 6: 55m), zona este (lado 1: 68m, lado 5: 100m, lado 2: 31m y lado 6: 63m).



Figura 14.1: Medida de la cubierta del proyecto fotovoltaico de IKEA en San Sebastián de los Reyes.

Las medidas de las placas son diferentes por lo que cada tipo permitirá la colocación de un número diferente en la planta. Los paneles de Seraphim [20] y Longi [10] miden (2094mm x 1038mm). Los paneles de Ulica Solar miden (2108mm x 1048mm).

La separación entre hileras de paneles solares se calcula mediante la Ecuación 14.7. Los datos de nuestro proyecto se muestran en los datos de la ecuación.

$$D = \frac{h * \cos(A)}{\tan(H)} \quad (14.7)$$

Donde:

- D: Distancia mínima entre hileras de paneles.
- h: Altura que alcanza un panel con respecto al suelo.
- $\tan(H)$ : Ángulo solar más desfavorable en nuestra latitud. En este proyecto  $\tan(H)=0.51$ .
- $\cos(A)$ : coseno del azimut solar en el mes más desfavorable. En este proyecto  $\cos(A)=0.866$

$$h = \sin(\alpha) * \text{ancho del panel solar} \quad (14.8)$$

Donde:

- alpha: inclinación del panel solar. En este proyecto es  $30^{\circ}$  por la limitación del soporte y la latitud en la que se ubica el proyecto.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los datos del tamaño de la cubierta disponible, el tamaño de los paneles, la separación entre hileras, la ubicación de las claraboyas y la orientación norte-sur podemos calcular el número de paneles que la planta puede albergar dependiendo de su tipo. En el caso de Ulica Solar encajan 2244 paneles. Los paneles Seraphim pueden albergar 2282 en la planta. Caben 2282 paneles Longi en la planta.

Los paneles Ulica Solar tienen un precio de 195€y una potencia pico de 455Wp. Los paneles Seraphim tienen un precio de 225€y una potencia pico de 450Wp. Los paneles Longi tienen un precio de 230€y una potencia pico de 425Wp. Por lo tanto los paneles Ulica Solar tienen un precio total de 437.580€y una potencia instalada total de 1.021KWp. Los paneles de Seraphim tienen un precio total de 513.450€y una potencia instalada total de 1.027KWp. Los paneles de Longi tienen un precio total de 524.860€y una potencia instalada total de 970KWp.

Estos datos de potencia total instalada y precio de los paneles nos ofrecen la información necesaria para realizar cálculos precisos en el Caso de Negocio (Subsección 9.1.1). Si comparamos el valor actual de la implantación de cada tipo de panel escogeremos el que ofrezca un mayor valor actual. Por ello, se elige el panel de Ulica Solar.

# Apéndice A

## Plantillas de de documentos.

### MODELO DE EJEMPLO



Modelo 308

### AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA

#### TASA POR CONCESIÓN DE LICENCIAS

(1) Declarante

Nombre	
N.I.F.	

(2) Representante

N.I.F.		Nombre y apellidos	
Nombre de la vía pública			
Código postal		Provincia	
Municipio			

(3) Datos de la obra

Nombre de la vía pública	
Descripción de la obra	

(4) Autoliquidación

Base imponible		Tipo impositivo	0.33%
----------------	--	-----------------	-------

(5) Representante

Fecha	
Firma	

(6) Importe a favor del Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes

Importe a ingresar	
--------------------	--

Cuadro A.1: Plantilla de Autorización Administrativa.

## MODELO DE EJEMPLO



**Comunidad  
de Madrid**

### PERMISO AMBIENTAL

(1) Datos de la empresa propietaria

Nombre	
N.I.F.	

(2) Datos de la instalación

Nombre de la vía pública	
Descripción de la obra	
Potencia total instalada	

(3) Datos del representante

N.I.F.		Nombre y apellidos	
Nombre de la vía pública			
Código postal		Provincia	
Municipio			

(4) Tipo de trámite

Tipo de autorización	
Procedimientos incluidos	

(5) Documentación requerida

Estudio de Impacto Ambiental	
Planos del proyecto	

(6) Firma

Fecha	
Firma	

(7) Importe tasa

Importe a ingresar	
--------------------	--

Cuadro A.2: Plantilla de Autorización ambiental.



## MODELO DE EJEMPLO



### AUTORIZACIÓN DE EXPLOTACIÓN

(1) Titular y ubicación de la instalación eléctrica

Nombre	
N.I.F.	
Nombre de la vía pública	
Municipio	
Provincia	

(2) Representante

N.I.F.		Nombre y apellidos	
Nombre de la vía pública			
Código postal		Provincia	
Municipio			

(3) Autorización de conexión a la red eléctrica

--

(4) Autorización del Representante

Fecha	
Firma	

(5) Tasas a ingresar

<b>Cantidad a ingresar</b>	
----------------------------	--

Cuadro A.3: Plantilla de Autorización de Explotación.

MODELO DE EJEMPLO



Modelo 1007-2

**DECLARACIÓN RESPONSABLE DE OBRAS**

Solicitante

Nombre	
Apellidos	
NIF	

Representante

Nombre	
Apellidos	
NIF	

Domicilio de notificación

Dirección			
Municipio			
Provincia		Código postal	

Datos de contacto

Teléfono	
Correo electrónico	

Datos de la obra

Emplazamiento	
Presupuesto	

Descripción de las obras

--

Necesidad de ocupación de la vía pública

--

Fecha

Firma

Cuadro A.4: Plantilla de Declaración de responsable de obra fotovoltaica.

## MODELO DE EJEMPLO



**Modelo 376**

### PERMISO DE OBRA FOTOVOLTAICA

(1) Declarante

Nombre	
N.I.F.	

(2) Representante

N.I.F.		Nombre y apellidos	
Nombre de la vía pública			
Código postal		Provincia	
Municipio			

(3) Datos de la obra

Nombre de la vía pública	
Descripción de la obra	

(4) Autoliquidación

Base imponible		Tipo impositivo	
----------------	--	-----------------	--

(5) Representante

Fecha	
Firma	

(6) Importe a favor del Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes

<b>Importe a ingresar</b>	
---------------------------	--

Cuadro A.5: Plantilla de Permiso de Obra fotovoltaica.

## MODELO DE EJEMPLO

### CERTIFICACIÓN DE POTENCIA INSTALADA POR EXPERTO INDEPENDIENTE

EXPERTO INDEPENDIENTE

Nombre y apellidos	
Colegio de ingenieros de:	
Colegiado número	
Titulación	

**CERTIFICO** que la presente obra ha sido revisada bajo mi supervisión y responsabilidad. He controlado la instalación de las estructuras y de los paneles solares fotovoltaicos construcción, así como del cableado e instalación de los inversores, los equipos de protección y la puesta a Tierra de la obra. He asegurado la calidad y el cumplimiento de las normas pertinentes de acuerdo con el Proyecto. La legislación vigente ha sido cumplida y los datos de interés público han sido traspasados a las autoridades pertinentes. Todas las tasas e impuestos han sido completamente desembolsados y todos los permisos requeridos han sido aprobados y autorizados.

**CERTIFICO** que la potencia total instalada es de \_\_\_\_\_ KWp.

Fecha

Firma

SELLO DEL COLEGIO DE INGENIEROS

Fecha

Cuadro A.6: Plantilla de Certificación de potencia instalada por experto independiente.

## MODELO DE EJEMPLO

### PERMISO DE CONEXIÓN DE LA OBRA A LA RED ELÉCTRICA

Titular y ubicación de la instalación eléctrica

Nombre	
N.I.F.	
Nombre de la vía pública	
Municipio	
Provincia	

Instalación eléctrica

Potencia instalada	
--------------------	--

Certificación de potencia instalada por experto independiente

Se deberá adjuntar la certificación de la potencia instalada por parte del experto independiente.
---

Punto de conexión a la red eléctrica

--

Planos de la instalación eléctrica

Se deberán adjuntar los planos eléctricos del proyecto.
---

Pago de tasas a la empresa distribuidora.

Tasa por KWp conectado a la red	
Potencia por conectar	
Total a abonar	

Conformidad por parte del titular de la instalación

Firma

Fecha

Cuadro A.7: Plantilla de Permiso de Conexión a la Red.

## MODELO DE EJEMPLO

### CERTIFICADO DE FINAL DE OBRA

Datos del proyecto:

Nombre de la vía pública	
Tipo de obra	
Municipio	
Provincia	
Sponsor	
Descripción de obra	

Director del proyecto:

Nombre y apellidos	
Titulación	
Colegio de ingenieros de:	
Número de colegiado	

**CERTIFICO** que la presente obra se ha ejecutado bajo mi supervisión y responsabilidad. He controlado la construcción, calidad y el cumplimiento de las normas pertinentes de acuerdo con el Proyecto. La legislación vigente ha sido cumplida y los datos de interés público han sido traspasados a las autoridades pertinentes. Todas las tasas e impuestos han sido completamente desembolsados y todos los permisos requeridos han sido aprobados y autorizados.

Fecha

Firma

SELLO DEL COLEGIO DE INGENIEROS

Fecha

Cuadro A.8: Plantilla de Certificado de Fin de Obra fotovoltaica.

# LECCIONES APRENDIDAS

Nombre del Proyecto	Referencia del Proyecto	Director del Proyecto
Cliente	Contacto	Fecha

## RESUMEN

Contexto del proyecto
Principales Lecciones Aprendidas
Resumen de Recomendaciones

## REVISIÓN TÉCNICA

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

REVISIÓN ADMINISTRATIVA

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

REVISIÓN DE LA GESTIÓN DE CONTRATOS

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

REVISIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos



REVISIÓN DE LA GESTIÓN FINANCIERA

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

REVISIÓN DE LA RELACIÓN CON EL CLIENTE

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

REVISIÓN DE LA RELACIÓN CON EL EQUIPO

Experiencia del Proyecto
Propuestas de mejora o modificación de herramientas y procesos

Cuadro A.9: Plantilla del documento de lecciones aprendidas.

# ACTA DE ENTREGA AL CLIENTE

Título del Proyecto:

Introduzca texto.

Sponsor del proyecto:

Introduzca texto.

Fecha:

Introduzca fecha

Director de proyecto:

Introduzca texto.

Descripción del proyecto:

Introduzca texto.

Declaración de conocimiento y consentimiento de la lista de puntos pendientes:

Introduzca texto.

Aprobación del traspaso del proyecto y su responsabilidad al cliente:

Introduzca texto.

Firma del director de proyecto:

Introduzca texto.

Firma del Cliente:

Introduzca texto.

Cuadro A.10: Plantilla del Acta de Entrega al Cliente.



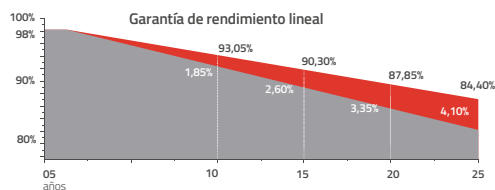
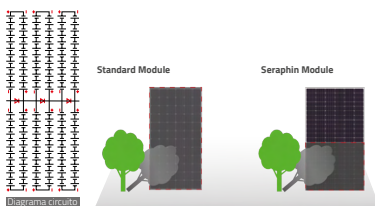
# BLADE™ SRP - 450 - BMA-HV Módulo fotovoltaico

15<sup>\*\*</sup> AÑOS GARANTÍA  
25<sup>\*\*\*</sup> AÑOS PRODUCCIÓN

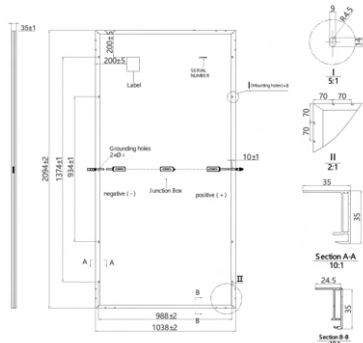


## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- **Tecnología de 144 celdas solares monocristalinas PERC.** Se utilizan celdas de la mitad del tamaño de las celdas habituales e implica una reducción de pérdidas internas.
- **15 años de garantía de producto\*\* y 25 años de garantía de producción\*\*\***, respaldados por ser una compañía fundada en 2011 en China e incluida en lista TIER1 de Bloomberg.
- **Alta eficiencia (20,70%)**, mayor producción de energía por m<sup>2</sup>, factor clave cuando la superficie de cubierta es limitada.
- **Menos sensible a las sombras** gracias a la doble matriz de celdas. Para una misma sombra se verá afectado el 50% menos que un módulo estándar.
- **Calidad** certificada por ISO9001 y cuenta con laboratorio propio certificado por TÜV.



## DIMENSIONES



## ESPECIFICACIONES

ELÉCTRICAS	SRP-450 BMA-HV	MECÁNICAS	SRP-450 BMA-HV
Potencia máxima (Pmax) <sup>1</sup>	450W	Diodos de derivación internos	3 Diodos
Voltaje máxima potencia (Vpm)	46,8V	Área del módulo	2,173 m <sup>2</sup>
Corriente máxima potencia (Ipmp)	8,73A	Peso	23,5kg
Voltaje en circuito abierto (Voc)	46,8V	Dimensiones LxAxAl	2094x1038x35mm
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9,22A	Longitud cable +Macho/-hembra	1200/1200mm
Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0,35%/°C	Tamaño/tipo de cable	4,0mm <sup>2</sup> / PV Cable
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0,27%/°C	Tipo de conector	Compatible MC4
Coefficiente de temperatura (Isc)	+0,05%/°C	Carga estática de viento/nieve	5400 Pa
Temperatura (NOCT)	45±2°C	Temperatura de operación	-40°C a 85°C
Eficiencia	20,70%	Garantía	15 <sup>**</sup> años Garantía de producto y en mano de obra 25 años garantía de potencia de salida (lineal) <sup>***</sup>
Voltaje máximo del sistema	1500V		
Protección contra sobrecorriente	20A		
Tolerancia potencia entregada (-/+)	3%/0%*		

## PRECIOS

Código	Descripción	Precio
• SERAPANELPERC450	Panel fotovoltaico Seraphim BLADE SRP-450-BMA-HV	225,00 €

\*Máxima potencia en la entrega. Para ver las condiciones de garantía, consultar el documento de garantía Seraphim. # \*\*Garantía comercial siempre otorgada por Seraphim # \*\*\* Primer año 98%, desde el Segundo año -0,55% / año, llegando a un 84,8% en el año 25 de uso.

<sup>1</sup> STC - Condiciones Estándar: Temp. Celdas 25°C, Masa Aire 1,5, 1000W/m<sup>2</sup>  
NOCT - Temperatura de Celdas en Operación Normal



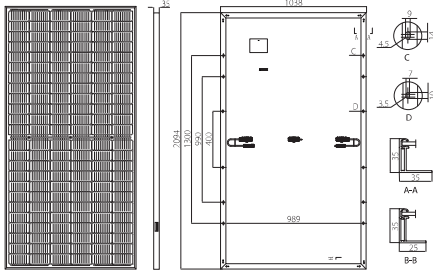
PRECIOS SIN IVA Y SUJETOS A VARIACIÓN SIN PREVIO AVISO

CATÁLOGO/TARIFA | SOLAR | MAYO 2022 25

Figura A.1: Panel solar Seraphim

# LR4-72HPH 425~455M

## Diseño (mm)



## Datos mecánicos

Distribución de las células: 144 (6x24)  
 Caja de conexiones: IP68, tres diodos  
 Cables: 4mm<sup>2</sup>, 1400mm de longitud (for EU DG)  
 Vidrio: Vidrio templado recubierto de 3.2mm  
 Marco: Marco de aleación de aluminio anodizado  
 Peso: 23.5kg  
 Dimensión: 2094x1038x35mm  
 Embalaje: 30 piezas por palet  
 150 piezas por 20'GP  
 660 piezas por 40'HC

## Parámetros operativos

Temperatura de funcionamiento: -40 C ~ +85 C  
 Tolerancia de potencia nominal (W): 0 ~ +5 W  
 Tolerancia de Voc e Isc: ±3%  
 Tensión máxima del sistema: DC1500V (IEC/UL)  
 Capacidad máxima del fusible: 20A  
 Temperatura de Operación Nominal de la célula: 45±2 C  
 Categoría de prevención de incendios: Class II  
 Clasificación de resistencia al fuego: UL tipo 1 o tipo 2

## Datos eléctricos

## Incertidumbre de Pmax ±3%

Código de producto	LR4-72HPH-425M	LR4-72HPH-430M	LR4-72HPH-435M	LR4-72HPH-440M	LR4-72HPH-445M	LR4-72HPH-450M	LR4-72HPH-455M
Condiciones de ensayo	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC
Potencia máxima (Pmax/W)	425	317.4	430	321.1	435	324.9	440
Tensión de circuito abierto (Voc/V)	48.3	45.3	48.5	45.5	48.7	45.7	48.9
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	11.23	9.08	11.31	9.15	11.39	9.21	11.46
Voltaje a potencia máxima (Vmp/V)	40.5	37.7	40.7	37.9	40.9	38.1	41.1
Corriente a potencia máxima (Imp/A)	10.50	8.42	10.57	8.47	10.64	8.53	10.71
Eficiencia del módulo (%)	19.6	19.8	20.0	20.2	20.5	20.7	20.9

STC (Condiciones de prueba estándar): Irradiancia 1000 W/m<sup>2</sup>, Temperatura de la Célula 25 C, Espectros a AM1,5

NOCT (Temperatura nominal para células de funcionamiento): Irradiancia 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura Ambiente 20 C, Espectros a AM1,5, Viento a 1m/s

## Coefficientes de temperatura

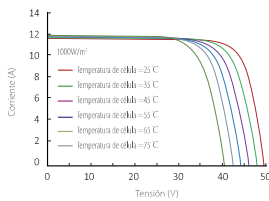
Coefficiente de temperatura en Isc: +0.048%/ C  
 Coeficiente de temperatura en Voc: -0.270%/ C  
 Coeficiente de temperatura en Pmax: -0.350%/ C

## Carga mecánica

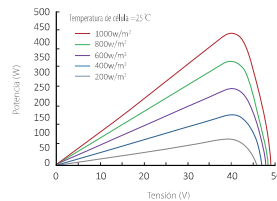
Carga de nieve: 5400Pa  
 Carga de viento: 2400Pa  
 Prueba con piedras de granizo: Granizo de 25mm a la velocidad de 23m/s

## Curva I-V

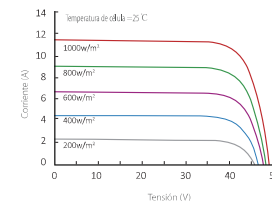
Curva de corriente - tensión (LR4-72HPH-440M)



Curva de potencia - tensión (LR4-72HPH-440M)



Curva de corriente - tensión (LR4-72HPH-440M)



Century Avenue 826, Torre 3 Sala 801, Lujiazui Financial Plaza, Pudong Shanghai  
 Tel: + 86-21-8016 2606 E-mail: module@longi-silicon.com

Nota: Debido a la innovación técnica y los continuos avances de I+D, los datos técnicos mencionados anteriormente pueden verse modificados en consecuencia. LONGI tiene el derecho exclusivo de realizar dichas modificaciones en cualquier momento sin previo aviso. Para la firma de contratos, la parte solicitante deberá reclamar la última versión de la hoja de datos para hacerla parte vinculante en la documentación legal firmada debidamente por ambas partes.

20200423V11 for EU DG only

Figura A.2: Panel solar Longi

# Apéndice B

## Objetivos de Desarrollo Sostenible.

### **7.- Energía asequible y no contaminante.**

El trabajo trata sobre el sector de la energía renovable. Por ello, está focalizado en la producción de energía no contaminante y asequible.

### **8.- Trabajo decente y crecimiento económico.**

Desde la perspectiva de crecimiento económico, se ofrece una solución para aquellas empresas que decidan producir energía no contaminante y obtener un rendimiento económico. Los proyectos fotovoltaicos ofrecen trabajo decente para profesionales locales.

### **9.- Industria, innovación e infraestructura.**

El trabajo se centra en el desarrollo de una metodología innovadora de implementación y análisis de proyectos fotovoltaicos que se materializa en la creación de infraestructura fotovoltaicas.

### **11.- Ciudades y comunidades sostenibles.**

La implementación de proyectos fotovoltaicos ayudará a las ciudades y comunidades locales a avanzar en materia de sostenibilidad. En este trabajo será analizado el esfuerzo de IKEA en el avance hacia la sostenibilidad de la corporación a nivel nacional.

### **12.- Producción y consumo responsables.**

Los proyectos fotovoltaicos tienen como prioridad aprovechar la producción energética de la planta. En este trabajo se verá materializado cómo se gestiona la producción y consumo de energía por parte de una industria de forma responsable.

### **13.- Acción por el clima.**

La apuesta por una fuente de energía sostenible y no contaminante ofrece un aporte positivo al plante y al clima.



# Bibliografía

- [1] Banco BBVA. Préstamo ofrecido por el banco bbva, 2023.
- [2] Gobierno de España. Real decreto 2818/1998, 1998.
- [3] Gobierno de España. Real decreto 1663/2000, 2000.
- [4] Red Eléctrica. Potencia instalada solar fotovoltaica en españa, 2022.
- [5] Esenergía. Problemas en placas solares fotovoltaicas., 2023.
- [6] Comisión Europea. Pm<sup>2</sup> project management methodology, 2023.
- [7] Factor. *IKEA Iberica roadmap 100 % RE*. Factor, Bilbao, 2017.
- [8] Huawei. Inversor huawei, 2023.
- [9] Project Management Institute. Explore project management institute, 2023.
- [10] Longi. Panel solar longi, 2023.
- [11] André Mermoud. Pvsyst photovoltaic software, 2023.
- [12] Miguel Escribano Nuño. Curso de gestión de proyectos, 2022.
- [13] OMIE. Precio medio energía eléctrica, 2023.
- [14] International Standard Organization. Iso 21500: Guía para la gestión de proyectos, 2021.
- [15] El periódico de la energía. Precio medio de el OPEX por kwp instalado, 2023.
- [16] PMI. *AGILE Practice Guide*. Global Standard, Chicago, IL, 2017.
- [17] PMI. *A guide to the Project Management Book Of Knowledge*. Global Standard, Chicago, IL, 2017.
- [18] Banco Santander. Préstamo ofrecido por el banco santander, 2023.
- [19] Seraphim. Panel solar seraphim, 2023.
- [20] ULICA SOLAR. Panel solar ulica solar, 2023.

- [21] Tresca Engineering Solutions. Estudio de ingeniería en detalle de un parque fotovoltaico en Guatemala., 2023.
- [22] Sunfer. Soporte inclinado Sunfer, 2023.