



**Universidad de Valladolid**

**GESTIÓN DEL PROYECTO DE  
ROBOTIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN**

**MANUEL MANZANEDO SAIZ**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Escuela de Ingenierías Industriales

Universidad De Valladolid

Valladolid, Septiembre 2019



## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	6
1.1	OBJETIVO DEL PROYECTO.....	6
1.2	ALCANCE DEL PROYECTO .....	6
1.3	MOTIVACIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.	ENTORNO PRODUCTIVO Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS: MODELO PMBOK .....	8
2.1	LA EMPRESA .....	8
2.2	DIRECCIÓN DE PROYECTOS: EL MODELO PMBOK.....	13
3.	GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN .....	19
3.1	ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO.....	20
3.2	PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO .....	21
3.3	DIRIGIR Y GESTIONAR EL PROYECTO.....	21
3.4	GESTIONAR EL CONOCIMIENTO DEL PROYECTO .....	22
3.5	MONITORIZAR Y CONTROLAR EL TRABAJO DEL PROYECTO.....	24
3.6	REALIZAR EL CONTROL INTEGRADO DE CAMBIOS.....	25
3.7	CERRAR EL PROYECTO O FASE.....	27
4.	GESTIÓN DEL ALCANCE .....	28
4.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL ALCANCE.....	28
4.2	RECOPIRAR REQUISITOS .....	28
4.3	DEFINIR EL ALCANCE .....	29
4.4	CREAR LA EDT.....	32
4.5	VALIDAR EL ALCANCE.....	35
4.6	CONTROLAR EL ALCANCE .....	36
5.	GESTIÓN DEL CRONOGRAMA.....	38
5.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA.....	38
5.2	DEFINIR ACTIVIDADES .....	38
5.3	SECUENCIAR ACTIVIDADES.....	39
5.4	ESTIMAR LA DURACIÓN DE ACTIVIDADES.....	39
5.5	DESARROLLAR EL CRONOGRAMA .....	39
5.6	CONTROLAR EL CRONOGRAMA .....	40
6.	GESTIÓN DE LOS COSTES DEL PROYECTO.....	42
6.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE COSTES.....	42
6.2	ESTIMAR LOS COSTES.....	43
6.3	DETERMINAR EL PRESUPUESTO .....	44

6.4	CONTROLAR COSTES .....	45
7.	GESTIÓN DE LA CALIDAD .....	47
7.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LA CALIDAD .....	47
7.2	GESTIONAR LA CALIDAD .....	52
7.3	CONTROLAR LA CALIDAD .....	55
8.	GESTIÓN DE LOS RECURSOS .....	60
8.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS .....	60
8.2	ESTIMAR LOS RECURSOS DE LAS ACTIVIDADES .....	63
8.3	ADQUIRIR RECURSOS .....	63
8.4	DESARROLLAR EL EQUIPO .....	64
8.5	DIRIGIR EL EQUIPO .....	64
8.6	CONTROLAR LOS RECURSOS .....	65
9.	GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES .....	66
9.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES .....	66
9.2	GESTIONAR LAS COMUNICACIONES .....	69
9.3	MONITORIZAR LAS COMUNICACIONES .....	71
10.	GESTIÓN DE LOS RIESGOS .....	74
10.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS .....	74
10.2	IDENTIFICAR LOS RIESGOS .....	78
10.3	REALIZAR EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS .....	80
10.4	REALIZAR EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS .....	81
10.5	PLANIFICAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS .....	82
10.6	IMPLEMENTAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS .....	84
10.7	MONITORIZAR LOS RIESGOS .....	85
11.	GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES .....	87
11.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES .....	87
11.2	EFFECTUAR LAS ADQUISICIONES .....	90
11.3	CONTROLAR LAS ADQUISICIONES .....	91
12.	GESTIÓN DE LOS INTERESADOS .....	94
12.1	IDENTIFICAR A LOS INTERESADOS .....	94
12.2	PLANIFICAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS .....	96
12.3	GESTIONAR LA IMPLICACIÓN DE LOS INTERESADOS .....	97
12.4	MONITORIZAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS .....	98
	CONCLUSIONES .....	100

BIBLIOGRAFÍA.....	101
WEBS CONSULTADAS.....	101

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es desarrollar un modelo de gestión de proyectos para una empresa de ingeniería industrial dedicada a la automatización y robotización de líneas de producción industrial. Este modelo se concibe para que permita realizar todo el proceso de robotización de una forma más eficiente y segura.

Se utiliza para ello un marco integrado como es el Modelo PMBOK® (Project Management Institute, 2017), que se describirá en los capítulos correspondientes de este documento. Los manuales soporte del modelo, otras referencias documentales reflejadas en el apartado de bibliografía, así como la documentación e información aportada por la empresa donde se pretende implementar, constituyen la base primera de conocimiento necesaria para afrontar esta tarea.

## 1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

La automatización de procesos industriales pretende mejorar los procesos productivos, aportando nuevas máquinas y nuevas herramientas de control automático que permitan reducir los riesgos en el trabajo, optimizar los procesos de producción, definir y monitorizar indicadores de rendimiento y resultados en tiempo real, rebajar los tiempos en la cadena de producción, mejorar la calidad del producto y reducir los costes de producción.

Esta nueva forma de producir pretende dotar de una mayor eficiencia del sistema, para que la empresa pueda ser más competitiva en un entorno productivo denominado, por algunos tecnólogos, como industria 4.0, en el que la robotización constituye el elemento nuclear del proceso.

Con base en este fundamento el alcance que se pretende con este proyecto se resume en los aspectos que se citan a continuación:

1. Analizar el entorno productivo que demanda la automatización de los procesos que desarrolla la empresa, profundizando en las necesidades de su robotización.
2. Determinar las acciones necesarias para poder cumplir con los objetivos estratégicos marcado por la organización.

3. Desarrollar un modelo de Gestión de Proyectos, que incluya los paquetes de trabajo considerados como prioritarios, para cumplir con los objetivos propuestos, teniendo en cuenta las necesidades y su viabilidad técnico-económica.

### **1.3 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO**

El trabajo reflejado en este documento tiene, en primer lugar, una motivación académica, no en vano pretende servir para alcanzar el Título Académico de Máster Universitario en Dirección de Proyectos por la Universidad de Valladolid. Para ello es necesario superar como última materia la realización y defensa del Trabajo Fin de Máster, que compendie y refleje los conocimientos adquiridos a lo largo del curso en las diferentes asignaturas programadas para esta titulación.

Pero también tiene una motivación profesional. Ya que siendo necesario para poder cursar este master poseer un Grado en Ingeniería y sabiendo que los ingenieros trabajamos en el desarrollo de distintos proyectos, considero que los conocimientos adquiridos en esta titulación, me permitirán desarrollar mejor mi profesión como Ingeniero Electrónico y Automático. También lo estimo imprescindible para mi trabajo actual como ingeniero robótico en la implementación y programación de robot en las grandes empresas del sector del automóvil. El conocimiento de las distintas metodologías de dirección de proyectos, me va a permitir hacer un uso más eficiente de los recursos y poder alcanzar mayores responsabilidades profesionales.

## 2. ENTORNO PRODUCTIVO Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS: MODELO PMBOK

En este capítulo se pretende describir un tipo de empresa que realiza la creación, desarrollo e implementación de proyectos de automatización de procesos productivos, teniendo como clientes principales a las grandes compañías constructoras de automóviles. Estos fabricantes demandan la ejecución de proyectos que modifiquen sus líneas de producción para adaptarlas a las necesidades de fabricación de los nuevos modelos automovilísticos.

También se considera necesario realizar una breve introducción al modelo de dirección de proyectos por excelencia, denominado PMBOK®. Este modelo se puede considerar como una guía de carácter general de los fundamentos y herramientas usadas para la dirección de proyectos.

### 2.1 LA EMPRESA

Se considera imprescindible describir la empresa tipo donde se pretende implementar este trabajo, ya que el conocimiento de su estrategia, cultura organizativa, actividad y servicios que desarrolla, tecnología empleada, clientes a los que atiende, proyectos desarrollados y en fase de ejecución, junto con sus técnicas y medios, permitirá comprender mejor el trabajo a realizar.

Esta empresa inició su actividad hace unos cuarenta años, diseñando, ejecutando y poniendo en marcha proyectos y servicios integrales en entornos industriales, con una amplia cobertura a nivel nacional e internacional. Comenzó en automoción, uno de los sectores más complejo y exigente, para, después, abarcar otras industrias como, alimentación, aeronáutico, construcción y nuevas tecnologías, entre otras. En la actualidad tiene una plantilla de más de 400 profesionales con conocimientos y experiencia en ingeniería industrial (diseño, desarrollo y puesta en marcha de proyectos e instalaciones), mantenimiento industrial y consultoría de procesos <http://www.grupodgh.es/conocenos>.

Tanto la visión, como la misión y valores de la empresa se recogen en su web <http://www.grupodgh.es/conocenos> y sirven para conocer la importancia y



compromiso de la empresa con el negocio que desarrolla y los clientes a los que atiende. Así, la visión de la empresa consiste en “promover la tecnología más innovadora. Ser referente en adaptar alta tecnología a los procesos productivos del cliente. Ser la empresa española que mayor rendimiento aporta respecto de la inversión que el cliente proporciona. Generar la más eficiente gestión interna y procedimentación del sector”.

Su misión es “impulsar la competitividad de sus clientes mejorando su acceso a la tecnología más innovadora aplicada a sus procesos productivos y ofrecerles soluciones integrales y personalizadas según sus necesidades”.

Los valores identificativos de la empresa son: “Compromiso, Carácter innovador, Autonomía, Responsabilidad, Talento, Determinación, Honestidad y Servicio”.

Su sede central se localiza en el Parque Tecnológico de Boecillo (Valladolid), posee una segunda sede en Lisboa, delegaciones en cuatro capitales españolas y Lisboa, y centros de trabajo en diez y ocho ciudades (diecisiete en España y una en Portugal).

Los principales servicios que ofrece a los clientes, se focalizan en tres grandes campos que son, la ingeniería, el mantenimiento y la innovación <http://www.grupodgh.es/soluciones>.

En Ingeniería <http://www.grupodgh.es/ingenieria>, ofrece una “alta especialización en el diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha “llave en mano” de todo tipo de instalaciones automáticas y robotizadas, visión artificial 2D y 3D, poka-yokes, trazabilidad, etc., para la industria en general, un elevadísimo nivel de servicio y la más alta calidad en la ejecución de proyectos. Para ello, dispone de equipos de alta formación y cualificación técnica; clara vocación de servicio, superación e innovación; y amplia experiencia demostrada en el sector”.

Por lo tanto, cuenta con “un gran equipo profesional orientado a la concepción de las soluciones más adecuadas, dirigidas a incrementar la competitividad, flexibilidad y rentabilidad de sus clientes, con la más alta tecnología existente en el mercado”.

La metodología de esta empresa refleja la filosofía que impregna las decisiones y forma de trabajar de “no ser simplemente un proveedor de servicios, sino un colaborador y partícipe, en todo momento, con los clientes, teniendo presente los siguientes aspectos:

- Integrarse con el equipo de trabajo del cliente, desde el inicio de la relación, para encontrar la respuesta al problema, siendo su "Partner Tecnológico".
- Aportar soluciones alternativas y/o "soluciones innovadoras" a los problemas, para lograr la máxima rentabilidad posible y con los retornos de inversión más ajustados que se puedan exigir.

- Conseguir soluciones a problemas no resueltos a través de los "Retos Tecnológicos".

Todo ello teniendo como objetivo primordial que los desarrollos, productos y servicios ofrecidos, deben conseguir incrementar la rentabilidad de los sistemas productivos de los clientes".

En cuanto al servicio de Mantenimiento <http://www.grupodgh.es/mantenimiento>, el lema que predomina, en palabras de la propia empresa, se resume en "sabemos lo que necesitan las instalaciones". Para ello cuenta con un "conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio, durante el mayor tiempo posible y buscando la más alta disponibilidad, con el máximo rendimiento". La misión específica en este servicio es "mejorar la competitividad de los clientes a través de la mejora continua, incrementando la calidad, minimizando costes, concentrándose en su función básica, compartiendo los riesgos ligados a la variabilidad del mercado, convirtiendo los costes fijos en variables y optimizando la gestión de los recursos internos".

Realiza seis tipos de mantenimiento: "Preventivo, Predictivo, Correctivo, Mejorado, Legal y Servicio de Asistencia Técnica (SAT). A continuación se exponen sus características más destacadas:

- Preventivo. La empresa está especializada en esta modalidad de mantenimiento, que pretende reducir las posibilidades de error, previendo posibles fallos en la instalación y asegurando siempre el estado óptimo del sistema y sus partes. Para ello cuenta con metodología propia y capacidad para el diseño, realización, control y optimización continua del mantenimiento. Realiza tareas en análisis inicial de equipos e instalaciones, selección del modelo de mantenimiento óptimo, realización y puesta en marcha del plan de mantenimiento y optimización continúa según retorno fiabilidad.
- Predictivo. Se trata de anticiparse a posibles problemas que puedan surgir en base a los datos proporcionados por el sistema, introduciendo las mejoras necesarias para garantizar el perfecto funcionamiento de la instalación. Para ello, cuenta con los sistemas más avanzados y su propio Know-How que permiten la implantación de programas de mantenimiento predictivo adaptados a las necesidades de los clientes, utilizando técnicas como ultrasonidos, análisis de vibraciones, termografía o análisis de aceites, entre otros.
- Correctivo. En este caso, la empresa tiene capacidad para realizar reparaciones de urgencia una vez que aparece un fallo o avería en la instalación del cliente, reduciendo, de esta forma, las pérdidas ocasionadas en el sistema. Cuenta con una plantilla de profesionales altamente especializados y conocedores de los más avanzados sistemas tecnológicos existentes en los distintos sectores de la

producción, dedicados, sobre todo, a minimizar los efectos negativos y los costes asociados a los fallos o averías. Utiliza, para ello, “Mediciones y análisis del tiempo medio de reparación (MTTR)”, tales como, tiempo de detección, tiempo de comunicación, tiempo de espera, diagnóstico de la avería, pruebas funcionales, puesta en servicio o redacción de informes, entre otros; así como “Acciones de mejora de disponibilidad de instalaciones”, entre las que se pueden citar, sistema OT y definición de prioridades, plan de formación continua y mejora de competencias, despliegue herramientas y medios, definición de repuesto crítico y metodología de comunicación e informes.

- Mejorativo. Esta modalidad se centra en rediseñar y modificar las condiciones originales del sistema. En todos los servicios, la empresa implanta la filosofía de mejora continua con el objetivo de aportar valor añadido a los procesos de sus clientes en las áreas de fiabilidad, mantenibilidad, reducción de costes o seguridad.
- Legal. En este campo se lleva a cabo la gestión del mantenimiento legal obligatorio según la legislación sobre seguridad de equipos e instalaciones industriales.
- SAT. Para este mantenimiento, la empresa dispone de equipos flexibles con el fin de prestar servicios de mantenimiento y asistencia técnica las 24 horas de todos los días y, de esta forma, satisfacer las distintas necesidades que la variabilidad del mercado presenta en el sector industrial.

Todo ello bajo la filosofía Service Level Agreements (SLA); protocolo por el que una compañía que presta un servicio a otra, se compromete a realizar el mismo bajo unas determinadas condiciones, manteniendo y garantizando la calidad del servicio definido con el cliente. A través de un SLA, se identifican y definen las necesidades del cliente, a la vez que se controlan sus expectativas de servicio en relación a la capacidad del proveedor y se constituye un punto de referencia para el proceso de mejora continua, midiendo adecuadamente los niveles de servicio, mejorándolos y aumentando los índices de calidad, KPI, etc.”

El tercer e importante servicio de esta empresa: Innovación <http://www.grupodgh.es/innovacion>, es el ADN de la misma, ya que, desde “sus comienzos, siempre ha tenido una mentalidad innovadora, que le ha llevado a diseñar, fabricar y poner en marcha instalaciones industriales especiales con alto componente tecnológico, que satisfacen las necesidades de automatización que demandan los clientes, con el añadido de no haber sido resueltas con las soluciones tradicionales existentes en el mercado.

Una de las consecuencias de esta forma de entender el negocio, fue la creación del Departamento de Innovación y Tecnología que, dependiendo de la Dirección General, pretende, con un equipo técnico y comercial altamente cualificado, seguir

posicionándose como una empresa diferencial y referente en el sector de la automatización e integración de procesos industriales, tanto en España como en el extranjero”.

Es relevante apuntar la información accesible en la web citada, <http://www.grupodgh.es/innovacion>, sobre los proyectos de I+D+i en los que la empresa está colaborando con organizaciones o estamentos nacionales o europeos:

- INTEGRADDE: Proyecto insignia europeo, cuyo objetivo es revolucionar la incorporación de la impresión 3D de componentes metálicos en la industria.
- ROMOFLEX: Plataforma móvil robotizada low-cost para la preparación de pedidos de manera flexible y reconfigurable.
- PROFETA: El objetivo principal es conseguir la fabricación flexible en gama de productos mediante la reconfiguración dinámica de la planta.
- RECUPERA: Interesante proyecto para desarrollar una nueva solución que combina robótica y entornos virtuales para la recuperación de la funcionalidad de pacientes afectados por daño cerebral.
- THOMAS: Se basa en sistemas robóticos móviles de doble brazo con conocimiento integrado para sistemas de fabricación híbridos y reconfigurables dinámicamente.
- VERSÁTIL: Proyecto de aplicaciones robóticas innovadoras para líneas de producción altamente reconfigurables.
- ROBERTO: Sistema robotizado industrial cuya finalidad es el uso seguro de robots industriales.
- SMARTFACTORY: Proyecto de gran interés que consiste en una rigurosa investigación sobre tecnologías habilitadoras de sistemas inteligentes para las fábricas del futuro.
- ReCam: El objetivo principal es la reconfiguración rápida de sistemas de producción flexibles.
- ROBLE: Proyecto que incluya una arquitectura de control multi-robot para aplicaciones logísticas flexibles y escalables.

Para una información más amplia sobre cada uno de estos proyectos, se puede consultar la web citada <http://www.grupodgh.es/innovacion>.

Además, en Innovación, se trabaja de manera constante en la búsqueda tecnológica de soluciones innovadoras, con el objetivo de conseguir la tecnología más actual en el mercado global y que sea interesante para toda la actividad productiva de la empresa. Dicho análisis y seguimiento exhaustivo de la realidad industrial o vigilancia tecnológica, permite identificar rápidamente nichos de mercado en diferentes sectores industriales y países, para ofrecer planteamientos novedosos que aporten ventajas técnicas y/o económicas y competitivas a los clientes.

Otra cuestión a destacar es la creación y valoración de entornos colaborativos, donde se trabaja en la creación y mantenimiento de diferentes redes de conocimiento, que fomenten la colaboración entre clientes, proveedores de tecnología y Centros Tecnológicos, sin perder de vista el ámbito industrial y sus necesidades.

Igualmente, en este departamento, destaca como técnica de vanguardia al servicio de la innovación, la visión artificial aplicada a procesos industriales. Un equipo de técnicos especializados, junto con la colaboración de diferentes proveedores de dicha tecnología, permite a la empresa emplear los últimos avances para la realización de proyectos como, sistemas de inspección OCR's y OCV's, instalaciones para el análisis dimensional de piezas, análisis de control superficial y otros. La empresa ha sido pionera en la utilización de la visión 3D para el guiado de robots antropomórficos, con alto rendimiento en soluciones complejas para procesos de fabricación exigentes y difíciles en diferentes sectores industriales”.

## **2.2 DIRECCIÓN DE PROYECTOS: EL MODELO PMBOK.**

Aunque se supone en el momento de finalización del Máster, un cierto grado de conocimiento de esta disciplina cursada, consideramos muy útil elaborar este apartado, al objeto de esclarecer y fijar los conceptos, tanto de proyecto como de dirección de proyectos y así establecer el marco conceptual en el que vamos a desarrollar el mismo.

El actual marco competitivo global está dominado por un rápido avance del conocimiento, un vertiginoso cambio tecnológico y una innovación continua en las empresas, con el objetivo de desarrollar nuevos productos que se adapten mejor a las necesidades de los clientes. Además, los ciclos de vida de estos productos y servicios son cada vez más cortos, pudiéndose ser una de las claves por la que el trabajo se orienta cada vez más en “modo proyecto”, en detrimento de la habitual forma de trabajo por procesos.

Por tanto, la actividad desarrollada en las empresas orientada a proyectos, como la descrita en el apartado anterior, toma como unidad fundamental el proyecto. Esto supone un cambio de cultura con respecto a lo habitual, pero vislumbra un campo abierto de trabajo para profesionales con conocimientos y especializados en dirección de proyectos. Factores como la necesidad de aumentar la eficiencia de los recursos suponen un estímulo para profundizar en el estudio y mejora de esta materia.

Parece conveniente definir, en primer lugar, lo que se entiende por proyecto. Existen distintos autores que han aportado su visión sobre este concepto.

La mejor fuente a la que recurrir para ello, es el Project Management Institute (PMI), que es la asociación de profesionales de la dirección de proyectos con mayor número de socios. Define el término proyecto, en su Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBoK®), sexta edición, como:

“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (Project Management Institute, 2017). A su vez, Producto, servicio o resultado único, se concreta en: “Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables. Un objetivo se define como una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar. Un entregable se define como cualquier producto, resultado o capacidad única y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto. Los entregables pueden ser tangibles o intangibles”.

Por su parte, la International Project Management Association (IPMA) <https://www.ipma/> que representa, desde 1965, la más antigua de las organizaciones para el desarrollo y promoción de la dirección de proyectos; en realidad es una federación internacional compuesta por más de 70 asociaciones de dirección de proyectos, contempla la siguiente definición de proyecto en su publicación de Individual Competence Baseline (ICB):

“Un proyecto es una operación limitada en tiempo y coste para materializar un conjunto de entregables definidos (el alcance para cumplir los objetivos del proyecto) de acuerdo con unos requisitos y estándares de calidad”.

Estas serían dos definiciones orientadas en la línea conceptual seguida por los profesores del Máster, pero revisando las aportaciones de otros científicos relacionadas con el concepto, resultan de interés las siguientes:

Combinación de recursos humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado, crear un producto o servicio único (Cleland and King, 1983)

Proyecto, según el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española, actualización de 2018, en la segunda acepción: “Planta y disposición que se forma para la realización de un tratado, o para la ejecución de algo de importancia” y en la cuarta: “Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería” <https://dle.rae.es/?id=UV6hPaS>.

Así, el objetivo se refiere al resultado que se quiere conseguir con la realización del mismo. El alcance es todo el trabajo a realizar para la ejecución del proyecto y la

consecución del objetivo. El coste establece la variable económica del proyecto y, por último, el plazo establece su carácter temporal.

Otros aspectos importantes que condicionan el proyecto son la complejidad y el dinamismo. La primera se refiere al enorme número de variables que intervienen y que hace difícil su modelización. El dinamismo está provocado por el entorno en el que se desarrolla y por el propio proyecto. Así, los entornos en los que se llevan a cabo pueden ser cambiantes y diversos, pudiendo influir, entre otros, las condiciones climatológicas, las fluctuaciones en los mercados o incluso los cambios en la legislación. Para comprender el dinamismo del proyecto, debemos tener en cuenta que se trata de entes vivos que van madurando a medida que se va realizando por ejecución progresiva.

Tomando como base estas ideas sobre complejidad y dinamismo, se observa que en un proyecto es fundamental atender a las necesidades manifestadas por todos los grupos de interés. En el caso concreto de este trabajo, los intereses del cliente y los cambios a introducir en función de las nuevas situaciones que aparecen en su realización, teniéndose que adoptar soluciones encaminadas a satisfacer el objetivo del proyecto.

Analizado el concepto de proyecto, se considera conveniente describir brevemente el otro término importante, que es “dirección de proyectos”. En este caso, una aproximación a su significado sería la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer el conjunto de requisitos y objetivo del propio proyecto. Y se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. El director del proyecto es la persona responsable de alcanzar los objetivos del proyecto (Project Management Institute, 2017).

La dirección de un proyecto incluye:

- Identificar los requisitos.
- Establecer unos objetivos claros y posibles de realizar.
- Equilibrar las demandas concurrentes de calidad, alcance, tiempo y costes.
- Adaptar las especificaciones, los planes y el enfoque a las diversas inquietudes y expectativas de los diferentes interesados.

Los directores del proyecto a menudo hablan de una triple restricción compuesta por el alcance, los tiempos y costes del proyecto, a la hora de gestionar los requisitos concurrentes de un proyecto. La calidad del proyecto se ve afectada por el equilibrio de estos tres factores. Los proyectos de alta calidad entregan el producto, servicio o resultado requerido con el alcance solicitado, puntualmente y dentro del presupuesto.

Para que un proyecto tenga éxito, el equipo del proyecto debe:

1. Seleccionar los procesos apropiados dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos que sean necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto.
2. Usar un enfoque definido para adaptar las especificaciones del producto y los planes, de tal forma que se puedan cumplir los requisitos del proyecto y del producto.
3. Cumplir con los requisitos para satisfacer las necesidades, deseos y expectativas de los interesados.
4. Equilibrar las demandas concurrentes de alcance, tiempo, costes, calidad, recursos y riesgos para producir un producto de calidad.

Se consideran como funciones básicas del director de proyectos las siguientes:

- Realizar el proyecto alcanzando los objetivos
- Relaciones Externas ante:
  - ✓ Proveedores.
  - ✓ Empresas de Ingeniería.
  - ✓ Clientes.
  - ✓ Administración pública.
- Relaciones internas como:
  - ✓ Definición y asignación de los trabajos a realizar.
  - ✓ Planificación.
  - ✓ Establecimiento de sistemas de información y comunicación.
  - ✓ Control y aplicación de acciones correctoras.

Las empresas, como la que es objeto de este Trabajo Fin de Máster, que desarrollan, diseñan, fabrican, montan y ponen en marcha instalaciones automáticas y robotizadas, necesita una adecuada y eficiente dirección de sus proyectos. Por ello se considera necesario describir brevemente dos herramientas, los programas y las carteras de proyectos.

Un programa de proyectos es un conjunto de proyectos que se gestionan de forma coordinada para conseguir un objetivo común. Una cartera o portafolio de proyectos



es un conjunto de proyectos o programas, no necesariamente relacionados entre sí, reunidos a efectos de control, coordinación y optimización de la cartera en su totalidad.

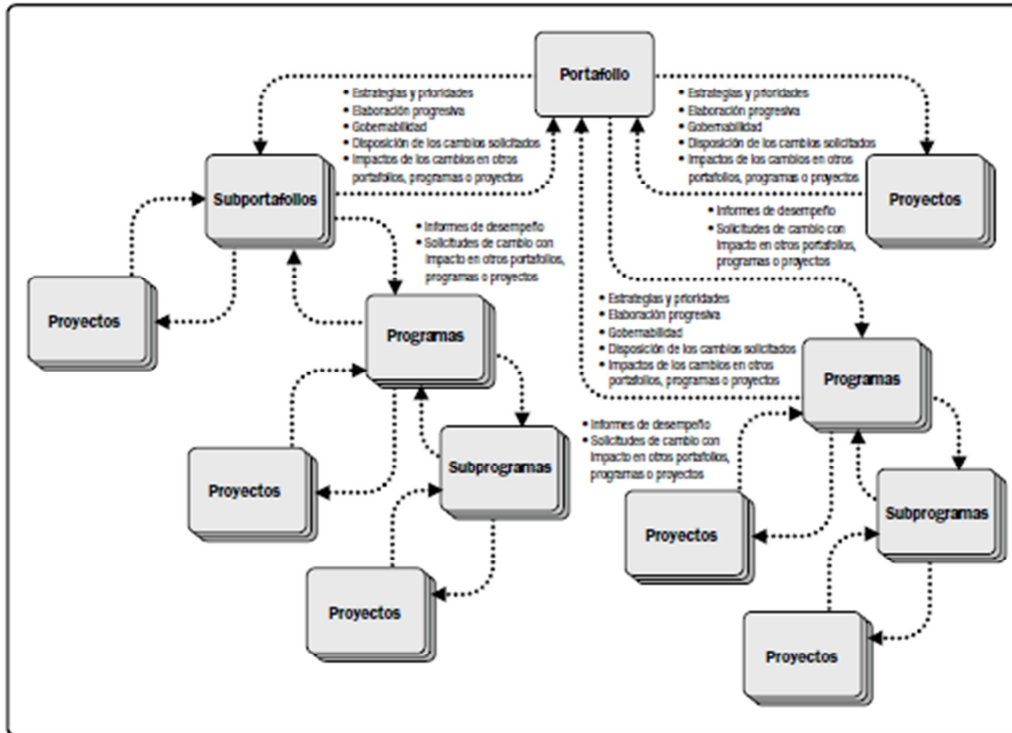


Gráfico 2.1. Interacciones entre la dirección de proyectos, la dirección de programas y la gestión del portafolio. Fuente: PMBOK 5ª edición

En gráfico 2.1 se reflejan claramente las interacciones entre proyecto, programas y cartera o portafolio, considerándose estas relaciones y las tareas asignadas en cada uno de los niveles, fundamentales en la dirección de proyectos, para empresas que desarrollan múltiples proyectos de automatización, como es el caso de la compañía en la que se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en este Máster y que se recogen en este documento.

Para ello se pretenden adaptar, en los siguientes capítulos, las distintas áreas de conocimientos desarrolladas por (Project Management Institute, 2017) y reflejadas en el gráfico 2.2.

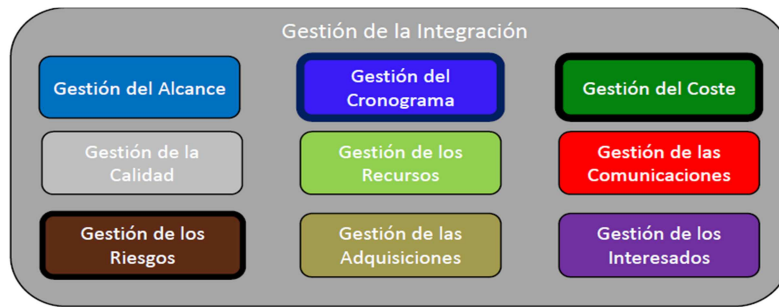


Gráfico 2.2. Áreas de conocimiento PMI. Fuente: Asignatura Documentación del Master.

Para finalizar este capítulo, se quiere mencionar que en varias ocasiones se han utilizado los términos: dirección y gestión. Toda gestión implica la toma de decisiones, que, llevada al ámbito de la dirección de proyectos, se tendrá que actuar, entre otros, sobre los grupos de trabajo, la financiación y el tiempo necesarios. Partiendo de la disponibilidad de estos recursos, se deben establecer precedencias, asignar partidas económicas, coordinar, resolver problemas, etc., siendo este el valor añadido que aporta la dirección de proyectos.

Como responsable máximo de la gestión del proyecto es necesaria la figura del Director del proyecto o *Project manager*. Se trata de la persona que lidera el proyecto y, por tanto, como decisor se convierte en el responsable principal del éxito o fracaso del proyecto. El objetivo del Máster en Dirección de Proyectos, para el cual se realiza este documento de Trabajo Fin de Máster, es formar personas que reúnan las características o competencias necesarias para desempeñar este difícil papel de la forma más satisfactoria posible. Para ello, se documentan los siguientes capítulos referidos a cada una de las áreas de conocimiento descritas por PMI (2017) y aplicadas a un importante Proyecto de robotización de una línea de producción. Tales áreas son: Integración, Alcance, Cronograma, Costes, Calidad, Recursos, Comunicaciones, Riesgos, Adquisiciones e Interesados.

### **3. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN**

En el área de Gestión de la Integración se describen todos los procesos que permiten integrar o encajar los conceptos relacionados con el resto de grupos de procesos que determinan el Plan para la dirección de proyectos, al objeto de cumplir las expectativas de los interesados y los requisitos establecidos.

El objetivo de la gestión de la integración del proyecto, es coordinar los diversos procesos de dirección del proyecto. Esta actividad es especialmente compleja, ya que los procesos necesarios para la dirección de proyectos interactúan entre sí, se superponen, evolucionan y cambian a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Es por ello que la integración del proyecto deberá incluir un sistema de adecuación del plan de proyecto a los cambios que se produzcan. Además deberá contener las actividades necesarias para gestionar los documentos del proyecto, asegurando la coherencia con el Plan para la dirección de proyecto y los entregables del proyecto. Los procesos generales contenidos en la Gestión de la Integración son los siguientes:

1. Redactar el acta de constitución del proyecto. Autorizar formalmente el proyecto.
2. Desarrollar el plan para la dirección del proyecto. Definir los planes subsidiarios y asegurar su coherencia.
3. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto. Llevar a cabo el trabajo definido en el plan de proyecto.
4. Gestionar el conocimiento del proyecto. Contribuir al aprendizaje organizacional a partir del conocimiento del proyecto.
5. Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto. Hacer el seguimiento del proyecto e informar de su avance.
6. Realizar el control integrado de cambios. Analizar solicitudes de cambio, gestionar cambios y comunicar decisiones.
7. Cerrar el proyecto o fase. Completar formalmente el proyecto (o fase).

Dentro de todos estos procesos, en el caso aplicado del proyecto que nos ocupa, se desarrollan, principalmente, los procesos de acta de constitución, control integrado de los cambios y cierre del proyecto. El resto de los procesos se desarrollan también en capítulos posteriores o apenas son utilizados por la empresa en los proyectos de robotización de líneas de producción.

### 3.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

En este proceso se autoriza formalmente el proyecto y se documentan los requisitos iniciales que deben satisfacer las necesidades y expectativas de los interesados (en nuestro caso fundamentalmente el cliente). Todo ello se refleja en la tabla 3.1.

<b>ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b><u>1. Descripción del proyecto</u></b>	
Robotización de una línea de producción para el montaje de la carrocería en un vehículo automóvil.	
<b><u>2. Objetivos medibles o criterios de éxito</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de la maquinaria necesaria</li> <li>• Gestión de los suministros necesarios</li> <li>• Aplicación de los sistemas de control</li> <li>• Realización de pruebas antes de puesta en marcha</li> <li>• Normativa de seguridad</li> <li>• Formación</li> </ul>	
<b><u>3. Requisitos de alto nivel</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La instalación debe estar en funcionamiento en fecha</li> <li>• La línea debe operar de acuerdo con los parámetros acordados</li> <li>• Los costes no deben superar el 10% del presupuesto</li> <li>• Se debe entregar la documentación técnica</li> </ul>	
<b><u>4. Riesgos de alto nivel</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso en la disponibilidad de la instalación</li> <li>• No tener el personal suficiente</li> <li>• Fallos en las empresas suministradoras de robots</li> <li>• Problemas en la puesta en marcha</li> <li>• Cambios en el alcance por nuevos requerimientos del cliente</li> </ul>	
<b><u>5. Cronograma de hitos.</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño mecánico y eléctrico de la instalación.</li> <li>• Cerrar contratos con proveedores (robot, PLC, mesas de trabajo, elementos eléctricos...).</li> <li>• Entrega de máquinas.</li> <li>• Programación.</li> <li>• Puesta en marcha.</li> </ul>	
<b><u>6. Requisitos de aprobación del proyecto</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacción del cliente con la línea robotizada entregada en fecha acordada</li> <li>• Cumplir en coste, plazo y alcance</li> </ul>	
<b><u>7. Director del Proyecto</u></b>	
Director de Ingeniería	
<b><u>8. Promotor del Proyecto</u></b>	
Consejero Delegado	
<b><u>Firma del Director del Proyecto</u></b>	<b><u>Firma del Promotor del Proyecto</u></b>

Tabla 3.1. Acta de Constitución del Proyecto. Elaboración propia.

## 3.2 PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Elaborar un plan para la dirección del proyecto sirve para definir, preparar, integrar y coordinar todas las actividades necesarias para desarrollar con éxito el proyecto. Este plan define cómo se va a ejecutar, monitorear, controlar y cerrar el proyecto. Requiere coordinar múltiples y distintos aspectos del mismo y tener en cuenta que posiblemente aparecerán cambios y riesgos imprevistos.

El plan para este proyecto se basa en las áreas de conocimiento de la Guía PMBOK®, 6ª edición, que se indican a continuación (PMI, 2017):

- Plan de Gestión de la Integración.
- Plan de Gestión del Alcance.
- Plan de Gestión del Cronograma.
- Plan de Gestión del Coste.
- Plan de Gestión de la Calidad.
- Plan de Gestión de los Recursos.
- Plan de Gestión de las Comunicaciones.
- Plan de Gestión de los Riesgos.
- Plan de Gestión de las Adquisiciones.
- Plan de Gestión de los Interesados.

También debe incluir las líneas base de costos, del cronograma y del alcance, además de un plan de gestión de cambios y una línea base para la medición del desempeño.

## 3.3 DIRIGIR Y GESTIONAR EL PROYECTO

El director del proyecto es el encargado de dirigir y gestionar la ejecución del proyecto. Este cometido implica llevar a cabo los planes establecidos en el plan para la dirección del proyecto, adecuándolos a los cambios que se produzcan y aprueben durante la ejecución del proyecto; mediante un proceso de control integrado de cambios.

Para desarrollar una buena dirección y gestión del proyecto se debe definir el trabajo a realizar en cada uno de los planes subsidiarios en los que se ha dividido, elaborando una serie de actividades que permitan el correcto desarrollo del mismo, asegurándose su coherencia.

Entre estas actividades, no exclusivas, se pueden encontrar tareas realizadas para satisfacer los requisitos de los interesados del proyecto, crear entregables, gestionar los riesgos, desarrollar un plan de calidad, establecer y gestionar los canales de comunicación necesarios, etc.

Para la gestión de la ejecución del proyecto se emplearán herramientas informáticas, tales como *MS Project* y activos de los procesos de la organización, tipo programas de gestión que se utilicen en la empresa. A través de una adecuada dirección de la ejecución del proyecto, el director del mismo conseguirá los entregables esperados, así como información sobre el desempeño del proyecto, acciones correctoras o preventivas (como resultado de las solicitudes de cambio aprobadas) y actualizaciones al plan para la dirección del proyecto o alguno de sus planes subsidiarios.

A medida que vaya avanzando el proyecto se irán alcanzando los entregables, se informará del desempeño alcanzado y de las solicitudes de cambio, actualizando el plan de proyecto y los documentos correspondientes.

Con el fin de recopilar la información sobre el estado de las diferentes actividades o entregables del proyecto a lo largo de su ciclo de vida, se harán periódicamente informes de desempeño, en un principio semanales, como los reflejados en la tabla 3.2.; de este modo, toda la evolución del proyecto estará documentada, organizada y estructurada.

Actividad o Entregable	Variación cronograma	Variación del coste	Presupuesto a conclusión	Proyección a conclusión	Logros alcanzados	Tareas pendientes

Tabla 3.2. Modelo de informes de desempeño. Elaboración propia.

### 3.4 GESTIONAR EL CONOCIMIENTO DEL PROYECTO

El proceso de gestionar el conocimiento del proyecto, permite definir la manera en que se debe contribuir al aprendizaje organizacional, a partir del conocimiento generado en el proyecto.

Para ello, se parte del conocimiento útil existente en la organización para el proyecto a implementar y, a partir de este, crear nuevos conocimientos que contribuyan a desarrollar con éxito el nuevo proyecto; con el objetivo de que el conocimiento generado esté disponible para apoyar las operaciones a realizar y, también, a los futuros proyectos o fases.

Para el proyecto que se plantea en este Trabajo Fin de Máster, la gestión eficiente del conocimiento es fundamental, tanto para realizar el mismo, dado que esta ejecución se debe apoyar en los conocimientos generados en anteriores proyectos, así como

para el desarrollo de futuros proyectos, mediante la elección y documentación de las lecciones aprendidas y mejores prácticas, para una exitosa elaboración de los mismos.

En este contexto, se puede plantear que el conocimiento crítico y necesario puede ser de carácter tácito o explícito. El primero es el conocimiento que posee cada una de las personas que integran el proyecto y que aún no ha sido compartido con el resto de los miembros del equipo ni de la organización. Por su parte, el conocimiento explícito es el conocimiento que ya está estandarizado, formalizado y documentado, y, por tanto, puede ser utilizado por el equipo del proyecto y por las personas de la organización que lo necesiten.

Definidos los tipos de conocimiento, debemos esclarecer qué conocimientos son tácitos y, por tanto, de más difícil acceso para el conjunto de las personas, pero, seguramente, de mayor impacto para el éxito del proyecto. En nuestro caso se trata, fundamentalmente, del conjunto de conocimientos relacionados con la programación de robots que deben tener los miembros del equipo. El resto deberían ser conocimientos explícitos y, en consecuencia, estar a disposición de toda la empresa.

Además, las características de los conocimientos explícitos es que son identificables, registrables y están localizados. Para ello a lo largo de este proyecto, preferentemente, en el Capítulo 2: Gestión de la Integración, en el Capítulo 5: Gestión de los Costes y en el Capítulo 11: Gestión de los Interesados, se ha tratado de registrar, en los distintos documentos, este importante aspecto de lecciones y prácticas aprendidas. Todas deben ser analizadas y valoradas para decidir cuáles de ellas pasan a formar parte de los conocimientos explícitos de la organización. En esto radica una parte importante de la eficiencia y reducción de costes y riesgos del proyecto.

Se ha diseñado un formato tipo para registrar el conocimiento, considerando importante señalar el capítulo y proceso afectado, definir el problema surgido y registrar la solución adoptada, junto con recomendaciones de actuación en similares situaciones, como se puede observar en la Tabla 3.3.

<b>CONOCIMIENTO EXPLICITO DEL PROYECTO.....</b>	
Capítulo.....	Proceso....
Descripción del conocimiento:	
Problema surgido:	
Solución adoptada:	
Recomendaciones de actuación:	
Programador que aporta el conocimiento:	Responsable del proyecto:

Tabla 3.3. Registro del conocimiento explícito. Elaboración propia.

Los conocimientos explícitos ordenados por capítulos y, en cada uno de ellos, por procesos, permitirá contar con un documento de consulta accesible para todos los miembros de la organización, que resultará de gran utilidad cuando se les presenten distintas complicaciones en la ejecución de los diferentes y variados proyectos. Sin olvidar la necesaria actualización y adaptación que todo conocimiento conlleva. De este modo se permite la identificación y accesibilidad al conocimiento generado en la organización, requisito clave en este proceso de gestión del conocimiento.

### **3.5 MONITORIZAR Y CONTROLAR EL TRABAJO DEL PROYECTO**

Para conocer el estado del proyecto, así como las incidencias ocurridas, se deben establecer mecanismos de seguimiento y control. El director del proyecto deberá controlar el trabajo del proyecto, o lo que es lo mismo, comparar el trabajo real ejecutado, respecto al proyectado en el plan para la dirección del proyecto.

Partiendo del Plan para la dirección del proyecto y las líneas base del mismo, la responsabilidad del director del proyecto consiste en verificar y comprobar el trabajo del proyecto, mediante informes de desempeño, activos de los procesos de la organización y factores ambientales de la empresa.

En este proceso de control, se deben crear unas líneas base de tiempo, costes y alcance, para poder comparar el logro actual del proyecto respecto al estimado,



incluyendo también un buen proceso de control de cambios (control integrado de cambios) que pueda generar acciones correctoras, preventivas o reparación de defectos. Además es necesario vigilar también los nuevos riesgos que puedan influir en el proyecto (de manera negativa o positiva).

Por último, el proceso de monitoreo y control, incluye recopilar toda la documentación para la actualización del plan para la dirección del proyecto y los documentos del mismo.

### **3.6 REALIZAR EL CONTROL INTEGRADO DE CAMBIOS**

Durante el transcurso del proyecto pueden producirse cambios por distintas situaciones sobrevenidas. Al objeto de minimizar las probabilidades de ocurrencia de estos cambios se debe intentar identificar los riesgos que puedan influir en la línea base del proyecto e implementar medidas que permitan disminuir o eliminar su probabilidad e impacto.

Cuando se detecte una no conformidad que pueda afectar al proyecto y con el fin de poder realizar un adecuado análisis de su posible impacto, el director de proyecto emitirá una solicitud de cambio como la reflejada en la tabla 3.4., de manera que todos los posibles cambios detectados estén documentados, organizados y estructurados. Si una solicitud se considera viable, pero está fuera del alcance del proyecto, su aprobación requerirá un cambio en la línea base.

<b>SOLICITUD DE CAMBIO</b>	
Proyecto	
Número solicitud	
Fecha	
Solicitante	
Descripción	
Motivación	
Efectos en el proyecto	
Efecto en el alcance	
Efecto en el plazo	
Efecto en el coste	
Otros efectos	
Observaciones	
Genera cambio	
Realizado por	
Firma	

Tabla 3.4. Ficha de solicitud de cambio. Elaboración propia.

Todas las solicitudes de cambio, tanto si son aprobadas como rechazadas, se documentarán a través de la ficha de control de cambios diseñada en la tabla 3.5, al objeto de realizar su registro, seguimiento y control.

Número de orden	Código solicitante	Fecha	Descripción	Comunicación interesados	Estado desarrollo	Cierre

Tabla 3.5. Ficha de control de cambios. Elaboración propia.

### 3.7 CERRAR EL PROYECTO O FASE

A medida que se van terminando las actividades, puede llegarse al final de una fase o de un entregable, o al final del proyecto y proceder a su cierre.

El proceso consiste en concluir todas las actividades para completar formalmente el proyecto. De esta forma, el director del proyecto se asegura que se ha realizado todo el trabajo previsto y que el proyecto ha alcanzado sus objetivos. Esto requiere completar formalmente los documentos que conforman la fase, entregable o proyecto.

Entre los documentos recomendados se encuentra el informe de cierre, que debe recoger las distintas informaciones que presenten un escueto resumen del estado del proyecto.

También se recomienda elaborar un documento donde se reflejen las lecciones aprendidas, consistentes en plasmar las conclusiones obtenidas de la experiencia y hechos ocurridos durante el transcurso del proyecto. Estas lecciones deben servir de aprendizaje para el desarrollo de futuros proyectos y, con ello, alcanzar un mayor éxito en el desempeño.

Por último, se recomienda elaborar un acta de reuniones, mantenidas con los interesados. Es aconsejable para documentar todas las reuniones y especialmente las de seguimiento, de tal manera que cualquier persona implicada en el proyecto pueda disponer de la información sobre asuntos tratados, acuerdos y compromisos alcanzados. Es importante, además, que al cierre del proyecto se revise esta documentación, se archive convenientemente y en lugar seguro.

## 4. GESTIÓN DEL ALCANCE

La Gestión del Alcance del Proyecto es el capítulo que incluye y desarrolla todos los procesos necesarios, para garantizar que el proyecto contiene el trabajo requerido para completarlo con éxito. Además, permite establecer mecanismos de control y de seguimiento completo.

La guía PMBOK® (PMI, 2017) establece seis procesos básicos para una gestión satisfactoria del alcance del proyecto, que son los siguientes: planificar la gestión del alcance, recopilar requisitos, definir el alcance, crear la EDT, validar el alcance y controlar el alcance.

### 4.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL ALCANCE

Esta planificación tiene como objetivo definir, validar y controlar el alcance del proyecto. Para ello debemos establecer las siguientes actuaciones:

- Elaborar un enunciado detallado del alcance del proyecto.
- Crear la EDT a partir del enunciado del alcance.
- Obtener la aprobación formal de los entregables que se hayan completado.
- Procesar las solicitudes de cambio relativas al enunciado del alcance del proyecto.

Siguiendo los pasos anteriores y para este proyecto, el enunciado del alcance es programar los robots y realizar su puesta en marcha en una línea de producción de una empresa industrial, tal y como se ha reflejado en la tabla 3.1. Definición del alcance. A continuación se ha desarrollado la EDT para un proyecto de robotización de una línea de producción tipo. La aprobación formal de los entregables la realizará el director regional de proyectos, en base a la negociación realizada con el cliente; al igual que las potenciales solicitudes de cambio en el enunciado.

### 4.2 RECOPIRAR REQUISITOS

Definir y documentar las necesidades de los interesados, en nuestro caso los clientes, es el conocimiento que tratamos de desarrollar en este apartado, al objeto de ejecutar lo estipulado en el proyecto por el cliente.

Los requisitos a cumplir están definidos por el cliente y plasmados en la documentación técnica entregada para robotizar cada línea de producción. En nuestro

caso se definen los dos requisitos genéricos comunes para cualquier proyecto de robotización y no se entra en la recopilación de requisitos particulares de cada cliente, por respeto a estos. A continuación se enuncian los requisitos genéricos para este proyecto.

- La línea de producción robotizada debe realizar sus tareas de acuerdo a las especificaciones fijadas por el cliente.
- La línea de estar operativa en la fecha fijada.

Respecto a las tareas de programación necesarias se medirán en horas, de acuerdo al número de robots que tenga la línea, su complejidad y la experiencia de los programadores. De este modo se puede cuantificar el avance, además de facilitar su consecución.

### **4.3 DEFINIR EL ALCANCE**

Consiste en asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido -y sólo el trabajo requerido- para completar satisfactoriamente el proyecto. Por tanto, el alcance de un proyecto define sus límites.

En general, para definir el alcance del proyecto se debe realizar una descripción detallada de los entregables del proyecto y del trabajo necesario para conseguirlos. Estos entregables son activos (tangibles o intangibles) creados para el proyecto.

Pueden producirse modificaciones en el alcance, pero cuanto más tarde se modifique este, mayor será el potencial impacto en duración, costes y riesgos. En cualquier caso, los cambios en el alcance deben seguir un procedimiento, estar documentados y contar con la aprobación del director de proyecto. También pueden aparecer problemas estrechamente ligados con el alcance del proyecto, como que no esté claramente definido, no incluya todo el trabajo necesario, no se sigan los procedimientos de cambio estipulados o no sea compartido por algunos interesados. Por ello, la definición del alcance del proyecto se materializa en un documento llamado enunciado del alcance del proyecto.

Un atinado y buen enunciado del alcance contiene, como mínimo, los siguientes elementos:

- La descripción del alcance del proyecto: Incluye las características del producto, servicio o resultado para el que se crea el proyecto.
- Los entregables del proyecto: No son solo el resultado final, sino también resultados intermedios.
- Las restricciones del proyecto: Son aquellas que limitan las opciones del equipo de proyecto.

Consecuentemente, para la elaboración del enunciado del alcance de este proyecto de robotización se describe detalladamente el objeto y lo que se va a realizar en el mismo, según las necesidades de los interesados (Tabla 4.1.). Para ello hemos partido de un enunciado general, para, después, definir exclusiones, restricciones, supuestos, criterios de aceptación del proyecto, entregables y requisitos para un proyecto de robotización de una línea de producción.

<b>DEFINICIÓN DEL ALCANCE</b>
<b>1.- Enunciado del Alcance del Proyecto.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el diseño mecánico y eléctrico de la instalación.</li> <li>• Montaje de los equipos (robots, PLCs, armarios eléctricos, cableado, mesas de trabajo)</li> <li>• Programación autómatas y robótica.</li> <li>• Certificación del proyecto.</li> </ul>
<b>2.- Exclusiones</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se realiza ninguna actividad sobre el producto a fabricar en la línea.</li> <li>• Los trabajos se limitarán exclusivamente a la línea objeto del proyecto.</li> </ul>
<b>3.- Restricciones</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dispone de los requerimientos del cliente.</li> <li>• El trabajo realizado en la línea no debe provocar ninguna disminución de productividad del resto de líneas de producción.</li> </ul>
<b>4.- Supuestos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los requerimientos del diseño de la línea definidos por el cliente no se van a modificar a lo largo del proyecto.</li> <li>• El espacio en la zona de trabajo dispuesto por el cliente será lo suficientemente amplio para permitir la ejecución correcta de todas las tareas.</li> </ul>
<b>5.- Criterios de aceptación del proyecto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que estén todas acciones a realizar por el cliente, previas al inicio del proyecto, hechas en fecha.</li> <li>• Que los espacios y los medios que afectan al cliente estén disponibles al inicio del proyecto.</li> </ul>
<b>6.- Entregables</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratos con proveedores de robots.</li> <li>• Montaje de la instalación.</li> <li>• Puesta en marcha de la línea aceptada por la empresa.</li> <li>• Documentación técnica.</li> </ul>
<b>7.- Requisitos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La línea de producción robotizada debe realizar sus tareas de acuerdo a las especificaciones fijadas por el cliente.</li> <li>• La línea debe estar operativa en la fecha fijada.</li> </ul>

Tabla 4.1. Alcance del proyecto. Elaboración propia.

## 4.4 CREAR LA EDT

La EDT (Estructura de Desglose del Trabajo) es una descomposición jerárquica relativa al trabajo requerido para lograr los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. Esta EDT estructura proyectos grandes y complejos en unidades de trabajo más pequeñas y fáciles de manejar, llamadas paquetes de trabajo. El nivel que se debe emplear para desagregar el trabajo, será el necesario para poder asignar un responsable y un ejecutor a cada uno de los paquetes/subpaquetes definidos.

Existen dos aproximaciones para crear la EDT, que son, la descomposición por fases y la descomposición por entregables. Lo más habitual es emplear una combinación de ambas, siendo la más utilizada, ya que ninguno de los dos métodos por separado es mejor que el otro.

En un proyecto de robotización tipo, los robots vienen instalados por el proveedor y las tareas de programación son desarrolladas normalmente por un equipo de tres personas: responsable del proyecto y dos programadores (robótico y automatista) .

La identificación de los entregables del proyecto y del trabajo necesario para producirlos, exige analizar el enunciado del alcance del proyecto, para identificar todo el trabajo; siendo el nivel más bajo de la EDT el punto de partida para la definición de las actividades del proyecto y así poder estimar el tiempo y el coste de una forma fiable.

Se debe emplear un sistema de codificación, recomendándose no utilizar números correlativos para ordenar los paquetes o subpaquetes, puesto que no permitirían introducir nuevos elementos sin alterar la numeración anterior.

Es muy interesante cumplir una serie de buenas prácticas en la creación de una EDT. Algunas de ellas, se citan a continuación:

- No asignar más de nueve elementos en un mismo nivel de desagregación.
- Incluir siempre un paquete de gestión, preferiblemente en primer lugar.
- Insertar un paquete de cierre, preferiblemente en último lugar.
- Usar sustantivos para nombrar los paquetes y subpaquetes de trabajo.

También se debe crear un diccionario de la EDT. Se trata de una documentación adicional para cada elemento, que puede incluir aspectos como los que se indican a continuación:

- La descripción del trabajo.
- El responsable.



- El ejecutor.
- Los hitos del cronograma asociados.
- Las actividades asociadas.
- Los recursos necesarios.

La línea base del alcance se considera el origen o referencia sobre la que se evalúan los posibles cambios y se utiliza para medir los resultados del proyecto. Está constituida por la definición del alcance, la EDT y el diccionario de la EDT.

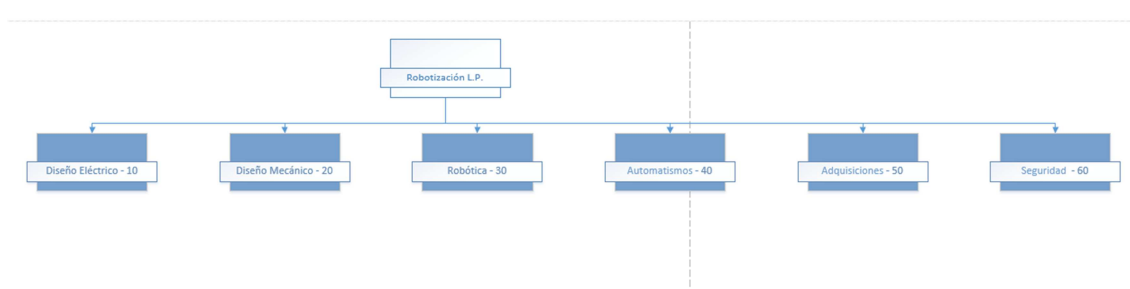


Gráfico 4.1. Estructura general EDT. Elaboración propia.

<b>Código</b>	10
<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Diseño Eléctrico
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Diseño Eléctrico
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Diseño Eléctrico
<b>Entregables</b>	Documentación diseño, cableado y montaje equipos eléctricos
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Diseño cableado equipos eléctricos
	o Diseño montaje equipos eléctricos
	o Diseño según estándares internacionales, nacionales e internos del cliente.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

**Código** 20

<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Diseño Mecánico
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Diseño Mecánico
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Diseño Mecánico
<b>Entregables</b>	Documentación y montaje equipos mecánicos
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Diseño montaje equipos mecánicos
	o Diseño elementos mecánicos que proveedores mecanizaran
	o Diseño según estándares internacionales, nacionales e internos del cliente.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

**Código** 30

<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Robótica
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Robótica
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Robótica
<b>Entregables</b>	Programas trabajo robots
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Programación de los robots
	o Dar asistencia durante el tiempo acordado con el cliente.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

**Código** 40

<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Automatismos
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Automatismos
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Automatismos
<b>Entregables</b>	Programas PLCs
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Programación PLCs
	o Dar asistencia durante el tiempo acordado con el cliente.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

<b>Código</b>	50
<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Adquisiciones
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Compras
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Compras
<b>Entregables</b>	Documentación con Proveedores
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Ofertar los elementos necesarios del proyecto. o Hacer de enlace entre los proveedores y la empresa.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

<b>Código</b>	60
<b>Nombre del Paquete de trabajo</b>	Seguridad
<b>Responsable</b>	Jefe Departamento Prevención y Seguridad
<b>Ejecutor</b>	Miembro Departamento Prevención y Seguridad
<b>Entregables</b>	Documento CCS de validación de seguridad
<b>Hitos</b>	Realización del entregable
<b>Actividades</b>	o Validación seguridad en las zonas donde se ha trabajado.
<b>Recursos</b>	Trabajadores de la empresa (horas-hombre)
<b>Descripción del Criterio de Aceptación</b>	

Tablas 4.2. Estructura particular EDT. Elaboración propia.

#### 4.5 VALIDAR EL ALCANCE

Consiste en obtener la aceptación formal por parte de los interesados del alcance del proyecto completado y de los productos entregables relacionados. En el caso de que un entregable no fuera aceptado, se documentarían los motivos de este hecho, que podrían utilizarse para una solicitud de cambio.

Para formalizar la aceptación de entregables que se han completado en este proyecto, se procede a una revisión de los correspondientes entregables por parte del cliente, confirmando su aceptación (Tabla 4.3.), en la que se desarrolla el acta de aceptación de entregables.

<b>ACEPTACIÓN DE ENTREGABLES</b>		
Proyecto		Fecha
FASE	ENTREGABLE	OBSERVACIONES
Nombre:	Cargo:	Firma:

Tabla 4.3. Aceptación de entregables. Elaboración propia.

## 4.6 CONTROLAR EL ALCANCE

Controlar el alcance consiste en realizar la monitorización de la situación del alcance del proyecto en cada momento. Para ello se deben realizar las siguientes acciones:

- Monitorizar el estado del alcance del proyecto.
- Gestionar los cambios en la línea base del alcance.
- Asegurar que todos los cambios solicitados y las acciones correctoras recomendadas sean procesados.

Para llevar a cabo este proceso, en nuestra empresa objeto del presente proyecto, se define la documentación de las modificaciones (Tabla 4.4.) y la plantilla de control del alcance (Tabla 4.5.).

<b>MODIFICACIONES DEL ALCANCE DEL PROYECTO</b>	Fecha	
	Proyecto	
	Versión	
<b>RELACIÓN DE MODIFICACIONES</b>		
<b>VERSIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO</b>		
<b>PRODUCTOS ENTREGABLES DEL PROYECTO</b>		
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO ENTREGABLE</b>		
<b>RESTRICCIONES DEL PROYECTO</b>		
<b>SUPUESTOS DEL PROYECTO</b>		
<b>EXCLUSIONES DEL PROYECTO</b>		
<b>REALIZADO POR:</b>		
<b>FIRMA.</b>		

Tabla 4.4. Documentación de modificaciones. Elaboración propia.

<b>PLANTILLA DE CONTROL DEL ALCANCE</b>				
Actividad	Responsable	Fecha	Está finalizada	Comentarios

Tabla 4.5. Plantilla de control del alcance. Elaboración propia.

# 5. GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

El objetivo de este capítulo es definir y organizar todas las acciones requeridas para poder finalizar el proyecto a tiempo. Para ello se deben cumplir los tiempos planificados en la realización de las diferentes tareas o actividades que componen el proyecto.

Los procesos que propone PMBOK® en este área son: planificar la gestión del cronograma, definir actividades, secuenciar actividades, estimar la duración de actividades, desarrollar el cronograma y controlar el cronograma. A continuación se van a desarrollar cada uno de estos procesos.

## 5.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Planificar la gestión del cronograma consiste en documentar cómo se va a planificar, desarrollar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto, para ello se definen los siguientes pasos:

- Determinar el nivel de exactitud en la duración de las actividades.
- Definir los umbrales de control para la monitorización del desempeño del cronograma.
- Establecer reglas para la medición del desempeño.
- Diseñar los formatos de los informes.

En nuestro proyecto, la unidad de medición de duración de actividades es horas y minutos. La regla aplicada para medir el desempeño será el porcentaje completado sobre las actividades y el proyecto. Los formatos de informes se definen en cada uno de los procesos.

## 5.2 DEFINIR ACTIVIDADES

Las actividades son acciones específicas a realizar para elaborar los paquetes de trabajo y, estos, pueden subdividirse en componentes más pequeños y fáciles de manejar, denominados actividades.

### **5.3 SECUENCIAR ACTIVIDADES**

Consiste en buscar interrelaciones entre tareas. Para ello se deben identificar y documentar las relaciones lógicas entre las actividades del cronograma. Cada actividad, a excepción de la primera y la última, se conecta, al menos, con una actividad predecesora y una sucesora.

### **5.4 ESTIMAR LA DURACIÓN DE ACTIVIDADES**

En este proceso se deben estimar la cantidad de periodos de trabajo requeridos para poder finalizar en plazo cada actividad, junto con la previsión de recursos disponibles. De este modo se podrán completar todas las actividades.

Esta estimación de duración son valoraciones cuantitativas de la cantidad más probable de periodos laborables que serán necesarios para ejecutar cada actividad. Se considera como unidad de tiempo el día, computando, en cada uno, ocho horas de trabajo.

La estimación se debe realizar de la manera más precisa posible y, para ello, tendremos en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- Listado de actividades del proyecto.
- Calendario laboral de la empresa.
- Calendario de los hitos establecidos.
- Calendario del proyecto. La fecha de inicio y de finalización.
- Disponibilidad de personal.
- La estimación de costes.
- Riesgos definidos en el plan de riesgos.
- Las restricciones y supuestos definidos en el alcance.

### **5.5 DESARROLLAR EL CRONOGRAMA**

Este desarrollo se realizará analizando la secuencia de las actividades, la duración de las mismas, los requisitos que las relacionan y las restricciones fijadas en el contrato

El cronograma se ha desarrollado con Microsoft Project utilizando la misma secuencia de procesos seguida desde el inicio del capítulo. Para ello se han definido actividades e hitos, se han buscado las relaciones de precedencia, se han estimado los recursos de cada actividad y, por último, se han establecido la duración de las actividades.

## 5.6 CONTROLAR EL CRONOGRAMA

Para controlar el cronograma se realizará un seguimiento exhaustivo del diseñado en el anterior apartado, con el objetivo de conocer, en todo momento, si el proyecto se ejecuta según lo planificado. Ello supone una referencia para actualizar el avance del proyecto y, si es preciso, tomar rápidamente decisiones acerca de los cambios necesarios a realizar sobre la línea base del cronograma.

Deberán realizarse reuniones, al menos semanalmente, del equipo de dirección del proyecto y de los responsables de los equipos de trabajo, tomando como base de las mismas, el cronograma real en que ya se hayan introducido todas las modificaciones realizadas hasta ese momento, el del trabajo realizado y la comparación con el plasmado en el cronograma.

Es muy importante que durante las reuniones se analicen las posibles desviaciones, proponiendo aquellas medidas correctoras orientadas a su resolución. De las medidas que deriven en algún cambio de acciones, estos se gestionarán a través del proceso de control integrado de cambios.

PLANTILLA CONTROL DEL CRONOGRAMA						
Actividad	Fecha inicio plan	Fecha inicio real	Duración del plan	Duración real	% Ejecución	Comentarios

Tabla 5.1. Plantilla de control del cronograma. Elaboración propia.

Para facilitar el control del cronograma se utilizará la plantilla diseñada en la figura 5.1., en la que, para cada actividad, se analizarán todos los parámetros más significativos, como fechas de inicio del plan y real, duraciones, medición de la ejecución y comentarios explicativos. En la figura 5.2 se ofrece un cronograma concreto de un proyecto real.



→	<b>PROYECTO ROBOTIZACIÓN</b>	<b>131 días</b>	<b>vie 01/02/19</b>	<b>vie 02/08/19</b>
→	<b>ESTUDIOS</b>	<b>45 días</b>	<b>vie 01/02/19</b>	<b>jue 04/04/19</b>
✈	Diseño mecánico 2D	5 días	vie 01/03/19	jue 07/03/19
✈	Diseño mecánico 3D	7 días	vie 08/03/19	lun 18/03/19
✈	Diseño eléctrico	25 días	vie 01/02/19	jue 07/03/19
✈	Programación offline PLC	45 días	vie 01/02/19	jue 04/04/19
✈	Programación offline robótica	45 días	vie 01/02/19	jue 04/04/19
→	<b>COMPRAS/SUMINISTROS</b>	<b>1 día</b>	<b>mié 15/05/19</b>	<b>mié 15/05/19</b>
✈	Entrega equipo cliente	1 día	mié 15/05/19	mié 15/05/19
✈	Entrega equipos proveedor	1 día	mié 15/05/19	mié 15/05/19
✈	Compra materiales críticos	1 día	mié 15/05/19	mié 15/05/19
✈	Comerciales	1 día	mié 15/05/19	mié 15/05/19
→	<b>PUESTA EN MARCHA CLIENTE</b>	<b>31 días</b>	<b>lun 03/06/19</b>	<b>lun 15/07/19</b>
✈	Estado del lugar	1 día	lun 03/06/19	lun 03/06/19
✈	Instalación equipos proveedor	2 días	mar 04/06/19	mié 05/06/19
✈	Instalación equipos cliente	2 días	jue 06/06/19	vie 07/06/19
✈	Montaje eléctrico	7 días	lun 10/06/19	mar 18/06/19
✈	Programación PLC	15 días	mié 19/06/19	mar 09/07/19
✈	Programación robótica	15 días	mié 19/06/19	mar 09/07/19

✈	Pruebas en vacío	1 día	mié 10/07/19	mié 10/07/19
✈	Pruebas con piezas	2 días	jue 11/07/19	vie 12/07/19
✈	CCS	1 día	lun 15/07/19	lun 15/07/19
→	<b>ASISTENCIAS</b>	<b>2 días</b>	<b>jue 01/08/19</b>	<b>vie 02/08/19</b>
✈	automatista	2 días	jue 01/08/19	vie 02/08/19
✈	robótico	2 días	jue 01/08/19	vie 02/08/19
✈	eléctrico	2 días	jue 01/08/19	vie 02/08/19

Tabla 5.2. Cronograma. Fuente: DGH.

## 6. GESTIÓN DE LOS COSTES DEL PROYECTO

La gestión de los costes del proyecto implica desarrollar todos los procesos y tareas necesarias, con el importante objetivo de, planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiación, en su caso, gestionar y supervisar los costes del proyecto, de modo que se ejecute el proyecto dentro del presupuesto aprobado, sin desviaciones. Se realiza a partir de la información del alcance y el desglose de actividades que se han generado en el cronograma.

Los procesos que propone PMBOK® en esta área son: planificar la gestión de costes, estimar los costes, determinar el presupuesto y controlar los costes. A continuación se desarrollan cada uno de estos procesos citados.

### 6.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE COSTES

Consiste en establecer los procedimientos y definir la documentación necesaria para planificar, ejecutar el gasto y controlar los costes del proyecto. Siguiendo la información facilitada durante el curso, se identifican los siguientes parámetros:

- ✓ Nivel de precisión de las estimaciones de coste de las actividades.
- ✓ Nivel de exactitud de las estimaciones del coste de las actividades.
- ✓ Umbrales de control para la monitorización del desempeño del coste.
- ✓ Reglas para la medición del desempeño (ej. % completado).
- ✓ Formatos de los informes.

El grado de redondeo a aplicar a las estimaciones de los costes de las actividades será a euro, con un rango aceptable de exactitud de +/- 15%. Para los umbrales de control de monitorización del desempeño de coste se considera un 10% de desviación respecto a la línea base del plan. La regla aplicada para medir el desempeño es un porcentaje del completado y los formatos de informes se reflejan en los epígrafes correspondientes.

## 6.2 ESTIMAR LOS COSTES

Este segundo proceso consiste en estimar los costes del proyecto para cada actividad, desarrollando la estimación de recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. En nuestro caso, se van a distinguir las actividades de recursos propios, materiales y subcontratación, si hubiera.

Los cálculos se realizan según las tarifas de costes de las actividades, teniendo en cuenta las categorías profesionales de los recursos propios, el precio negociado con los proveedores, los precios de mercado en las compras de materiales y maquinaria y todo de acuerdo con la duración de las tareas (Tabla 6.1.).

<b>RECURSO</b>	<b>TARIFA(COSTE)</b>
JEFE DE PROYECTO	95eu/hora
Programador robótico	35eu/hora
Automatista	35eu/hora
Mecánico	20eu/hora
Electricista	20eu/hora
Robots	Según contrato con proveedor
Material auxiliar	

Tabla 6.1. Recursos y tarifas del proyecto. Elaboración propia.

La estimación se realiza por el método Bottom-up, de abajo a arriba, excepto los costes de contingencias y los costes indirectos que se presupuestan mediante un tanto por ciento de la suma de todas las actividades. El detalle de los mismos se expone a continuación:

- Costes indirectos: Se estiman en el 5% de la suma de los costes de todas las actividades.
- Costes de contingencias: Se valoran en el 10% de los costes indirectos.
- Coste total: Representa la suma de los costes indirectos y de contingencias.

Una vez finalizada la estimación de costes, cada elemento se debe encontrar dentro del rango de valores de +/- 15%.

### 6.3 DETERMINAR EL PRESUPUESTO

Al determinar el presupuesto, se establece una línea base de costes en cada uno de los paquetes de trabajo, que es imprescindible para realizar el seguimiento y control de los costes del proyecto y analizar el rendimiento de su desarrollo.

El presupuesto se elabora a partir de la estimación del coste, adicionando a este los costes indirectos y las reservas de contingencias. El presupuesto lo calcula el director del proyecto y requiere la validación por el Comité de dirección del proyecto.

Se ha realizado un formato de estimación para un proyecto tipo. En la tabla 6.2 se refleja el presupuesto por línea base de costes, distribuida en paquetes de trabajo con los costes indirectos y las reservas de contingencias.

<b>GESTIÓN PRESUPUESTO POR LÍNEAS</b>	
<b>Paquetes de trabajo</b>	<b>Costes</b>
Control del proyecto	
Ejecución del proyecto	
<u>Total</u>	
<b>COMPRAS</b>	
<b>Paquetes de trabajo</b>	<b>Costes</b>
Adquisición de robots	
Otros medios auxiliares	
<u>Total</u>	
<b>PROGRAMACIÓN</b>	
<b>Paquetes de trabajo</b>	<b>Costes</b>
Programación de robots	
Pruebas individuales en cada robot	
Pruebas en la línea	
<u>Total</u>	
<b>CIERRE</b>	
<b>Paquetes de trabajo</b>	<b>Costes</b>
Traspaso de operaciones	
Lecciones aprendidas	
<u>Total</u>	
<b>COSTE DE PAQUETES DE TRABAJO</b>	
<u>Total</u>	
<b>COSTES INDIRECTOS</b>	
<u>Total</u>	
<b>COSTE DE CONTINGENCIAS</b>	
<u>Total</u>	
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>	
<b><u>Total Proyecto</u></b>	

Tabla 6.2. Presupuesto por línea base de costes. Elaboración propia.

## 6.4 CONTROLAR COSTES

Este control se efectúa monitorizando la situación del proyecto al objeto de actualizar el presupuesto y gestionar cambios en la línea base de costes del proyecto. Se realizará un control de costes quincenalmente durante toda la vida del proyecto, utilizando la plantilla de control de costes diseñada en la tabla 6.3. La misma permite comparar y analizar las desviaciones que se produzcan en los costes.

<b>PLANTILLA DE CONTROL DE COSTES</b>				
<b>Gráfica de valor ganado</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Valor planificado</b>	<b>Valor ganado</b>	<b>Coste real</b>	<b>Comentarios</b>

Tabla 6.3. Plantilla de control de costes. Elaboración propia.

Se utiliza la técnica del valor ganado para realizar el seguimiento de la ejecución del proyecto y analizar las desviaciones que puedan producirse. Esta metodología del Valor Ganado (EVM) es una herramienta de control de la gestión de proyectos que trata de combinar las dimensiones de alcance, coste y tiempo. Indica, en unidades monetarias, el posible retraso o adelanto de las operaciones, así como su infra o sobrecoste. Utiliza los siguientes indicadores:

- Coste Planificado (PV): Es el coste presupuestado autorizado, es decir, lo que se habría gastado si el programa se hubiese ejecutado según lo planificado.
- Coste real (AC): Es el coste realmente gastado registrado durante la ejecución del trabajo realizado para cada actividad.
- Valor ganado (EV): Es el valor del trabajo expresado en términos de presupuesto aprobado de lo que realmente se ha hecho.

Conociendo estos tres valores se deberán analizar los indicadores de desempeño y las estimaciones sobre el coste final del proyecto, calculando las varianzas y los índices de eficiencias en coste y programación para controlar los costes, estimar costes y tiempos

de finalización y predecir el valor ganado. Todo ello servirá para prever lo “ganado” con el proyecto, es decir, de lo que ha sido realizado.

El informe sobre el análisis del valor ganado deberá incluir el presupuesto y mostrar gráficamente los costes reales, el valor planificado y el valor ganado del periodo a que se refiere. Esta gráfica debe reflejarse en la plantilla de control de costes diseñada y descrita anteriormente.

Se observa que toda variación de +/- 15% de lo presupuestado debe ser considerada revisable y, por tanto, ser evaluada, por lo que deben recomendarse acciones correctivas o preventivas a implantar durante el seguimiento y control del proyecto, provocando una solicitud de cambio, siguiendo el proceso de control de cambios, ya comentado.

## 7. GESTIÓN DE LA CALIDAD

El área de conocimiento de gestión de la calidad del proyecto tiene como objetivo determinar cómo se va a garantizar que se cumplan los requisitos del proyecto y de los entregables, e incluye los procesos y las actividades que se encargan de la satisfacción de las necesidades que dieron lugar al proyecto, aportando valor al proyecto, como se indica a continuación:

- Permitir mejorar las especificaciones y el cumplimiento de los requisitos del cliente.
- Simplificar el trabajo al reducir errores y, por tanto, rehacer trabajos defectuosos.
- Mejorar la rentabilidad del proyecto, al incrementar la eficiencia en la ejecución de las tareas del proyecto.

La calidad debe plantearse sobre un elemento concreto, como puede ser uno de los requisitos a cumplir, y se debe definir de manera que permita su medición. Para ello, los procesos recomendados que a continuación se describen son: planificar la gestión de la calidad, gestionar la calidad y controlar la calidad.

### 7.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

Durante este proceso se deben identificar los requisitos y la normativa de calidad que afecta al proyecto y establecer los pasos correspondientes que demuestren su cumplimiento.

Por tanto, la calidad se debe planificar, diseñar e incorporar al proyecto, y ello se realizará a través de los tres pasos siguientes:

- Identificar requisitos/estándares de calidad para el proyecto y sus entregables.
- Definir una métrica, en cada uno de esos requisitos, ya que han de ser medibles.
- Documentar la manera en la que en el proyecto se comprobará el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Para poder planificar la gestión de la calidad de este proyecto nos basamos en los aspectos que se indican a continuación:

- Sistemas de gestión. La empresa donde se realiza el proyecto presenta sistemas de gestión ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007.
- Gestión del alcance. Enunciado del alcance, definición de la EDT y del diccionario de la misma.
- Gestión del coste. Partiendo del desempeño de la línea base de coste y del presupuesto del proyecto.
- Gestión del plazo.
- Gestión de riesgos.

En este proyecto, en la tabla 7.1 se definen las métricas de calidad relativas al producto.



<b>METRICAS DE CALIDAD DE PRODUCTO</b>
<b>TRABAJO DE SUMINISTRO DE MATERIALES DE PROVEEDORES NO DEFECTUOSOS</b>
<p>El responsable del proyecto de montaje de la línea robotizada deberá comprobar que el material recibido y el trabajo realizado en su montaje, cumpla con las especificaciones del contrato.</p> <p>El trabajo realizado correctamente y las adquisiciones de material no defectuoso deberán ser superiores al 95%, con reposición por parte de la empresa suministradora de los elementos defectuosos.</p> <p>El responsable de montaje encargado de realizar esta comprobación, deberá informar al director de proyectos de los resultados mensualmente.</p>
<b>PROGRAMACIÓN DE LA LÍNEA</b>
<p>El responsable de programación de los robots deberá comprobar que la programación realizada por los distintos programadores se ajusta a los parámetros fijados por el cliente y se siguen exactamente las trayectorias definidas en la documentación del proyecto.</p>
<b>PUESTA EN MARCHA DE LA LÍNEA</b>
<p>El responsable del proyecto de montaje de la línea robotiza deberá comprobar el funcionamiento correcto al 100% de cada una de las islas de robots que componen la línea, así como el funcionamiento integrado de todas las islas que constituyen la línea de producción, garantizando la automatización de todo el proceso.</p>

Tabla 7.1. Métricas de calidad del producto. Elaboración propia.

Para comprobar de forma más eficiente la métrica de calidad del producto se diseña la plantilla de la tabla 7.2, como modelo base para la métrica de calidad.

Entregable								
Periodicidad								
Atributo entregable	Descripción	Presupuesto aprobado	Coste	Desvío coste%	Plazo	Desvío plazo%	Frecuencia fallos	Índice fallos

Tabla 7.2. Modelo base para métrica de calidad. Elaboración propia.

También se considera importante definir las métricas relativas a la calidad del proyecto (Tabla 7.3).

<b>METRICAS DE CALIDAD DEL PROYECTO</b>
<b>REALIZACIÓN DE LOS CONTROLES DEL PROYECTO</b>
<p>La dirección del proyecto realizará un informe sobre el cumplimiento de los controles establecidos para coste, calidad, alcance y plazo.</p> <p>La gestión del proyecto alcanzará los estándares de calidad, si se realizan cada uno de los controles. Cuando se detecte que algún control no se ha realizado, se debe elaborar, por el responsable correspondiente, un informe de las causas de su incumplimiento.</p>
<b>DESVIACIÓN EN PLAZO</b>
<p>La dirección del proyecto realizará un informe sobre el cumplimiento del cronograma, cuya periodicidad estará definida en el control del plazo.</p> <p>La gestión del proyecto alcanzará los estándares de calidad, si se respetan los plazos establecidos. Cuando se detecte algún desvío en el plazo, se deben analizar las causas que permitan tomar las medidas correctoras oportunas y el responsable realizará un informe de las causas de su incumplimiento</p>
<b>DESVIACIÓN EN ALCANCE</b>
<p>La dirección del proyecto realizará un análisis comparativo entre el alcance establecido y el alcance resultante al final del proyecto.</p> <p>La gestión del proyecto alcanzará los estándares de calidad, si el alcance fijado inicialmente coincide con el ejecutado. Cuando se detecten algunos cambios, se debe realizar por el responsable correspondiente, un informe de las causas de los mismos.</p>
<b>DESVIACIÓN EN COSTE</b>

La dirección del proyecto realizará un análisis comparativo entre el presupuesto planificado y el coste real del proyecto.

La gestión del proyecto alcanzará los estándares de calidad, si el coste real no supera un 15% del coste planificado. Cuando supere este porcentaje, se debe elaborar, por el responsable correspondiente, un informe de las causas del sobrecoste.

Tabla 7.3. Métricas de calidad del proyecto. Elaboración propia.

## 7.2 GESTIONAR LA CALIDAD

Este proceso consiste en aplicar unas actividades planificadas y sistemáticas que aseguren que el proyecto cumple con los requisitos de calidad planificados. Se trata, por tanto, de auditar los procedimientos que hemos creado para la gestión de la calidad, comprobando si se está llevando a cabo todo según lo que se ha procedimentado, además de valorar la utilidad de los procesos de gestión de la calidad establecidos.

Para gestionar la calidad se pueden emplear las métricas descritas en el apartado anterior y también las revisiones de resultados, siendo éstas la base que nos proporciona el soporte para la mejora continua del proceso; el cual trata de reducir o eliminar aquellas actividades que no generen valor, permitiendo operar a los procesos con mayores niveles de eficiencia y efectividad.

En proyectos de robotización, se considera oportuno destacar el despliegue de la función de calidad (QFD); se trata de una metodología que pretende mejorar la calidad de los productos y hacer más eficiente los diseños de ingeniería aplicados a la robotización de líneas de producción, tratando de definir con precisión el producto en fase de diseño, ya que en esta fase es donde se debe obtener la calidad.

El fundamento del QFD es transformar todas las expectativas del cliente en especificaciones o funciones de servicio. Estos requisitos se trasladan a las fases del proyecto, tratando de motivar la participación de todo el equipo del proyecto.

En la primera etapa del método se debe escuchar y comprender lo que necesitan los clientes para determinar las características diferenciadoras de la línea de producción a desarrollar en el proyecto. Estos requisitos se clasifican según su importancia para el cliente, comparándose con otras alternativas tecnológicas que podemos ofrecer, elaborando una matriz denominada casa de la calidad. Esta matriz permite que el equipo de proyectos tome las mejores decisiones de acuerdo a criterios técnicos.

La metodología QFD nos ayuda a estructurar una serie de fases en el desarrollo de una línea robotizada. Implica un cambio de mentalidad, ya que exige una clara orientación al cliente, así como una integración de todos los grupos involucrados en la automatización de una línea de producción, en nuestro caso, principalmente, automatistas y robóticos.

El uso de esta metodología, junto con las normativas de calidad indicadas en el apartado anterior, debe tratar, mediante su utilización, de asegurar que lo proyectado y lo ejecutado se ajusta a los requerimientos del cliente.

Finalizada la puesta en marcha correcta, se evaluará la calidad de gestión del proyecto en función de la satisfacción de los trabajadores de la empresa involucrados en el mismo. Al final del proyecto se realizará una encuesta de satisfacción laboral a los trabajadores implicados (Tabla 7.4), puntuando desde 1 (mínimo) hasta 5 (máximo), considerándose como resultado aceptable, a partir de una media de 3 puntos.

<b>ENCUESTA DE SATISFACCIÓN</b>					
<b>PUESTO DE TRABAJO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
El trabajo está bien organizado					
Mis funciones y responsabilidades están bien definidas					
Están las cargas de trabajo bien repartidas					
Puedo desarrollar mis habilidades					
Recibo información de mi desempeño					
<b>DIRECCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
El director tiene conocimiento técnico suficiente					
El director delega funciones de responsabilidad					
El director promueve la participación del personal					
El director informa sobre asuntos del trabajo					
<b>AMBIENTE DE TRABAJO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
La relación entre el equipo es buena					
Se colabora entre los compañeros					
Me considero parte del equipo del proyecto					
Puedo expresar fácilmente mis opiniones técnicas					
Me estreso en el trabajo					
<b>COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Funciona correctamente la comunicación					
Es fácil comunicarse con el responsable del proyecto					
La información que recibo es suficiente					

para realizar bien mi trabajo					
La coordinación de tareas y personas es la adecuada					
<b>MEJORA CONTINUA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
El director lidera iniciativas de mejora					
Habitualmente propongo mejoras					
Se consulta la puesta en marcha de mejoras					
Me identifico con los éxitos y los fracasos del proyecto					
<b>MOTIVACIÓN Y RECONOCIMIENTO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Me he sentido motivado en el proyecto					
Me han reconocido adecuadamente las tareas realizadas					
Me han reconocido las mejoras realizadas					

Tabla 7.4. Encuesta de satisfacción del proyecto. Elaboración propia.

### 7.3 CONTROLAR LA CALIDAD

La realización del control de calidad conlleva la supervisión de los resultados específicos del proyecto para determinar si se cumplen las normas de calidad relevantes y, si los hubiere, tratar de identificar la manera de eliminar resultados insatisfactorios. Este control de calidad se debe aplicar a los resultados del proyecto y a los procesos de dirección del proyecto.

Para el proyecto que se presenta en este documento, en la fase de definición habrá que evaluar las variadas tecnologías existentes y las alternativas robóticas que ofrecen los distintos proveedores. En la fase de desarrollo se realizará la validación de los requisitos y objetivos definidos por el cliente. Finalmente en la fase de implementación

se tienen que garantizar todos los requisitos que permitan el óptimo funcionamiento de la línea de producción.

Para ello, se han desarrollado un listado de preguntas para cada grupo de personas implicadas en proyecto (Tablas 7.5), con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los requerimientos y la calidad del proyecto. En la tabla 7.6, se refleja el listado de acciones de control de calidad para la puesta en marcha de la línea, y en la tabla 7.7 el listado de acciones de control de calidad para el director del proyecto.

<b>ASPECTOS TÉCNICOS</b>	SI	NO
Los programadores han comprendido todas las especificaciones de los requisitos del proyecto		
Se han definido y analizado distintas alternativas de solución		
Las reuniones de análisis han sido abiertas		
Ha participado todo el equipo de programación en la decisión final		
La decisión final has sido consensuada		
<b>DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN</b>	SI	NO
La programación de cada robot o cada isla se ha planificado		
Se ha realizado la programación en el plazo previsto		
Las horas diarias de trabajo han superado a las horas planificadas		
Ha existido comunicación fluida entre robóticos y automatistas, tanto en el desarrollo del proyecto como en la puesta en marcha		

Tabla 7.5. Listado acciones de control de calidad para las tareas de programación de los robots. Elaboración propia.



<b>EJECUCIÓN DE LA PUESTA EN TRABAJO DE LA LÍNEA</b>	SI	NO
Se han realizado pruebas de funcionamiento en carga de cada robot		
Se han realizado pruebas de funcionamiento en carga de cada isla de robots		
Se han realizado pruebas de funcionamiento en carga de toda la línea robotizada		
Se han registrado/documentado las pruebas realizadas		
Ha sido comunicado el resultado de las pruebas a los responsables del proyecto		
Cumple los requisitos del cliente la línea puesta en marcha		
<b>DOCUMENTACIÓN E INFORMES DE PUESTA EN MARCHA</b>		
Se ha documentado la puesta en marcha		
Es accesible y entendible para el cliente		
Se han guardado las pruebas de la puesta en marcha de la línea		
El informe final de puesta en marcha está registrado y aprobado por el cliente		

Tabla 7.6. Listado acciones de control de calidad para la puesta en marcha de la línea. Elaboración propia.

<b>DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b>	SI	NO
Se han definido bien los objetivos del proyecto		
Se han llevado a cabo todas las especificaciones		
Se han ejecutado todos los requisitos del cliente		
Se ha dado el visto bueno a todos los requisitos del cliente		
<b>ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO</b>	SI	NO
Se han aplicado técnicas de gestión de la calidad como QFD		
Se han realizado y analizado un listado de alternativas		
Han sido estudiados los requisitos		
Las reuniones de análisis y estudios han sido abiertas		
Ha participado todo el equipo del proyecto en las reuniones		
Se han consensuado las decisiones		
Se registraron las causas y los motivos de las decisiones		
Todo el equipo del proyecto ha estado de acuerdo con las decisiones		
<b>GESTIÓN DE LAS REUNIONES</b>	SI	NO
Ha existido una correcta planificación de las reuniones		
Se han tratado todos los temas del orden del día		
Se ha incluido en el orden del día la duración máxima de la reunión		
Las actas de reunión recogen los acuerdos adoptados y su aprobación		
<b>SEGUIMIENTO DEL PROYECTO</b>	SI	NO
Los avances realizados en el proyecto han sido los adecuados		
Se han registrado los valores reales de costes y tiempo durante la ejecución		
Se han comparado los valores reales con los planificados		
Se ha realizado y documentado una evaluación del desarrollo del proyecto		
Ha sido necesario corregir tareas mal ejecutadas		
<b>CONTROL DE CAMBIOS</b>	SI	NO

Están identificadas todas las personas solicitadoras de cambios		
Están explicados correctamente los cambios		
Se han registrado todos los cambios y sus causas		
Están aprobados los cambios por todos los responsables		
Han sido informados de los cambios todos los involucrados		

Tabla 7.7. Listado acciones de control de calidad para el director del proyecto. Elaboración propia.

## **8. GESTIÓN DE LOS RECURSOS**

El objetivo de la gestión de los recursos del proyecto consiste en identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, siendo el recurso clave el factor humano. Son las personas el recurso más importante, ya que definen objetivos, hacen planes, organizan el trabajo, producen resultados y, todo ello, utilizando sus habilidades sociales y técnicas. Por lo tanto, se trata del recurso más difícil de gestionar y, para ello, se deben desarrollar habilidades, entre otras, directivas, de liderazgo, sociales, de motivación e implementación de incentivos.

Las relaciones humanas son extraordinariamente complejas de gestionar y el comportamiento humano se guía por diferentes intereses, distintas personalidades, particulares habilidades y cualidades, culturas diversas y necesidades de reconocimiento y estima en cada persona. Así, la mayoría de los expertos entienden que la gestión del factor humano es una combinación de arte y técnica.

Para lograr el éxito en esta importante gestión, los procesos recomendados y que se desarrollan en los siguientes epígrafes son: planificar la gestión de los recursos, estimar los recursos de las actividades, adquirir los recursos, desarrollar el equipo, dirigir el equipo y controlar los recursos.

### **8.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS**

Este primer proceso consiste en establecer la manera o forma más adecuada para estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo, entre ellos, personas del equipo, suministros, materiales, equipos, servicios e instalaciones.

En los proyectos de robotización de líneas realizados por la empresa referida en el capítulo 1, tanto los suministros, materiales, servicios e instalaciones son analizados y desarrollados por equipos de trabajo especializados en estas tareas. Por ello, como el objetivo es desarrollar un proyecto de robotización, y en este tipo de proyectos, intervienen, fundamentalmente personas que realizan la programación de los robots

para que operen con la máxima exactitud en sus tareas, se realizará solamente la planificación de los recursos humanos.

Por tanto, para planificar la gestión de los recursos humanos se deben identificar y documentar los roles, responsabilidades y relaciones del equipo de proyecto. Se debe desarrollar un plan de gestión de personal, detallándose sus miembros, tareas a ejecutar y cuándo se deben realizar, los conocimientos y requisitos formativos que deben poseer y el reconocimiento de su dedicación.

Un equipo de robotización tipo suele estar compuesto por cuatro miembros, conformado por un jefe de proyecto, dos robóticos y un ayudante de programación.

Los roles y responsabilidades de cada uno de estos integrantes del equipo para un proyecto tipo son los siguientes:

Jefe de proyecto:

- Rol: Responsable del proyecto.
- Autoridad: máxima dentro del proyecto.
- Responsabilidad: responsabilidad última.
- Competencias: dirección de proyectos y, además, adaptación a las necesidades del cliente, administración de los recursos y tareas de programación.

Programador Robótico:

- Rol: Miembro del equipo.
- Autoridad: Coordinador de la programación en las islas.
- Responsabilidad: Responsable de programación.
- Competencias: Programación de acuerdo a exigencias del cliente.

Programador Automatista:

- Rol: Miembro del equipo.
- Autoridad: Coordinador de la programación en las islas.
- Responsabilidad: Responsable de programación.

- Competencias: Programación de acuerdo a exigencias del cliente.

#### Mecánico:

- Rol: Miembro del equipo.
- Autoridad: Coordinador del montaje de las islas.
- Responsabilidad: Responsable de montaje mecánico.
- Competencias: Montaje de acuerdo a exigencias del cliente.

#### Electricista:

- Rol: Miembro del equipo.
- Autoridad: Coordinador del cableado de las islas.
- Responsabilidad: Responsable de montaje eléctrico.
- Competencias: Montaje de acuerdo a exigencias del cliente.

Todos los integrantes del equipo serán personal laboral de la empresa. Si por necesidades del portafolio de proyectos de la empresa, se registraran cambios o necesidad de más personas, siempre serán trabajadores contratados por la empresa. Las necesidades de capacitación para este proyecto serán analizadas a lo largo del proceso de ejecución de los paquetes de trabajo. Se desarrollarán recompensas del tipo ganar-ganar donde todos los miembros del equipo sean recompensados en relación al trabajo realizado. El desarrollo del proyecto se llevará a cabo cumpliendo en todo momento la normativa existente a todos los niveles y los convenios colectivos. El control de la seguridad y salud de los trabajos a realizar corresponde al responsable de seguridad de la empresa, debiendo revisar todos los procedimientos que se pretendan implantar.

## **8.2 ESTIMAR LOS RECURSOS DE LAS ACTIVIDADES**

Para estimar los recursos de las actividades es necesario definir los tipos y cantidades necesarias para ejecutar el trabajo del proyecto.

En este proyecto tipo de robotización que estamos desarrollando, la estimación de recursos la realiza el director regional de proyectos de la empresa, bajo el respaldo y la autorización de la dirección de la empresa.

Los recursos de proyecto serán los necesarios en cada momento, tal y como se indica en el cronograma del proyecto. Se deberán tener en cuenta los conflictos de cronograma por saturación de recursos.

Como se ha indicado en el apartado anterior, para un proyecto tipo de robotización de una línea de producción se estiman necesarios un jefe de proyecto, dos programadores robóticos y un ayudante de programación.

## **8.3 ADQUIRIR RECURSOS**

Consiste en dotarse de los miembros del equipo, instalaciones, equipamiento, materiales, suministros, etc., para completar el trabajo del proyecto. Los resultados de este proceso son la asignación de recursos físicos y del personal al proyecto, además de lograr la disponibilidad de estos recursos, es decir, definir los periodos de tiempo en los que cada miembro del equipo del proyecto puede trabajar en el proyecto, teniendo en cuenta periodos de vacaciones, compromisos en otros proyectos, etc.

En nuestro caso, es el director regional de proyectos el que conforma los equipos de proyectos, en función de criterios basados en la dificultad del proyecto, el tipo de cliente, los requerimientos formativos exigidos por el cliente, la experiencia de los robóticos o la afinidad entre los trabajadores.

## **8.4 DESARROLLAR EL EQUIPO**

Mediante el desarrollo del equipo se pretende mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto. Por ello, este proceso, trata de mejorar el conocimiento y las habilidades de los miembros del equipo de proyecto, establecer sentimientos de confianza, reciprocidad y cohesión entre los miembros del equipo y crear cultura de trabajo en equipo.

Un equipo de trabajo se retroalimenta ayudándose entre ellos, cuando las cargas de trabajo son altas y las expectativas y exigencia del cliente son elevadas, siendo muy necesario comunicarse adecuadamente y compartir información y recursos. Los esfuerzos para el desarrollo del equipo deben plantearse desde el inicio del proyecto y desarrollarse a lo largo de toda la vida del proyecto.

Es muy importante que la empresa contemple dentro de su plan estratégico, una línea estratégica de apoyo, desarrollo y reconocimiento de las personas, enfocada directamente en la creación de una cultura de cooperación, compromiso y mejora permanente. En proyectos de robotización de líneas, donde el trabajo se realiza normalmente cuando el operario de la empresa en la que se instala, está descansando o fuera de horario, sin una buena cultura de equipo es imposible superar las largas jornadas de trabajo y los requerimientos exigidos por el cliente.

## **8.5 DIRIGIR EL EQUIPO**

Monitorizar el desempeño de los miembros del equipo, proporcionar su retroalimentación, resolver problemas que aparecen en la programación y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto, son los objetivos del proceso de dirección de equipos.

Los posibles resultados generados en este proceso son potenciales cambios de personal para gestionar mejor el portafolio de proyectos, las acciones correctoras y preventivas a realizar provocadas por estos cambios y las lecciones que continuamente se aprenden, siempre que se trabaja con personas responsables y comprometidas. Este conocimiento aprendido se documentará en esquemas y organigramas, a los que



aplicaremos técnicas de gestión de conflictos, para obtener soluciones, que serán muy válidas para aprender más, mejorar en eficiencia y lograr un mayor reconocimiento.

## **8.6 CONTROLAR LOS RECURSOS**

En este proceso se trata de asegurar que los recursos físicos asignados y adjudicados estén disponibles tal como se planificó, así como monitorizar la utilización de recursos planificada frente a la real y tomar acciones correctivas según sea necesario.

## **9. GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES**

Una comunicación eficaz permite garantizar una correcta distribución de la información entre los diferentes interesados involucrados en el proyecto, asegurando, de este modo, que el flujo entre emisor y receptor sea adecuado y oportuno. Confirmar que la información necesaria y oportuna llegue a la persona indicada en el momento adecuado es el objetivo fundamental de la gestión de las comunicaciones.

Los procesos de gestión de las comunicaciones del proyecto proporcionan los enlaces clave entre las personas y la información necesarios para que la comunicación sea exitosa. En este proyecto vamos a tener, fundamentalmente, dos grupos de personas y, por tanto, dos tipos de comunicaciones obligatorias. El primer tipo es de carácter interno con los trabajadores de la empresa y, el segundo, de naturaleza externa con el cliente para el que se realiza la robotización de la línea.

Para que esta tarea tenga la máxima eficacia, en este capítulo se plantean tres procesos para gestionar las comunicaciones, que son: planificar la gestión de las comunicaciones, gestionar las comunicaciones y monitorizar las comunicaciones. A continuación desarrollamos estos procesos.

### **9.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES**

Planificar las comunicaciones permite determinar las necesidades de información y comunicación de los interesados. Para lograr el éxito del proyecto se considera fundamental identificar las necesidades de información de los interesados y determinar una forma adecuada para satisfacer esas necesidades.

La planificación de las comunicaciones se debe realizar al inicio del proyecto, recomendándose su revisión a lo largo de la vida del proyecto, siempre que sea necesario para asegurar la óptima ejecución del mismo.

El plan de gestión de las comunicaciones, según PMBOK, debe tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- Los requisitos de comunicaciones de los interesados.
- La información que debe ser comunicada.
- La persona responsable de comunicar.
- La persona o grupos a recibir la información.
- Los métodos y tecnologías necesarias.
- La frecuencia en la comunicación.

La identificación de los interesados es fundamental en este proceso. En nuestro caso, como se indicó anteriormente, se han identificado dos grandes grupos de interesados, los pertenecientes a la empresa y el cliente. Dentro del grupo de interesados de la empresa están la dirección de la empresa, el director regional de proyectos, el responsable de nuestro proyecto, el automatista, el robótico, el electricista y el mecánico.

En la tabla 9.1 se recoge el registro de interesados en el proyecto, que contiene la identificación de los interesados, la codificación de los mismos desde A hasta F, el grado de interés en el proyecto desde 10 (máximo interés) hasta 1 (mínimo interés), el poder de influencia en el proyecto, con igual valoración que la anterior, y, por último, la clasificación del interesado, si es interno (de la propia empresa), o externo (de la empresa cliente).

STAKEHOLDER	Codificación	Interés en el proyecto	Poder de influencia	Clasificación
Dirección de la empresa	A	10	10	Interno
Responsable cliente proyecto	B	10	10	Externo
Director regional	C	10	9	Interno
Responsable de ejecutar proyecto	D	9	8	Interno
Automatista	E	8	5	Interno
Robótico	F	8	5	Interno
Electricista	G	8	4	Interno
Mecánico	H	8	4	Interno

Tabla 9.1. Registro de interesados. Elaboración propia.

Además, se debe desarrollar la matriz de poder-interés, en la que se agrupan los interesados en función de su nivel de autoridad y poder, en relación a los resultados del proyecto, con el objetivo de servir de ayuda en la estrategia de gestión de los interesados y focalizar los esfuerzos en función de la influencia que ejercen en el proyecto.

La información necesaria para ejecutar adecuadamente el presente proyecto, será, principalmente, de naturaleza técnica y estará contenida en la documentación del proyecto. Todos los interesados deberán tener formación suficiente para comprender esta información. En la empresa objeto de estudio, el documento citado es elaborado por la oficina técnica, aprobado por el director regional de proyectos y entregado al responsable de ejecutar el proyecto.

## 9.2 GESTIONAR LAS COMUNICACIONES

Poner la información a disposición de los interesados según el plan establecido, es el objetivo fundamental en la gestión de las comunicaciones. Por tanto, para ello es imprescindible identificar a los interesados.

En nuestro proyecto los interesados con mayor influencia y participación en el proyecto son el responsable del proyecto nombrado por el cliente y el personal interno de la empresa. Dentro de estos últimos, debemos distinguir entre los miembros del equipo del proyecto y otras personas interesadas en la empresa. Por ello, el sistema de gestión de comunicaciones será, fundamentalmente, de carácter interno.

Se deben determinar las necesidades de información de los interesados en el proyecto, es decir, quién necesita información, cuándo la necesitará, cómo le será proporcionada y quién debe aportarla.

Así, las comunicaciones entre el equipo del proyecto serán habitualmente informales para tareas rutinarias, dado su constante apoyo en el trabajo de programación. También se generarán comunicaciones formales escritas entre el responsable del equipo y el resto, debiendo tener una estructura que refleje su objetivo de acuerdo al tipo de documento.

En nuestro proyecto, las comunicaciones formales pueden ser generadas por todos los participantes del proyecto y se documentarán en los registros que se indican seguidamente:

- Actas de reuniones.
- Informes.
- Correos electrónicos.

Quincenalmente se realizarán reuniones formales entre el responsable del equipo de programación de robots y el responsable del equipo de automatistas, si estos últimos estuvieran implicados en el proyecto, para coordinar las tareas entre ambos grupos.

Mensualmente se efectuarán reuniones de seguimiento y control entre el director regional de proyectos y el responsable de este proyecto. Tales reuniones formalizarán diferentes tipos de acuerdos que pueden tener consecuencias importantes en el desarrollo del propio proyecto.

Las reuniones deberán estar programadas y se realizarán por escrito. En la convocatoria de la reunión se debe indicar el asunto a tratar, el lugar, la fecha, la duración máxima y los asistentes convocados. Esta convocatoria se enviará con suficiente antelación, solicitando la confirmación de asistencia a todos los citados. Se debe levantar acta de los acuerdos de cada reunión y enviarla a todos los convocados al día siguiente.

Cada dos meses se generarán informes generales para la dirección de la empresa. Estos informes se redactarán siguiendo la estructura, que se indica a continuación:

- Objeto del informe: Indicándose la razón por la que se redacta.
- Análisis del problema: Breve explicación de la situación.
- Propuestas y recomendaciones: Aportando alternativas con sus puntos fuertes y débiles.
- Conclusiones: Concretas y objetivas.

El correo electrónico se utilizará siempre para las convocatorias de las reuniones, para las confirmaciones de asistencia y para la remisión de las actas. Estos se guardarán en una carpeta del proyecto denominada “documentación vía correo”.

También se podrá utilizar la comunicación telefónica por problemas técnicos imprevistos y de urgente solución. No obstante, los acuerdos adoptados por esta vía,

deben quedar reflejados en una ficha registro de incidentes (Tabla 9.2) y analizada y tratada en las correspondientes reuniones de proyecto.

<b>REGISTRO DE INCIDENTES</b>		
Proyecto	Fecha registro	Responsable
Afectado		
Descripción de la incidencia		
Propuestas		
Revisado por responsable		
marcar	SI	NO
Emitir solicitud de cambio		
marcar	SI	NO
Responsable del proyecto	Firma	Fecha de revisión

Tabla 9.2. Registro de incidentes. Elaboración propia.

### **9.3 MONITORIZAR LAS COMUNICACIONES**

Para monitorizar las comunicaciones debemos asegurar que nuestro plan de gestión de comunicaciones satisface las necesidades de comunicación de los interesados y,

para ello, después de planificar y gestionar las comunicaciones, se procede a realizar el control de las mismas.

La ejecución de este proceso conlleva el conocimiento del plan del proyecto, las comunicaciones realizadas en el proyecto, los incidentes registrados y la información sobre el desempeño del trabajo.

Se pueden utilizar distintas herramientas y técnicas para monitorizar las comunicaciones. En este proyecto se proponen dos, que son: una, fundamentalmente, para monitorizar las comunicaciones entre los miembros del equipo del proyecto y, otra, para monitorizar las comunicaciones entre el equipo del proyecto y la dirección de la empresa. Aunque los dos podrían utilizarse en ambos casos.

La primera y más sencilla son las reuniones en las que se debate y dialoga dentro del equipo del proyecto y, así, se determina adecuadamente la actualización y comunicación del desempeño del proyecto, además también se puede responder a las solicitudes de información.

La otra y más compleja es el sistema de gestión de la información, ya que la información del proyecto se puede controlar a través de una gran variedad de herramientas como, los sistemas manuales de archivo, las bases de datos electrónicas y el software de gestión de proyectos y los sistemas digitales, que permiten un acceso rápido a la información, además de poder compartir la documentación. En nuestro proyecto es fundamental poder compartir, entre otros, los planos, las especificaciones de diseño y las pruebas realizadas.

Las monitorizaciones diseñadas para este proyecto deben permitir obtener, al menos, un control sobre la información del desempeño del trabajo (Tabla 9.3) y, también acerca de las solicitudes de cambio, ya que son dos variables claves a controlar en proyectos de robotización de líneas de producción.



Elemento de EDT	VALORES			VARIACIÓN		INDICE DESEMPEÑO	
	PV. Valor planificación	EV. Val. ganado	AC Co. real	EV-PV	EV-AC	EV/PV	EV/AC

Tabla 9.3. Informe de desempeño. Elaboración propia.

# 10. GESTIÓN DE LOS RIESGOS

Una buena gestión de los riesgos es clave para aumentar las probabilidades de alcanzar el éxito en el proyecto, además de ser la mejor forma de garantizar un proyecto flexible y preparado para los posibles cambios que puedan acontecer durante su planificación y ejecución.

El concepto de riesgo puede entenderse desde un punto de vista tradicional, como un suceso susceptible de ocurrir que puede alterar el desarrollo normal de un acontecimiento previsto, produciendo un daño (adaptado de Serer Figueroa, 2001); o desde un enfoque más actual, como un hecho o condición incierta que, si ocurriese, tendría un efecto positivo (oportunidades) o negativo (amenazas) sobre al menos un objetivo del proyecto (PMI, 2017).

Atendiendo a esta segunda visión, la gestión de riesgos es el complemento ideal de un análisis DAFO, dado que busca desarrollar los eventos positivos y minimizar los negativos. Por tanto, el objetivo principal de la gestión de riesgos es intentar maximizar la probabilidad y las consecuencias de las potenciales oportunidades y minimizar la probabilidad e impacto de las amenazas.

Para la gestión de los riesgos abordamos, en los siguientes apartados, los procesos descritos por PMBOK® de planificar la gestión de los riesgos, identificar los riesgos, realizar los análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, planificar e implementar la respuesta a los riesgos y monitorizar los riesgos.

## 10.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS

En el desarrollo de esta planificación se trata de decidir cómo abordar y llevar a cabo las actividades de gestión de riesgos de un proyecto. Para ello, deben plantearse

reuniones de análisis y planificación de riesgos, desde las fases tempranas de planificación del proyecto, con la participación de todos los miembros del equipo de dirección del proyecto.

Previo a la planificación, se considera recomendable realizar un análisis DAFO para poder conocer las fortalezas y debilidades del proyecto y las amenazas y oportunidades, que en nuestro caso provienen, principalmente del cliente. En la tabla 10.1 se detallan las más relevantes, para tenerlas presente en la primera reunión de planificación de riesgos de este proyecto.

<b>MATRIZ DAFO</b>					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DEBILIDADES</th> <th>FORTALEZAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Limitaciones de horario.  Imprevistos en las líneas.  Problemas de coordinación con automatistas ajenos a nuestra empresa. </td> <td> Equipos de proyectos muy experimentados.  Formación continua en programación. </td> </tr> </tbody> </table>	DEBILIDADES	FORTALEZAS	Limitaciones de horario. Imprevistos en las líneas. Problemas de coordinación con automatistas ajenos a nuestra empresa.	Equipos de proyectos muy experimentados. Formación continua en programación.
DEBILIDADES	FORTALEZAS				
Limitaciones de horario. Imprevistos en las líneas. Problemas de coordinación con automatistas ajenos a nuestra empresa.	Equipos de proyectos muy experimentados. Formación continua en programación.				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>AMENAZAS</th> <th>OPORTUNIDADES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Cambios generados por el cliente.  La programación se realiza con línea parada. </td> <td> El cliente confía en la empresa.  Experiencia en estos proyectos. </td> </tr> </tbody> </table>	AMENAZAS	OPORTUNIDADES	Cambios generados por el cliente. La programación se realiza con línea parada.	El cliente confía en la empresa. Experiencia en estos proyectos.
AMENAZAS	OPORTUNIDADES				
Cambios generados por el cliente. La programación se realiza con línea parada.	El cliente confía en la empresa. Experiencia en estos proyectos.				

Tabla 10.1. Matriz DAFO del proyecto. Elaboración propia.

En dicha reunión de definición de la metodología, participaron el director de proyectos y todo el equipo del proyecto. Se acordó realizar un análisis cualitativo de los riesgos, pero no cuantitativo, y que a lo largo de las reuniones de control se analizará y actualizará el Plan de gestión de riesgos. Este importante plan se registrará en un documento como el diseñado en la tabla 10.2.

PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS			
Proyecto			
Historial de cambios			
Versión	Fecha	Autor	Descripción del cambio

Tabla 10.2. Plan de gestión de riesgos. Elaboración propia.

En cuanto al rol y las responsabilidades, el director regional de proyectos será el responsable del Plan de gestión de riesgos. El responsable del proyecto y los programadores serán, cada uno en el momento oportuno, los miembros del equipo de gestión de riesgos.

Los recursos económicos estimados para la gestión de riesgos conocidos y desconocidos, se considera que son aproximadamente el 10% del presupuesto para la dirección del proyecto. Las reservas para contingencia se han estimado en un porcentaje similar (10%) del total del presupuesto.

Respecto al calendario, a lo largo de las reuniones de planificación y de las reuniones de control, se analizará y actualizará el Plan de gestión de riesgos. Siendo el tiempo dedicado en dichas reuniones, progresivo en función de las necesidades de cada momento, y estimado en un 10% del total de dichas reuniones. La utilización de las reservas para contingencias, es responsabilidad exclusiva del director del proyecto y deberán ser aprobadas en el proceso de control integrado de cambios.

En las tablas 10.3 y 10.4 se establece una propuesta de clasificación de los riesgos, así como la evaluación del impacto del riesgo sobre los objetivos principales del proyecto; aspectos que son fundamentales para planificar los riesgos en nuestro proyecto de robotización.

<b>CLASIFICACIÓN DE LA PROBABILIDAD</b>		
Alta	Casi seguro + 80%	Muy probable 60-80%
Media	Probable 40-60%	
Baja	Posible 20-40%	Improbable - 20%

Tabla 10.3. Clasificación de probabilidad. Elaboración propia.

<b>EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL RIESGO SOBRE LOS OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROYECTO</b>					
	1	2	3	4	5
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Coste					
Plazo					
Alcance					
Calidad					

Tabla 10.4. Evaluación del impacto del riesgo. Elaboración propia.

## 10.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS

Es un proceso iterativo que permite determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características. En general, la información necesaria para identificar los riesgos es el plan del proyecto, el registro de interesados y sus necesidades, las actas de las reuniones y el análisis DAFO.

En primer lugar, se realiza un registro de riesgos de primer nivel, por parte del equipo del proyecto y el director regional de proyectos, revisando la documentación existente y utilizando técnicas de recopilación de información como la tormenta de ideas. Se ordenarán de mayor a menor importancia, en función de su impacto, considerando también su probabilidad de ocurrencia. A lo largo del ciclo de vida del proyecto se actualizará y completará dicho registro de riesgos (Tabla 10.5).

<b>REGISTRO DE RIESGOS</b>		
<b>CAUSA</b> (Como consecuencia de..)	<b>INCERTIDUMBRE</b> (Puede ocurrir que...)	<b>CONSECUENCIAS</b> (Lo cual llevaría a..)
<b>PLAN DE DISPOSICIÓN DE MEDIOS</b>		
<b>CALIDAD DE EJECUCIÓN</b>		
<b>PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROGRAMACIÓN</b>		
<b>MODELO BASE DE CONTROL DE CAMBIOS</b>		
<b>PLAN DE COMUNICACIONES</b>		

Tabla 10.5. Registro de riesgos. Elaboración propia.

### 10.3 REALIZAR EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS

El análisis cualitativo de riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados, analizando cuáles son aquellos realmente importantes y la valoración de su importancia. Para ello, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo identificado y su impacto (si eventualmente ocurrieran) sobre los objetivos del proyecto.

Para realizar este análisis nos basamos en la información proporcionada por el registro de los riesgos y podemos utilizar diversas técnicas, como las que se relacionan a continuación:

- Técnicas cualitativas que valoren la probabilidad de ocurrencia del riesgo utilizando una escala tipo “muy probable”, hasta “la certeza”.
- Técnicas que valoren el impacto sobre los objetivos del proyecto, mediante una escala relativa que represente valores desde “muy bajo” hasta “muy alto”.
- Técnicas de descripción cualitativa de probabilidad e impacto.
- La matriz de probabilidad e impacto, que especifica combinaciones de ambos que permiten priorizar los riesgos y evaluar la importancia de cada uno (y, por tanto, su prioridad) en función de la probabilidad e impacto asignados.

En este proyecto utilizamos una tabla de probabilidad/impacto (Tabla 10.6 ), en la que se describe el riesgo, se valora la probabilidad en forma de porcentaje y se asigna al impacto una escala de 1 a 5.





- Cuantificar los posibles resultados del proyecto y sus probabilidades.
- Conocer la probabilidad de lograr los objetivos específicos del proyecto.
- Identificar los riesgos que requieren una mayor atención, cuantificando su contribución concreta al riesgo general del proyecto.
- Evaluar objetivos de coste, cronograma o alcance realistas y viables.
- Tomar las mejores decisiones en dirección de proyectos ante la incertidumbre que puede contener.

Dado que el tipo de proyectos que se desarrollan en la empresa son, generalmente, medianos o pequeños, y que el proyecto planteado se refiere a la programación de los robots de línea, no se considera necesario realizar el análisis cuantitativo de los riesgos.

## 10.5 PLANIFICAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS

En este proceso se pretenden establecer respuestas para reforzar oportunidades y reducir amenazas de los riesgos identificados, tratando de actuar sobre la probabilidad y/o el impacto.

Se distinguen dos tipos esenciales de respuesta: las denominadas anticipadas (*proactivas*) que tratan de actuar sobre la probabilidad de que el riesgo se materialice; y las respuestas de contención (*reactivas*), que actúan sobre el impacto del riesgo.

Las estrategias de respuesta para riesgos de potencial impacto negativo o amenazas son las siguientes:

- Evitar el riesgo. Modificar el plan de dirección del proyecto para eliminar el riesgo.
- Transferir. Trasladar a un tercero todo o el impacto negativo de la amenaza junto con la propiedad de la respuesta. No se elimina el riesgo, sino que se transfiere a otro la responsabilidad de la gestión.
- Mitigar: Reducir la probabilidad o el impacto hasta un valor aceptable.
- Aceptar: Cuando el equipo de proyecto no ha encontrado ninguna otra estrategia adecuada, se gestiona su aceptación; que puede ser activa elaborando planes “B”, y estableciendo una reserva para contingencias; o pasiva, que no requiere acción alguna (riesgos poco importantes).

Las estrategias de respuesta para riesgos de potencial impacto positivo u oportunidades se indican a continuación:

- Explorar: Trabajar con el objetivo de asegurar que la oportunidad se concrete.
- Compartir: Trasladar todo o parcialmente la propiedad del riesgo positivo a un tercero que está mejor capacitado para capturar la oportunidad para beneficio del proyecto.
- Mejorar: Aumentar la probabilidad y/o el impacto positivo hasta un umbral aceptable.
- Ignorar: Cuando no merece la pena el esfuerzo necesario o los potenciales beneficios.

En la tabla 10.7 se indican las respuestas potenciales a los riesgos. En nuestro caso, se han estructurado en tres apartados, que son: descripción del riesgo, respuestas preventivas/reactivas, y control.



A través de documentos, como la tabla 10.8 diseñada para poder desarrollar todo el proceso de implementación, se podrá realizar el seguimiento y las actualizaciones al registro de riesgos.

Riesgo	Evolución de su implantación	Respuesta propuesta	Resultado de la respuesta	Nuevo riesgo que genera

Tabla 10.8. Registro de respuesta a los riesgos. Elaboración propia.

## 10.7 MONITORIZAR LOS RIESGOS

El trabajo del proyecto debe ser continuamente supervisado para detectar riesgos nuevos o que cambien, por ello hay que tener muy presente los siguientes aspectos:

- Se deben volver a analizar los riesgos existentes (normalmente de manera periódica).
- Se debe estudiar la efectividad de la respuesta a los riesgos que se han materializado.
- Las reservas para contingencias de coste o cronograma deben modificarse para alinearlas con los riesgos del proyecto.
- La incertidumbre del proyecto disminuye a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En el apartado anterior se abordó la implementación de los riesgos, y como se observa en el diseño de la tabla 10.8 en su última columna, se identifican los nuevos riesgos que se generan en la implementación, dado que este es un proceso realimentado.

Pero también es importante realizar un seguimiento y control de los riesgos durante la ejecución del proyecto. Para este cometido, se elabora la plantilla contenida en la tabla 10.9 de control de riesgos, al objeto de tener monitorizados los mismos.

<b>PLANTILLA DE CONTROL DE RIESGOS</b>								
Código	Descripción	%	Impacto	Respuestas	Impl.	Control	Respuestas de crisis	Aplicar

Tabla 10.9. Plantilla de control de riesgos. Elaboración propia.

# 11. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

El objetivo de este capítulo es realizar adecuadamente las tareas de compra u obtención de productos, servicios o resultados que son necesarios obtener fuera del equipo de proyecto. La gestión de las adquisiciones está presente a lo largo de todo el ciclo de vida de cualquier proyecto y, en algunos, se realizará la gestión simultánea de varias de ellas.

Los procesos que contempla la Guía PMBOK® (PMI, 2017) para la gestión de las adquisiciones, y que a continuación se desarrollan, son: planificar la gestión de las adquisiciones, efectuar las adquisiciones y controlar las adquisiciones.

Dado que se trata de un proyecto de robotización, la gestión de las adquisiciones tiene menor relevancia que otros capítulos del proyecto. No obstante, a lo largo del presente apartado se incluyen los procesos necesarios para realizar la gestión de las adquisiciones de la forma más adecuada que permita asegurar el éxito del proyecto.

## 11.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

En este proceso, fundamental para la elaboración del plan del proyecto, deben identificarse las necesidades del mismo que puedan satisfacerse mejor comprando o adquiriendo productos, servicios o resultados fuera de la organización del proyecto y, a su vez también, valorar las que pueda ejecutar el equipo del proyecto. Así mismo, debemos identificar a los proveedores de estos productos o servicios.

Cabe destacar que dada la particularidad del proyecto, prácticamente las únicas adquisiciones son los robots, por tanto, el plan de adquisiciones es sencillo. En este proyecto debemos decidir sobre los siguientes aspectos:

- Lo que se va a adquirir o subcontratar, analizando su repercusión en tiempos, costes y riesgos; en nuestro caso, la adquisición principal serán los robots necesarios.
- El momento para efectuar las adquisiciones y su repercusión en la línea base de costes, debiendo estar ubicado cada robot antes del inicio de las primeras pruebas.
- El modo de realizar las adquisiciones, que en estos proyectos será a través de contratos.

No obstante, la empresa debe contar con políticas y procedimientos que definan específicamente las reglas de adquisición, quién está autorizado a firmar acuerdos, etc. Para todo ello, se seguirá la política de la compañía, que consiste en que los contratos de compra de robots deben ser contratos de tipo precio fijo cerrado. Esto se justifica porque, en muchos casos, el tipo de robot, las características, e incluso la marca, viene definida por el cliente, si ya dispone de un parque de robots instalados anteriormente y los nuevos tienen que integrarse en el sistema existente.

La solicitud de ofertas a proveedores se realizará mediante el formato del documento presentado en la tabla 11.1 Como se puede observar, se detalla la información a transferir al proveedor para que pueda presentar la oferta. Es fundamental describir las características y requisitos que deben cumplir, su nivel de detalle deber ser alto para que se ajuste exactamente la oferta a las especificaciones requeridas.



<b>SOLICITUD DE OFERTAS</b>	
Responsable de adquisiciones	Dirección: Departamento: Teléfono:
Proveedor	NIF: Fecha:
<b>Descripción de los materiales</b>	
Modelo y cantidad	Características
<b>Condiciones</b>	
Plazo de entrega	
Lugar de entrega	
Forma de pago	
Comentarios:	
Firma	

Tabla 11.1 Solicitud de ofertas a proveedores. Elaboración propia.

Una vez recibidas las ofertas, se deberá tomar la decisión sobre el proveedor elegido. Este deberá cumplir todos y cada uno de los términos y condiciones fijados, en caso contrario la oferta será rechazada.

## 11.2 EFECTUAR LAS ADQUISICIONES

Los objetivos de este proceso consisten en obtener respuestas de distintos proveedores, elegir al proveedor más adecuado aplicando los criterios de selección definidos y adjudicar el contrato. Como resultado de este proceso se obtiene un proveedor al que se le ha adjudicado el contrato.

Por tanto, las respuestas de los proveedores serán evaluadas por el correspondiente responsable. En nuestro caso, realizará un análisis de las ofertas, además de, si fuera necesario, solicitar modificaciones durante el intercambio continuo de información entre el proveedor y la empresa, hasta llegar a disponer de la oferta definitiva y, finalmente, su firma correspondiente.

Los criterios de selección utilizados para adquirir los equipos técnicos, siguiendo el orden de importancia, son los siguientes:

- Adecuación a los requerimientos técnicos. Es el criterio fundamental en proyectos de robotización, que evaluará el grado de cumplimiento de cada uno de los criterios técnicos necesarios para que cada robot cumpla con las tareas a realizar, así como su integración en la línea automatizada de producción.
- Criterios económicos. El precio unitario, los descuentos por volumen de compra, los pagos de los gastos ocasionados, los descuentos comerciales y los plazos de pago, serán los criterios de selección a aplicar en este segundo apartado.
- Criterios de servicio. Se consideran la oportunidad de entrega, los plazos de entrega, el servicio de mantenimiento y el servicio postventa.
- Criterios de calidad. Se evaluarán las garantías que ofrecen los proveedores respecto a los requerimientos ofrecidos, así como el cumplimiento de las normativas de calidad.
- Otros criterios. Se analizará el prestigio del proveedor, su fuerza técnica, su capacidad financiera, sus instalaciones y su nivel organizativo, valorando su capacidad de respuesta ante nuestras necesidades. También se tendrá en cuenta si el proveedor ha suministrado anteriormente robots y qué grado de

satisfacción hemos percibido, así como si tiene referencias de anteriores clientes.

La valoración se realizará en una tabla de doble entrada Criterios-Proveedores, comenzando por dar un peso porcentual a cada uno de los criterios. A continuación se aplicará cada criterio a todos los proveedores, comenzando por el primero de adecuación de los requerimientos técnicos y siguiendo el orden establecido anteriormente. Para preservar la máxima objetividad no se pasará al segundo criterio económico hasta que no se haya evaluado el primer criterio a todos los proveedores. Se prosigue con el resto de criterios de acuerdo al orden anteriormente establecido y así hasta llegar a completar todos los criterios.

Una vez evaluados, se aplicarán los pesos porcentuales establecidos y se seleccionará aquel proveedor que obtenga una mayor puntuación, comunicándole la adjudicación y proporcionándole un contrato de adquisición, que se convertirá en acuerdo legal vinculante para ambas partes.

Por ello es necesario que, en el documento, figuren, entre otros, el enunciado del suministro, las características técnicas, los precios, la fecha de entrega, los plazos y las formas de pago. Si se tratase de un nuevo proveedor, deberá realizarse un proceso de homologación para asegurarnos que cumple los requerimientos que exige nuestra empresa.

Si se considera necesario se podrán exigir cláusulas de confidencialidad o actualizar estas, si el proveedor seleccionado ha suministrado equipos anteriormente. Cuando todo el proceso de efectuar adquisiciones esté realizado, se procederá a adjudicar definitivamente el contrato y se rubricará con la firma.

### **11.3 CONTROLAR LAS ADQUISICIONES**

Este proceso de control tiene como objetivo la monitorización de contratos, mediante la supervisión del desempeño del contrato, efectuando los cambios y correcciones correspondientes, según sea necesario.

También debe tenerse en cuenta que en el proceso de cierre del proyecto debemos verificar que la totalidad del trabajo y de los entregables sean aceptados y, así, finalizar reclamaciones abiertas y archivar información correspondiente al proceso de adquisiciones.

El responsable del proyecto de robotización debe asegurarse que se cumple con todas las obligaciones que aparecen en el contrato y que se actúa de acuerdo con los términos firmados en el contrato.

Para controlar las adquisiciones se revisará y documentará el desarrollo de las acciones del proveedor que constan en el contrato. En este proyecto se comprobará que el robot o robots suministrados cumplan con las especificaciones recogidas en el contrato, su correcta instalación en la línea, su correcto funcionamiento y que realiza todos los movimientos necesarios sin ningún fallo. Para ello podemos utilizar el documento diseñado en la tabla 11.2.

<b>REGISTRO DE CONTROL DE AQUISICIONES</b>					Fecha	
					Proyecto	
					Versión	
<b>SERVICIOS A CONTROLAR</b>					<b>CUMPLIMIENTOS</b>	
Servicio	Descripción	Responsable	Lugar de trabajo	Calidad	Condiciones	Fecha

Tabla 11.2 Registro de servicios y cumplimientos de adquisiciones a controlar. Elaboración propia.

Se deben establecer acciones correctoras si se observan desviaciones de las obligaciones fijadas en el contrato, las cuales generarán una solicitud de cambio de acuerdo con el proceso de control de cambios.

La adquisición quedará finalizada cuando se notifique por escrito al proveedor que el contrato ha sido completado. Esta podrá hacerse vía e-mail y una vez remitida se enviará la factura correspondiente, procediéndose al pago de la misma según las condiciones fijadas en el contrato.

Cerrada la adquisición, se debe anexar dicha notificación junto con toda la documentación generada en el proceso de adquisición, que se incorporará en los archivos finales del proyecto.

# 12. GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

En un proyecto, el capítulo de gestión de los interesados tiene como objetivo identificar entidades que puedan afectar o ser afectados por el proyecto, para así poder desarrollar estrategias de gestión que faciliten su adecuada participación en el proyecto.

Para ello se deben desarrollar los procesos que permitan identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden influir en el proyecto o estar influidos por el mismo. Además, se deben analizar las expectativas y el impacto de estas en el proyecto, para formular el plan de gestión de los mismos y, así, realizar una adecuada gestión de las expectativas de los interesados en la ejecución del proyecto.

Para realizar una correcta gestión de los interesados se deben desarrollar cuatro procesos, que se denominan: identificar a los interesados, planificar la implicación de los interesados, gestionar el involucramiento de los interesados y, por último, monitorizar el involucramiento de los interesados.

## 12.1 IDENTIFICAR A LOS INTERESADOS

En este proceso se trata de identificar y clasificar a los interesados, evaluar sus inquietudes y necesidades y documentar la información sobre sus intereses en el proyecto, mediante un registro de interesados en los que consten los siguientes datos:

- La identificación de interesados: nombre, puesto, contacto y otros.
- La evaluación de los interesados: en forma de expectativas, influencia, objetivo que tiene o implicación.
- La clasificación de los interesados: internos o externos, directos o indirectos, principal o secundario, etc.

Para ello se debe analizar toda la información relativa que esté relacionada con sus intereses, involucración, interdependencias e impacto potencial de los interesados en el éxito del proyecto, lo que debe permitir al director del proyecto identificar a cada interesado o grupo de interesados.

Las entradas en este proceso serán, entre otros, el acta de constitución del proyecto, los documentos de adquisiciones y la estructura organizativa de la empresa. El estudio de esta información debe reportar el correspondiente registro de interesados.

En este proyecto concreto se ha analizado toda la información indicada anteriormente y su resultado se ha registrado en la tabla 12.1.

INTERESADOS	Clasificación		Inquietudes/Necesidades
	Interno	Externo	
Equipo de proyecto			
Cliente			
Responsable cliente			
Nuestra empresa			
Automatistas			
Proveedor de robots			
Responsable línea de producción			

Tabla 12.1 Registro de interesados. Elaboración propia.

## 12.2 PLANIFICAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

Este proceso es fundamental para la elaboración del proyecto y el objetivo de esta planificación consiste en desarrollar las estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación eficaz de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El resultado de este proceso es obtener un plan de gestión de los interesados, que permita desarrollar las estrategias de gestión apropiadas para involucrar a los interesados de manera eficaz en todo el ciclo de vida del proyecto, de tal manera que tratemos de aumentar el apoyo de los partidarios y, también, de minimizar, en su caso, el impacto de opositores.

El beneficio clave de este proceso es proporcionar claridad y, también, un plan de actuación para interaccionar con los objetivos, inquietudes y necesidades de los interesados del proyecto. Para ello, tomaremos como inputs en este proceso el registro de interesados, el plan de dirección del proyecto y la estructura organizativa de la empresa, con los que obtendremos las correspondientes estrategias de gestión.

Tomando, como punto de partida, la información del registro de interesados, en el que los hemos identificado, así como sus inquietudes y necesidades, trataremos de conocer su postura actual y determinar la situación deseada. A partir de ahí se pueden establecer las estrategias potenciales para obtener su apoyo (Tabla 12.2).

<b>Interesados</b>	<b>Inquietudes en el proyecto</b>	<b>Postura actual</b>	<b>Postura deseada</b>	<b>Estrategias potenciales para obtener apoyos y reducir obstáculos</b>
Equipo de proyecto				
Cliente				
Responsable cliente				
Nuestra				



empresa				
Automatistas				
Proveedor de robots				
Responsable línea de producción				

Tabla 12.2 Plan de estrategias del involucramiento. Elaboración propia.

### 12.3 GESTIONAR LA IMPLICACIÓN DE LOS INTERESADOS

Este proceso de gestión consiste en llevar a cabo las estrategias de gestión definidas en el apartado anterior, con el objetivo de comunicarse y trabajar en conjunto con los interesados para satisfacer sus necesidades/expectativas y abordar los problemas a medida que se presentan, de modo que aumenten significativamente las probabilidades de lograr el éxito del proyecto.

Los resultados esperados del proceso son los que se describen a continuación:

- Obtener un registro de incidentes donde figuren las lecciones aprendidas sobre las causas de los problemas, sus acciones correctoras elegidas, etc.
- Gestionar las solicitudes de cambio promovidas por algún interesado, siendo el equipo de proyecto el que debe evaluar las consecuencias de los cambios y, si el cambio es aprobado, proceder a actualizar el plan de proyecto.
- Actualizar el plan de proyecto, incluyendo el registro de interesados y la estrategia de gestión de los interesados.

Para realizar este proceso se debe partir del plan de estrategias del involucramiento desarrollado en el apartado anterior, el plan de gestión de las comunicaciones, el registro de los cambios y la estructura organizativa de la empresa. A partir de esta información debemos obtener, si hubiera lugar, algunos de los siguientes documentos:

- ✓ Registro de conflictos.
- ✓ Solicitudes de cambio.
- ✓ Actualizaciones del plan de gestión del proyecto.
- ✓ Actualizaciones de los documentos del proyecto.
- ✓ Actualización de los procesos organizativos.

El beneficio que obtenemos con el desarrollo de este proceso es que permite al responsable del proyecto incrementar el apoyo y minimizar la resistencia de los interesados, especialmente el cliente para el que se robotiza la línea de producción, aumentando significativamente las oportunidades de éxito del proyecto.

## **12.4 MONITORIZAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS**

Monitorizar el involucramiento de los interesados, consiste en plantearse si las estrategias de gestión desarrolladas en el anterior apartado son suficientemente efectivas. Por tanto, el objetivo que plantea este proceso es monitorizar las relaciones generales de los interesados del proyecto y ajustar las estrategias y los planes para involucrar a los interesados.

Para ello, partimos de documentos anteriormente desarrollados como, el plan del proyecto, el registro de conflictos, la información del desempeño del trabajo y de todos aquellos documentos del proyecto que consideremos necesarios. El análisis riguroso de esta información permitirá monitorizar el grado de involucramiento de todos los interesados identificados en el primer proceso de este capítulo, obteniéndose los siguientes resultados del proceso:

- ✓ Información del desempeño de la programación de robots realizada.
- ✓ Seguimiento de los cambios solicitados en la línea robotizada.
- ✓ Actualizaciones en el plan de gestión de robotización de la línea.
- ✓ Puesta al día inmediatamente de todos los documentos necesarios para ejecutar adecuadamente el proyecto de robotización.

- ✓ Actualizaciones de los activos de los procesos de organización utilizados en el proyecto.

Respecto a este último apartado, en este proyecto de robotización, se considera un activo fundamental la información y las bases de datos que se deben obtener de proyectos anteriormente realizados, ya que la gestión de este conocimiento generado en todos los proyectos debe ser una prioridad para la empresa, como se indicó en la Gestión del Conocimiento del Proyecto. Por otra parte, lo mismo podemos indicar para procedimientos y procesos que deben desarrollarse en la empresa y que ayudan y facilitan la realización con éxito de este proyecto y de otros futuros, como los estándares de la organización, las políticas y el desarrollo de plantillas y todo tipo de procedimientos necesarios para realizar una acertada y óptima gestión.

El beneficio fundamental de este proceso de monitorización es que permite mantener o mejorar la efectividad y la eficiencia en la gestión de las expectativas de los distintos interesados implicados, tanto internos como externos, en la robotización de la línea, durante la ejecución de todas las actividades del proyecto. En nuestro caso, son de gran importancia los interesados externos, dada que el cliente normalmente realiza un seguimiento exhaustivo del proyecto.

# CONCLUSIONES

La realización de este trabajo fin de master ha permitido integrar todos los conocimientos adquiridos en las distintas materias cursadas y aplicarlos a la realización de un proyecto tipo de robotización para una línea de producción.

Para su desarrollo se ha tomado información de la empresa en la que actualmente realizo mi actividad profesional y se pretende que la documentación generada pueda ser utilizada por la misma para mejorar la gestión de los proyectos que habitualmente ejecuta.

Se han implementado todos los capítulos que define le PMBOK, desplegándose en cada uno de ellos todas las áreas que les conforman.

Las aportaciones que se consideran más valiosas son las tablas y formularios generados en las distintas áreas, pretendiendo, con ello, mejorar la ejecución de los proyectos en la empresa. De todos ello, destacamos:

- En la gestión de la integración: Tabla del conocimiento explícito (tabla 3.3) y solicitud de cambio (tabla 3.4).
- En la gestión del alcance: Modificación alcance del proyecto (tabla 4.4).
- En la gestión de los costes: Plantilla control costes (tabla 6.3).
- En la gestión de la calidad: Modelo base para la métrica de calidad (tabla7.2), encuesta de satisfacción (tabla 7.4) y tabla control de calidad (puesta en marcha, tareas de programación y dirección de proyectos) (tabla7.5, 7.6 y 7.7).
- En la gestión de comunicación: Informe de desempeño (tabla 9.3).
- En la gestión de riesgos: Plan gestión riesgos (tabla 10.2), Respuesta a los riesgos (tabla 10.7 y 10.8), Plantilla control riesgos (tabla 10.9).
- Gestión de Interesados: Registro de interesados (tabal 12.1) y Plan estrategia involucramiento (tabla 12.2).

Para finalizar las conclusiones se desea resaltar las importantes conocimientos adquiridos en las distintas materias cursadas y que se plasman en este trabajo fin de máster, que tienen como objetivo profesional integrar y aplicar estos conocimientos adquiridos a un proyecto real; y como objetivo académico, cumplir el último requisito para obtener la titulación universitaria.

# BIBLIOGRAFÍA

- Cleland, D. and King, W. (1983): Systems Analysis and Project Management. McGraw Hill.
- Heinzer J. y Render, B (2001). Dirección de Proyectos. Decisiones tácticas. 6ª ed. Prentice Hall.
- Hernández Raposo, S. (2013). Creación de una cooperativa para prestar servicios en un centro multiservicios. VIII Master universitario en dirección de proyectos. INSISOC. Valladolid.
- Martínez González, D. (2013). Plan de proyecto para la creación de una línea de producción en una empresa de alimentación. VIII Master universitario en dirección de proyectos. INSISOC. Valladolid.
- Montealegre, M (2008). Definición de proyecto. Servicio Nacional de Aprendizaje centro de Servicios Administrativos Regional Distrito Capital. Bogotá
- Portoghesi, P. (2007): Dizionario enciclopedico di architettura e urbanistica. Gagem Editore.
- Primo González, L. (2008). Gestión de proyectos de I+D+i empleando el modelo PMBOK. III Master universitario en dirección de proyectos. INSISOC. Valladolid
- Project Management Institute (PMI), Inc. (2017): La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®) (6ª edición).
- Ribera, J. L. (2000). Project Management. MBA Course IESE, Universidad de Navarra
- Serer Figueroa, M. (2001). Gestión integrada de proyectos. Editorial UPC. Barcelona.
- Yamal, C. (2002):Administración profesional de Proyectos. . McGraw Hill.

# WEBS CONSULTADAS

- <http://www.grupodgh.es/conocenos>
- <http://www.grupodgh.es/soluciones>.
- <http://www.grupodgh.es/ingenieria>
- <http://www.grupodgh.es/mantenimiento>
- <http://www.grupodgh.es/innovacion>
- <https://www.ipma.world/>
- <https://dle.rae.es/?id=UV6hPaS>
- <https://gerenciadeproyectosglobal.blogspot.com/>

<https://daviddmb.wordpress.com/>

<https://pmosolution.net/>

<https://blog.gft.com/>

<http://www.liderdeproyecto.com/>