

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTO PARA LA MIGRACIÓN DEL SOFTWARE DE UN
SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

MARCO ANTONIO SOLANO MUÑOZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE
PROYECTOS

San José, Costa Rica

Abril, 2020

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como requisito parcial para optar al grado de Máster en Administración de Proyectos

Fabio Muñoz Jiménez
PROFESOR TUTOR

Jorge Trejos Gutiérrez
LECTOR No.1

Rodolfo Ugalde Binda
LECTOR No.2

Marco Antonio Solano Muñoz
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mi esposa:

Muchas gracias, Elena, por la comprensión y el apoyo, durante todo el proceso de la maestría. Gracias por todas las sugerencias para la elaboración del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, por la oportunidad de poder estar aprendiendo cosas nuevas todos los días.

Agradecer al profesor Fabio Muñoz Jiménez, tutor de este Proyecto Final de Graduación, por el tiempo que me dedicó, por sus recomendaciones y sugerencias, que han sido parte fundamental para hacer posible la elaboración de este trabajo.

Quiero agradecer a la Universidad para la Cooperación Internacional, a los profesores y a todo el personal administrativo y de soporte, por su tiempo, dedicación y soporte durante todo el programa de la Maestría en Administración de Proyectos.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
1	Introducción 1
1.1.	Antecedentes 1
1.2.	Problemática 2
1.3.	Justificación del proyecto 4
1.4.	Objetivo general..... 5
1.5.	Objetivos específicos 5
2	Marco teórico 7
2.1	Marco institucional 7
2.2	Teoría de Administración de Proyecto 11
2.3	Teoría en Control de Procesos Industriales 17
3	Marco metodológico 31
3.1	Fuentes de información..... 31
3.2	Métodos de Investigación 36
3.3	Herramientas 41
3.4	Supuestos y restricciones 43
3.5	Entregables..... 45
4	Desarrollo..... 48
4.1	Plan de Gestión del Alcance 49
4.2	Plan de Gestión del Cronograma 71
4.3	Plan de Gestión del Costo del proyecto 84
4.4	Plan de Gestión de la Calidad del Proyecto 92
4.5	Plan de Gestión de los Recursos 107
4.6	Plan de Gestión de las Comunicaciones 120
4.7	Plan de Gestión de los Riesgos 126
4.8	Plan de Gestión de las Adquisiciones 147
4.9	Plan de Gestión de los Interesados..... 152
5	Conclusiones 158
6	Recomendaciones 160
7	Bibliografía 162
8	Anexos 164
	Anexo 1: Acta (Chárter) del PFG 164
	Anexo 2: EDT del PFG..... 168
	Anexo 3: Cronograma del PFG..... 169

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Estructura Organizativa. Fuente: Elaboración propia (2019).	9
<i>Figura 2.</i> Ciclo de vida genérico del proyecto. Fuente Elaboración propia (2019).	13
<i>Figura 3.</i> Arquitectura de un SCD. Fuente: InstrumentacionyControl.net (2019).....	23
<i>Figura 4.</i> Lenguajes de Programación según IEC61131-1. Fuente: IEC, 2019	27
<i>Figura 5.</i> EDT proyecto de migración de software de aplicación. Fuente: Elaboración propia. .	67
<i>Figura 6.</i> Cronograma del Proyecto Caso de Estudio. Fuente: Elaboración propia.	80
<i>Figura 7.</i> Estructura de desglose de riesgos. Fuente: Elaboración propia.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fuentes de información utilizadas</i>	33
Tabla 2. <i>Métodos de investigación utilizados</i>	38
Tabla 3. <i>Herramientas utilizadas</i>	41
Tabla 4. <i>Supuestos y restricciones</i>	44
Tabla 5. <i>Entregables</i>	46
Tabla 6. <i>Acta de Constitución del Proyecto Caso de Estudio</i>	50
Tabla 7. <i>Formato base de la minuta de reunión de inicio.</i>	54
Tabla 8. <i>Minuta de reunión de inicio.</i>	57
Tabla 9. <i>Matriz de requerimientos</i>	61
Tabla 10. <i>Conteo de entradas y salidas del software del proyecto</i>	68
Tabla 11. <i>Registro de licencias del software del proyecto</i>	69
Tabla 12. <i>Registro del alcance de configuración del software del proyecto</i>	69
Tabla 13. <i>Estructura del Plan de Gestión del Cronograma</i>	72
Tabla 14. <i>Plan de Gestión del Cronograma</i>	74
Tabla 15. <i>Estimación de duraciones</i>	76
Tabla 16. <i>Duraciones esperadas de las actividades del proyecto</i>	77
Tabla 17. <i>Estructura del Plan de Gestión de los Costos</i>	85
Tabla 18. <i>Plan de Gestión de los Costos</i>	87
Tabla 19. <i>Presupuesto del Proyecto Caso de Estudio</i>	89
Tabla 20. <i>Presupuesto del proyecto</i>	92
Tabla 21. <i>Estructura del Plan de Gestión de la Calidad</i>	94
Tabla 22. <i>Plan de Gestión de la Calidad</i>	96
Tabla 23. <i>Roles y responsabilidades de la calidad</i>	97
Tabla 24. <i>Factores de calidad</i>	98
Tabla 25. <i>Línea base de calidad del proyecto.</i>	99
Tabla 26. <i>Acciones de Calidad</i>	104
Tabla 27. <i>Estructura del Plan de Gestión de los Recursos</i>	109
Tabla 28. <i>Plan de Gestión de los Recursos</i>	112
Tabla 29. <i>Recursos requeridos por actividad.</i>	115
Tabla 30. <i>Matriz de roles y responsabilidades.</i>	118
Tabla 31. <i>Competencias requeridas para el equipo.</i>	119
Tabla 32. <i>Estructura del Plan de Gestión de las Comunicaciones</i>	122
Tabla 33. <i>Plan de Gestión de las Comunicaciones</i>	122
Tabla 34. <i>Matriz de comunicaciones.</i>	123
Tabla 35. <i>Estructura del Plan de Gestión de los Riesgos</i>	128
Tabla 36. <i>Plan de Gestión de los Riesgos.</i>	129
Tabla 37. <i>Registro de riesgos del proyecto</i>	131
Tabla 38. <i>Escala de Probabilidad.</i>	134
Tabla 39. <i>Escala de Impacto.</i>	134
Tabla 40. <i>Evaluación del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto.</i>	134
Tabla 41. <i>Matriz de probabilidad x impacto.</i>	135
Tabla 42. <i>Registro de riesgos (priorización).</i>	135
Tabla 43. <i>Escala de calificación del riesgo general del proyecto.</i>	137

Tabla 44. <i>Plan de respuesta a los riesgos</i>	139
Tabla 45. <i>Plan de Gestión de Adquisiciones</i>	148
Tabla 46. <i>Tipos de contrato</i>	150
Tabla 47. <i>Hitos de pago</i>	151
Tabla 48. <i>Matriz de involucrados del proyecto</i>	154

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES UTILIZADAS

- BPA: Bisfenol A
- CEI/ICE: Comisión Electrotécnica Internacional
- CPI: Índice de rendimiento de costos / Cost performance index
- EDR: Estructura de desglose de riesgos
- EDT/WBS: Estructura Desglose de Trabajo / Work Breakdown Structure
- EVM: Gestión del Valor Ganado / Earned Value Management
- FAT: Pruebas de aceptación en fábrica / Factory Acceptance Test
- FIT: Pruebas internas en fábrica / Factory Internal Test
- HMI: Human – Machine Interface (Siglas en ingles de la Interfaz Hombre – Máquina)
- ICS: Industrial Control System
- PEM: Puesta en marcha
- PFG: Proyecto Final de Graduación
- PID: Controlador proporcional, integral y derivativo
- PMBoK: Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos
- PMI: Project Management Institute (Siglas en ingles del Instituto de Administración de Proyectos)
- RACI: Matriz de Asignación de Responsabilidades
- SCD/DCS: Sistema de Control Distribuido / Distributed Control System
- SPI: Índice de rendimiento de cronograma / Schedule performance index
- TI: Tecnología de la Información
- UCI: Universidad para la Cooperación Internacional

RESUMEN EJECUTIVO

La demanda de soluciones de migración en sistemas de automatización en el sector industrial ha incrementado significativamente como consecuencia de la obsolescencia de los equipos actuales en las plantas productivas y la demanda de nuevos requerimientos del mercado, creándose una gran oportunidad de negocio para las empresas que se dedican a la integración de sistemas de automatización.

La migración de un sistema de automatización o control industrial implica la sustitución o actualización de un sistema en operación sobre un proceso productivo en marcha, y por ello, la metodología tradicional de gestionar los proyectos no ha tenido los resultados esperados en cuanto al alcance, costo, tiempo y calidad, lo que trae implicaciones negativas tanto para el cliente final como para la compañía que provee el servicio.

En la mayoría de los casos, el fracaso en los proyectos de este tipo recae en una inexistente o mala gestión, lo que ha generado que muchas empresas prefieran, realizar la migración de su sistema en dos etapas: primero la migración del software, y luego la migración del hardware; con el propósito de reducir los impactos negativos por atrasos y presupuestos excesivos.

La resistencia al cambio por parte de algunos involucrados, documentación técnica desactualizada o inexistente, código fuente del software sin documentar, mala gestión de cambios en el alcance, comunicación no asertiva y falta de involucramiento de los interesados, entre otros; son casos comunes en las migraciones de sistemas de automatización.

Las empresas industriales invierten en la migración de sus sistemas de control y automatización de procesos, debido al rápido crecimiento de nuevas tecnologías, que permiten la fabricación de equipos y software de mayor conectividad, facilidad de uso y mantenimiento, así como mejor eficiencia de cálculo y procesamiento a un menor costo; factores que les permite satisfacer sus necesidades tan demandantes y cambiantes, para evolucionar con las tendencias de la industria actual.

Con un plan de gestión de proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido, se proyecta que la sustitución del software obsoleto por uno nuevo se realice apropiadamente, para garantizar que el alcance logre cumplir las necesidades de los interesados y se satisfagan los requerimientos de calidad tanto del producto como del proyecto, por medio de una metodología apropiada de control y seguimiento de las comunicaciones y del control de cambios.

El objetivo general de este proyecto es elaborar un plan de gestión del proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido, para actualizar y mejorar el control de procesos productivos industriales. Los objetivos específicos son: desarrollar un plan de gestión del alcance para describir como el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado; elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca; realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto; establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final; definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto; elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan; realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto; desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar

o adquirir servicios o productos; y definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos. El método analítico sintético, y las técnicas de investigación de campo y documental, conformaron la metodología de investigación empleada para el presente Proyecto Final de Graduación. La elaboración de entrevistas a varios involucrados directos permitió la recopilación detallada y exhaustiva de juicio de expertos que, como insumo principal, se complementó con la lectura y análisis de la información contenida en las fuentes secundarias, y todo en conjunto promovió el desarrollo de las buenas prácticas a considerar en la elaboración de cada plan de gestión de las áreas de conocimiento. Con lo anterior, se realizó una consolidación de los insumos, que generó el Plan de Gestión del Proyecto en su forma integral.

Los planes de gestión desarrollados para el alcance, cronograma, costo y calidad se convirtieron en herramientas esenciales para el Director del Proyecto, para conformar una línea base de medición de desempeño más objetiva y real, que le permita dar seguimiento y control de forma más eficiente y eficaz, durante la fase de ejecución del proyecto. Por medio de estos planes de gestión, el alcance no se limitó a la migración del código fuente de un sistema de control obsoleto, sino que incluye las necesidades particulares de los interesados. En el cronograma, la ruta crítica ha sido definida bajo consideraciones más realistas, y esto permite mejorar la asignación de recursos. Dentro del presupuesto se logró identificar reservas de contingencia cuyos costes normalmente no son considerados en la planeación de este tipo de proyectos. En lo que respecta a la calidad, el plan elaborado se convirtió en una herramienta esencial para ofrecerles a nuestros clientes un valor agregado en los proyectos y al producto final. Con el Plan de Gestión de la Calidad fue posible alinear la Política de Calidad de la empresa con la gestión del proyecto, e incrementó el involucramiento de los interesados haciéndolos partícipes y responsables por la calidad del producto final.

Se le recomienda al Director del Proyecto, que, durante la fase de planificación, complemente los planes de gestión desarrollados, con la elaboración de una plantilla de revisión de entradas, es decir, registrar el tipo, la cantidad y la versión, de los documentos de referencia que facilita el cliente, especialmente para la elaboración de la configuración del software de aplicación. De igual manera, se le aconseja incluir en el Plan de Gestión de la Calidad, un componente relacionado con un Plan de Mejora, donde se describa el proceso, los focos y las directrices necesarias, con el objetivo de promover el mejoramiento continuo en los procesos de gestión de los proyectos. Con respecto a la gestión de los riesgos, se le recomienda, el uso de un paquete de software para realizar el análisis cuantitativo, facilitando el modelo y la simulación. Para proyectos de naturaleza de migración de hardware, o bien proyectos que involucren la migración de software y hardware, se le recomienda, utilizar como referencia el Plan de Gestión de las Adquisiciones desarrollado, con los ajustes necesarios que permitan gestionar posibles relaciones con proveedores.

1 INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto Final de Graduación plantea la elaboración del plan de gestión de proyecto que considere las mejores prácticas, herramientas y técnicas, para proyectos de migración de software en sistemas de control industrial distribuido en procesos productivos industriales, los cuales, representan un verdadero reto para las empresas integradoras de sistemas de control.

Es importante mencionar que muchos de los conceptos y afirmaciones que se definirán en este trabajo, son producto de 16 años de experiencia del sustentante, en el negocio de la automatización, particularmente en el desarrollo de proyectos de migración de software de aplicación.

1.1. Antecedentes

En los últimos años, la demanda de soluciones de migración en sistemas de automatización industrial ha incrementado, producto de la obsolescencia de los equipos en las industrias y la demanda de nuevos requerimientos del mercado, generando una oportunidad de negocio para las empresas que se dedican a la integración de sistemas de automatización.

La solución requerida, implica realizar cambios a nivel de hardware y software, sin embargo, por ser sistemas en operación, la metodología tradicional de gestionar los proyectos no ha tenido los resultados esperados en cuanto al alcance, costo, tiempo y calidad, lo que trae implicaciones negativas tanto para el cliente como para el proveedor del servicio.

Por lo anterior, se ha implementado una solución paliativa, que consiste en realizar la migración en dos fases, gestionadas como proyectos independientes con la metodología tradicional. La primera fase consiste en realizar la sustitución del software, pero manteniendo el hardware, y posteriormente cuando se garantiza la operación del nuevo sistema, se procede con la segunda fase que consiste en la sustitución del hardware; proceso que normalmente puede superar el año, para evitar detener la producción en corto plazo, situación que podría implicar un impacto negativo en las finanzas del cliente final.

1.2. Problemática

Los proyectos de migración de los sistemas de control industrial pueden llegar a ser bastante complejos, no solo en los aspectos técnicos que involucra, sino también en su propia gestión. En la mayoría de los casos, estos proyectos, cuando logran finalizarse, no cumplen el alcance definido, ni el tiempo, ni el presupuesto establecido. Además, la calidad, tanto del producto como del proyecto no es, al final, la más apropiada ni satisfactoria para los clientes. Por tanto, el fracaso en los proyectos recae en una inexistente o bien mala gestión, lo que ha generado que muchas empresas prefieran, a la hora de realizar una migración de sus sistemas, hacerlo de forma separada, con el propósito de reducir los impactos negativos por atrasos y presupuestos excesivos.

Uno de los retos más interesantes, pero al mismo tiempo más difíciles de manejar durante el desarrollo de proyectos de migración es la resistencia al cambio. Es importante recordar, que la migración implica la sustitución de un sistema de control ya operativo, e independientemente si este sistema actual es eficiente o no, de igual forma permite la producción de los procesos, por lo

tanto, es muy común encontrar ciertos involucrados poco colaborativos e inconformes con el nuevo sistema de control. Normalmente son los operadores y jefes de producción quienes se oponen al cambio, ya que no ven la necesidad de realizar una migración si el sistema actual funciona, y tampoco muestran interés en aprender a trabajar y manipular un nuevo sistema de control. Esta negativa, ha generado significativos atrasos en el cronograma de los proyectos, malas relaciones entre ciertos involucrados y el incumplimiento de requisitos y de la calidad de los requerimientos establecidos sobre el producto final.

Es muy común en proyectos de migración de sistemas de control que los clientes no faciliten información completa y detallada de la operación de sus sistemas de control industrial. La razón principal es que han perdido la documentación, o no está actualizada con las últimas modificaciones hechas sobre el código fuente (algoritmos de control) en la memoria de los controladores lógicos de los sistemas de control distribuido. Solo hacen entrega del código fuente, y éste en la mayoría de las ocasiones no está documentado. Esta situación limita y complica mucho la definición del alcance desde las etapas de planificación, lo que incentiva que, durante la fase de ejecución, se deba realizar mucho retrabajo ocasionando grandes atrasos en el tiempo del proyecto y costes elevados si se le suma el hecho de no haber establecido un apropiado procedimiento de control de cambios.

Las migraciones de software son las que representan mayores problemas de gestión, debido a la alta complejidad técnica que requiere el trabajo de sustitución y mejora, siendo muy común en estos proyectos la generación de solicitudes de cambio por parte del cliente final, ante la posibilidad, con el nuevo software, de mejorar las funcionalidades en sus plantas productivas.

La implementación de proyectos de este tipo, ha generado muchas lecciones aprendidas en la mayoría de los casos, producto de las deficiencias en la gestión, sin embargo no se ha recopilado, ni analizado la información para determinar mejoras en el proceso; por lo anterior, se visualiza como una oportunidad, el desarrollo de este PFG, como un medio que permita elaborar el planteamiento de un plan de gestión eficiente y adecuado a las necesidades de los proyectos de migración de software en los sistemas de control industrial.

1.3. Justificación del proyecto

En la actualidad, es muy común que las empresas industriales inviertan en la migración de sus sistemas de control y automatización de procesos, debido al rápido crecimiento de nuevas tecnologías que permite a los proveedores de sistemas, ofrecer equipos con características nuevas y a menor costo, lo que implica una detención en la fabricación y soporte de sistemas antiguos. Lo anterior, fuerza a las empresas industriales a sustituir sus actuales sistemas de control por versiones más modernas y con mayores facilidades, que les permita satisfacer las necesidades tan demandantes y cambiantes, para evolucionar con las tendencias de la industria.

La migración de un sistema de control debe considerarse como una gran oportunidad, tanto para el cliente final como para los proveedores de servicios de integración y automatización, para transferir el extenso conocimiento de ingenieros, técnicos y operadores, de muchos años de experiencia trabajando con sistemas de control antiguos, a las nuevas generaciones de profesionales para que puedan dar continuidad a su labor, y al mismo tiempo, aporten innovación en los procesos de control y monitoreo, para que se alineen a las nuevas tendencias del manejo de la información, y a la flexibilidad requerida ante un mercado muy dinámico. Desde el punto

de vista de gestión de proyectos, es sumamente importante gestionar apropiadamente a los interesados y las comunicaciones, para que esta transferencia de conocimiento sea lo más provechosa posible para el proyecto.

Un plan de gestión de proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido permitirá que la ejecución de la sustitución del software obsoleto por uno nuevo se realice apropiadamente, para la consecución exitosa del proyecto. Con este plan, se busca que el alcance de este tipo de proyectos logre cumplir las necesidades de los interesados, y satisfaga los requerimientos de calidad, con una metodología apropiada para el control y seguimiento de los cambios que surjan durante su ejecución.

Asimismo, se espera que este plan de gestión sea la base del plan para la fase de migración del hardware en los sistemas de control.

1.4. Objetivo general

Elaborar un plan de gestión del proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido, para actualizar y mejorar el control de procesos productivos industriales.

1.5. Objetivos específicos

1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca.
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.

4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los interesados.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco institucional

Los proyectos de automatización normalmente incluyen equipos y servicios de diferente naturaleza, diferentes fabricantes y orientados a diferentes departamentos de la industria: gerencia, calidad, adquisiciones, producción, operación, mantenimiento, entre otros. La función de la empresa, como integradora de sistemas de control industrial, es incorporar estos diferentes productos y servicios en soluciones completas, desde el diseño hasta la instalación y puesta en marcha u operación de los sistemas. Se ofrece servicios en una amplia gama de aplicaciones, y las soluciones son escalables, según se requiera se provee desde servicios puntuales como armados de cabinas hasta proyectos completos de automatización llamados “llave en mano”.

2.1.1 Antecedentes de la institución.

La empresa cuenta con más de 20 años de experiencia en el área de automatización industrial. Su inicio se da cuando los miembros fundadores deciden adquirir la comercialización exclusiva de la venta y distribución de producto de instrumentación industrial, por parte de varios fabricantes reconocidos mundialmente, para suplir el mercado local, así como del resto de Centroamérica, el Caribe y algunas zonas de Norte y Suramérica.

Con la experiencia de la venta de producto, se decidió complementar la estrategia de negocio de la empresa y abrir el mercado, ofreciendo los servicios de integración de sistemas de control. De esta manera, no solo se ofrece el equipo, sino también el desarrollo de proyectos de automatización, cuyo producto final es un sistema de control industrial capaz de satisfacer las

necesidades de los clientes en lo referente al monitoreo y control eficiente de sus procesos productivos. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

2.1.2 Misión y Visión.

Visión: Consolidar nuestra posición de liderazgo en soluciones de automatización industrial y afines en Latinoamérica. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

Misión: Procurar que nuestros clientes produzcan y operen a un nivel óptimo a través de nuestras soluciones ejecutadas con el mejor equipo humano, utilizando las mejores marcas y conforme a estándares propios e internacionales ajustados a las buenas prácticas de manufactura e ingeniería. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

2.1.3 Estructura organizativa.

Más de un 90% del personal que compone la compañía es técnico, entre ingenieros y técnicos electromecánicos, y el resto forma parte del área administrativa. En la siguiente figura se muestra la estructura organizativa de la empresa.

Estructura Organizacional

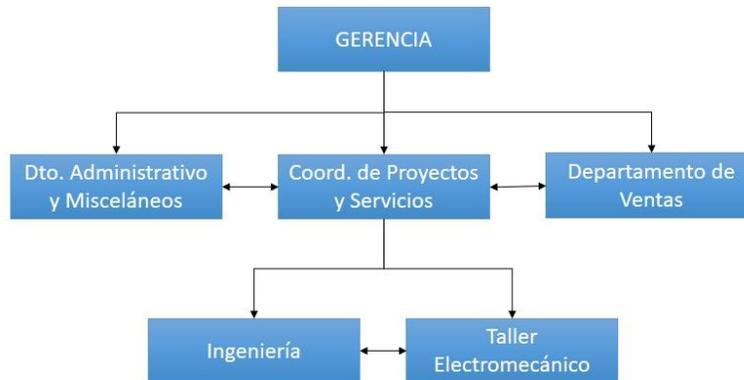


Figura 1. Estructura Organizativa. Fuente: Elaboración propia (2019).

El producto final de este Proyecto Final de Graduación será empleado por el Departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios, el cual presenta dentro de sus actividades y responsabilidades, la gestión de los proyectos de automatización e integración de sistemas.

2.1.4 Productos que ofrece.

La compañía presenta como áreas operativas: la integración de sistemas, el servicio técnico, y los entrenamientos o capacitaciones.

La especialidad es la de integrar sistemas de control e instrumentación electrónica en maquinaria de manufactura o industria de proceso, utilizando tecnología de avanzada en el campo de la automatización, con desarrollo de ingeniería, respetando normas de calidad y seguridad internacionales, y desarrollando paquetes completos denominados “llave en mano” con calidad mundial a costos razonables.

El mercado principal en el que se desempeña la organización es: industrias de manufactura (procesos de fabricación por lotes), procesos continuos industriales (alimenticia, química, petróleo, etc.), y sistemas de seguridad instrumentada para proteger y mitigar los riesgos en la industria. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

Servicios

a. Integración de Sistemas: Principal actividad que consiste en la integración de diferentes subsistemas y componentes de automatización y control en una sola y completa solución para el usuario final. Un trabajo típico incluye considerar requerimientos y especificaciones generales de parte de un cliente y con base en esto, diseñar, ejecutar y entregar la respectiva solución, esto incluye tanto los servicios de ingeniería e instalación como los equipos, software y documentación. Dentro de los servicios que se incluyen en los proyectos de integración se tienen: administración de proyectos, diseño y elaboración de planos eléctricos y de control, armado de cabinas, simulación de los sistemas y pruebas de aceptación en fábrica o instalaciones, desarrollo de software de aplicación, y puesta en marcha de los sistemas. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

b. Soporte Técnico: Ayudar al usuario a escoger el equipo apropiado para su aplicación. Se ofrece servicios de calibración de instrumentación industrial, reparación de equipos, asistencia y ayuda en casos de emergencia, programas de mantenimiento preventivo, soporte vía teléfono y repuestos en bodega.

Se provee de entrenamientos para el uso de productos y sus aplicaciones en las salas de formación en nuestras instalaciones, o bien en las plantas o sitios de nuestros clientes.

Fuente: (Elaboración propia, 2019).

- c. **Planos eléctricos:** Se ofrece el servicio de diseño, levantamiento, elaboración y actualización de planos. Se cuenta con licencias de software especializado para elaborar planos eléctricos de control. Se tiene respaldos de planos, en caso de daño o extravío, se puede facilitar una copia rápidamente. Fuente: (Elaboración propia, 2019).
- d. **Armado de cabinas:** La empresa cuenta con un excelente taller de armado de cabinas de control y potencia, donde se ensamblan desde paneles simples con un solo arrancador, hasta sistemas de varias cabinas con controladores lógicos programables y sistemas de control distribuido, así como equipo de potencia. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

2.2 Teoría de Administración de Proyecto

2.2.1 Proyecto.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (PMI, 2017, p.4).

Basado en la definición anterior, el término temporal implica que todo proyecto tiene un inicio y un final definidos, por tanto, no son esfuerzos continuos. También, el término único indica que un proyecto crea productos entregables únicos, los cuales pueden ser tangibles o no.

2.2.2 Administración de Proyectos.

La Guía del PMBoK® (PMI, 2017) define que la administración o dirección de proyectos es “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto” (p.707).

2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto es el conjunto de fases en que son divididos los proyectos para facilitar su gestión. Normalmente, esta división es definida por los directores de proyectos. En el ciclo de vida de un proyecto se definen las fases que vinculan el inicio del proyecto con su fin.

El ciclo de vida del proyecto permite definir el tipo de trabajo a realizar en cada fase, así como cuándo es el momento apropiado para generar los entregables de cada fase, cómo serán revisados, verificados y validados. También permite identificar los involucrados en cada fase, además del tipo de control y seguimiento de las actividades en las diferentes fases. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

Según la Guía del PMBoK® (PMI, 2017), el ciclo de vida de un proyecto es “la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto. Este marco de referencia básico se aplica independientemente del trabajo específico del proyecto involucrado. Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas” (p.56).

La siguiente figura es una aproximación de la visión genérica del ciclo de vida de un proyecto planteado por la Guía del PMBoK® (PMI, 2017).

Ciclo de Vida Genérico de un Proyecto

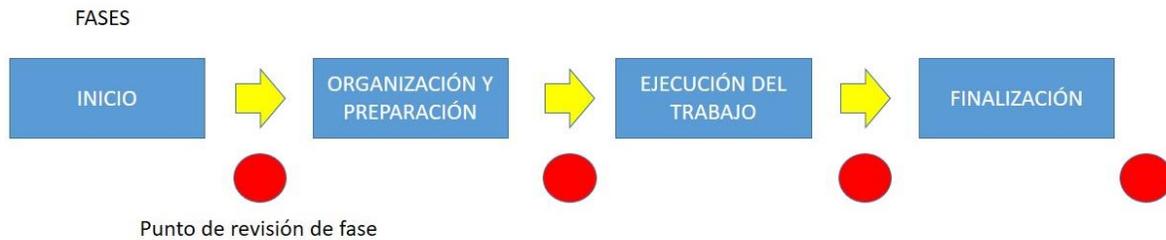


Figura 2. Ciclo de vida genérico del proyecto. Fuente Elaboración propia (2019).

2.2.4 Procesos en la Administración de Proyectos.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto. Se caracterizan por tener entradas, aplicar una transformación y obtener sus respectivas salidas. Esta transformación, según la Guía del PMBoK® (PMI, 2017), se logra a través del uso de herramientas y técnicas apropiadas para la gestión de proyectos.

La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de procesos de dirección de proyectos, agrupados lógicamente (PMI, 2017, p.59).

La Guía del PMBoK (PMI, 2017) define los siguientes grupos de procesos:

- a. **Grupo de Procesos de Inicio:** “Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase”.

- b. **Grupo de Procesos de Planificación:** “Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto”.
- c. **Grupo de Procesos de Ejecución:** “Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto”.
- d. **Grupo de Procesos de Monitoreo y Control:** “Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requerirá cambios y para iniciar los cambios correspondientes”.
- e. **Grupo de Procesos de Cierre:** “Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente el proyecto, fase o contrato”.

2.2.5 Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos.

Para la Guía del PMBoK (PMI, 2017), los procesos también pueden ser categorizados por Área de Conocimiento. La definición que ofrece la Guía para este concepto es la siguiente: “Un Área de Conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen” (p.60).

Las diez áreas de conocimiento descritas en esta guía son:

1. **Gestión del Alcance del Proyecto:** El plan de gestión del alcance del proyecto es un componente del plan para la dirección del proyecto que describe cómo será definido,

desarrollado, monitoreado, controlado y validado el alcance. Los componentes de un plan de gestión del alcance del proyecto incluyen: planificar la gestión del alcance, recopilar los requisitos, definir el alcance, crear la estructura de desglose de trabajo, validar el alcance y controlar el alcance.

2. **Gestión del Cronograma del Proyecto:** La gestión del cronograma incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo. Los procesos son: planificar la gestión del cronograma, definir las actividades, secuenciar las actividades, estimar la duración de las actividades, desarrollar el cronograma y controlar el cronograma.
3. **Gestión del Costo del Proyecto:** La gestión del costo del proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Los procesos contemplados en esta gestión son: planificar la gestión de los costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos.
4. **Gestión de la Calidad del Proyecto:** La gestión de la calidad incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados. Algunos de los procesos respectivos son: planificar la gestión de la calidad, realizar el aseguramiento de la calidad, y realizar el control de la calidad.
5. **Gestión de los Recursos del Proyecto:** La gestión de los recursos incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del

proyecto. Los procesos contemplados en esta gestión son: planificación de la gestión de los recursos, estimar los recursos de las actividades, adquirir los recursos, desarrollar el equipo, dirigir al equipo y controlar los recursos.

6. **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:** Incluye los procesos necesarios para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de sus interesados se satisfagan a través del desarrollo de objetos y de la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información. Los procesos de gestión de las comunicaciones corresponden a: planificar la gestión de las comunicaciones, gestionar las comunicaciones y monitorear las comunicaciones.
7. **Gestión de los Riesgos del Proyecto:** Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto. Los procesos contemplados son: planificar la gestión de los riesgos, identificar los riesgos, realizar el análisis cualitativo de los riesgos, realizar el análisis cuantitativo de los riesgos, planificar la respuesta a los riesgos, implementar la respuesta a los riesgos, y monitorear los riesgos.
8. **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto:** La gestión de las adquisiciones abarca los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. Los procesos son: planificar la gestión de las adquisiciones, efectuar las adquisiciones y controlar las adquisiciones.

9. **Gestión de los Interesados del Proyecto:** Comprende los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. Los procesos son: identificar a los interesados, planificar el involucramiento de los interesados, gestionar la participación de los interesados, y monitorear el involucramiento de los interesados.
10. **Gestión de la Integración del Proyecto:** La gestión de la integración del proyecto incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de la dirección de proyectos dentro de los grupos de procesos de la dirección de proyectos.

2.3 Teoría en Control de Procesos Industriales

2.3.1 Proceso Industrial.

Un proceso industrial comprende el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios. El propósito del proceso es el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que estos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida.

El proceso industrial como proceso requiere de una serie de fases para cumplir con su objetivo.

A continuación, con base en mi experiencia en el desarrollo de sistemas de control de procesos,

las fases más habituales que se aplican en la industria son las siguientes:

- a. Contacto y manipulación de la materia prima
- b. Trabajos de acondicionamiento para transformar la materia prima
- c. Proceso de transformación propiamente dicho con las técnicas correspondientes
- d. Separación de la materia prima para convertirla en producto
- e. Creación de los productos finales

2.3.2 Tipos de Procesos Industriales.

- **Procesos Industriales Continuos:** Se refieren al momento en el que el proceso de transformación se realiza durante un periodo de tiempo concreto y siempre de manera continuada. Este tipo de procesos se utilizan, principalmente, en las industrias de la energía y químicas.
- **Procesos Industriales Discontinuos:** Semejantes a los procesos continuos, aunque el proceso de transformación se realiza en un menor tiempo, ya que se cambia de producto con frecuencia y facilidad. La industria del papel o de los alimentos son las que suelen hacer mayor uso de este tipo de procesos.
- **Procesos Industriales por Lotes:** Se reconoce como el proceso más antiguo que existe, puesto que se lleva a cabo a través de una secuencia de pasos claramente bien definidos. Lo que se hace, es mezclar la materia prima y posteriormente transformarla con unas

condiciones específicas. Se obtienen los productos por lotes y luego, se extraen de manera individual. La industria farmacéutica y la textil suelen utilizar este tipo de proceso.

- **Procesos Industriales Discretos:** Son aquellos que se llevan a cabo para crear un solo producto a la vez. Normalmente los productos son de grandes dimensiones, como puede ser un vehículo o un avión, y se realizan varios procesos de transformación en un mismo lugar.

2.3.3 Control de Procesos Industriales.

El objetivo de todo proceso industrial es la obtención de un producto final con ciertas características que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado. Con los años, se ha aprendido que para lograr la constancia en las propiedades del producto es indispensable el control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. De esta manera, el control del proceso procurará corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto final fabricado.

En los primeros tiempos de la industrialización las plantas eran supervisadas y controladas manualmente, basándose en las indicaciones de instrumentos de medición de presión, temperatura, caudales, niveles, entre otros; instalados en campo o piso de producción. La supervisión requería que el operador estuviera en planta para llevar a cabo el control manual directo del proceso. Cuando el operador detectaba alguna de estas desviaciones en las

condiciones del proceso, tomaba acción directa sobre algún mecanismo eléctrico o mecánico para mitigar la desviación y volver a estado de normalización el proceso.

Con los avances en ciencia y tecnología, especialmente en el desarrollo de la electrónica y los sistemas computarizados, ahora el control de procesos se aplica a través de sistemas de control que permiten el monitoreo y seguimiento del comportamiento de los procesos productivos de forma automática, es decir, sin intervención de un operador humano, o bien semiautomática, donde la responsabilidad la comparte el operador humano y un computador de algoritmos especiales.

Un sistema de control permite una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de especificación de ajuste y de requerimientos para la calidad del producto final del proceso productivo. Fuente: (Elaboración propia, 2019).

2.3.4 Sistema de Control Distribuido.

Según la compañía Yokogawa en México (2019), un sistema de control distribuido (SCD), “es una plataforma para el control automatizado y el funcionamiento de una planta o de un proceso industrial. Un SCD combina en un sistema automatizado único: interfaz hombre maquina (HMI, por sus siglas en inglés), solucionadores lógicos, historiador, base de datos común, administración de alarmas y una suite de ingeniería común”.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control distribuido son:

Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.

Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.

Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.

Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implementación de un adecuado sistema de control distribuido de procesos, que se adapte a las necesidades del sistema productivo, significará una sensible mejora de la operación. Los beneficios que se obtienen de un SCD operando apropiadamente su proceso productivo son:

- Incremento de la productividad
- Mejora de los rendimientos
- Mejora de la calidad
- Ahorro energético
- Control medioambiental
- Seguridad operativa
- Optimización de la operación del proceso / utilización del equipo
- Fácil acceso a los datos del proceso.

Un SCD se compone de varios elementos de control, los cuales no están ubicados en un mismo sitio, al contrario, y como lo dice el nombre del sistema, se encuentran distribuidos en diferentes partes del piso de producción. Todos los componentes se comunican entre sí, a través de redes de comunicación y monitoreo.

Los componentes fundamentales de un SCD son:

1. **Interfaz al operador o de supervisión:** Principalmente compuesta por computadores que ejecutan diferentes tipos de software según la funcionalidad que se le desee aplicar. Por ejemplo, un computador de operación ejecuta el software de aplicación que habilita la interfaz gráfica hombre – máquina (HMI, por sus siglas en ingles), de tal forma que el operador pueda dar seguimiento al comportamiento de las condiciones del proceso productivo. Otras funcionalidades que se pueden aplicar son: de mantenimiento, de calidad, de administración de activos, historiadores, y generación de informes a gerencia.
2. **Controladores:** Son los módulos de procesamiento, los cuales ejecutan los algoritmos de control implementados a través de un software de aplicación, que luego son descargados en su memoria de procesamiento. Son los responsables también de gestionar las comunicaciones entre la interfaz de supervisión y la interfaz con el proceso productivo, y otros elementos de soporte. Estos elementos están diseñados para permitir la modificación y creación de algoritmos de control en tiempo real, estando el SCD operativo supervisando un proceso productivo en ejecución.
3. **Interfaz al proceso:** Comprende módulos electrónicos para el procesamiento análogo – digital de las variables de los procesos productivos, como, por ejemplo: presiones, temperaturas, niveles, entre otros, a través de redes de comunicación con los transmisores de medición de campo. También lo comprende otros módulos electrónicos para la manipulación de actuadores tales como: válvulas, variadores de frecuencia, dámperes, bombas, abanicos, agitadores, entre otros.
4. **Módulos de Comunicación:** Los componentes anteriores, a pesar de estar distribuidos por toda el área productiva de la planta, se comunican a través de módulos de comunicación

diseñados para proporcionar comunicaciones bidireccionales entre todos los componentes del SCD.

La siguiente figura corresponde a una arquitectura típica de un sistema de control distribuido, conformada por sus componentes básicos.

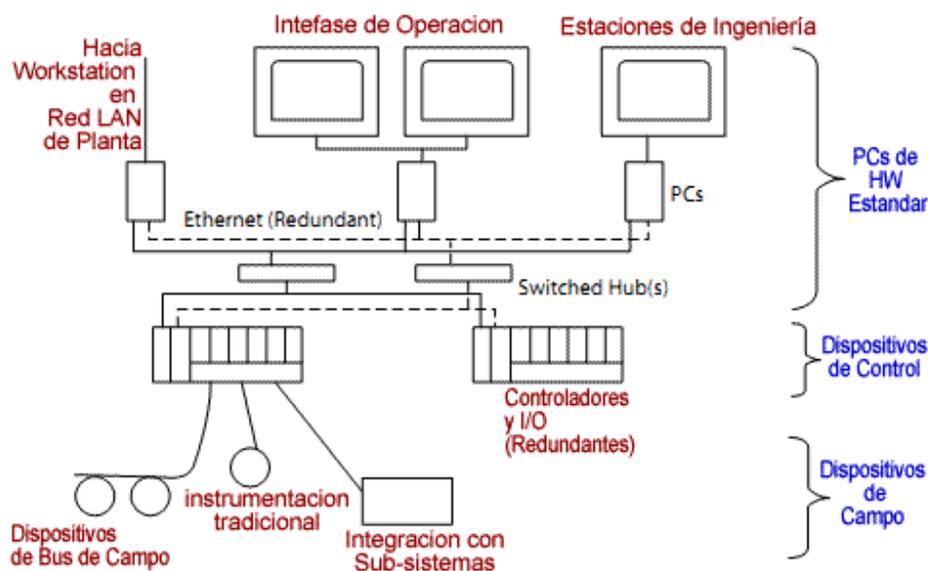


Figura 3. Arquitectura de un SCD. Fuente: InstrumentacionyControl.net (2019)

Hoy en día, con el desarrollo del Internet de las Cosas, los sistemas modernos de SCD están diseñados para proporcionar el acceso de la información de toda la planta en tiempo real, hasta los niveles más altos de la organización, permitiendo que las tomas de decisión estratégicas de las compañías se fundamenten con información actual y completa de las condiciones reales de sus procesos productivos (InstrumentacionyControl.net, 2019).

2.3.5 Software de Aplicación.

Hoy en día, nuestra vida se desarrolla entre términos como: Software y Hardware.

Inmediatamente al escucharlos los relacionamos con Microsoft Windows[®], por decir un ejemplo, con Microsoft Excel[®], WhatsApp, laptops, teléfonos inteligentes, entre otros dispositivos electrónicos de alta tecnología, y sus paquetes informáticos que nos permiten utilizarlos. Sin embargo, el concepto de estos términos es para muchos desconocidos, así como su verdadera funcionalidad.

El Software en su definición más simple es un programa informático que se instala en las computadoras, tabletas, consolas de juegos de video, entre otros; a través de los cuales, se pueden realizar diferentes funciones o tareas, como, por ejemplo: redactar un correo electrónico, escuchar música, navegar por la Internet, realizar cálculos matemáticos, y muchas más cosas. El software es desarrollado mediante lenguajes de programación, que permiten controlar el comportamiento de componentes electrónicos que conforman estos dispositivos como las computadoras, a través de un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen sus elementos y expresiones (Pérez J.L., 2019).

La revista Tecnología & Informática (2019), en su artículo llamado ¿Qué es Hardware y Software?, define el Software como “una secuencia de instrucciones que son interpretadas y/o ejecutadas para la gestión, redireccionamiento o modificación de un dato/información o suceso”. Y añade que el “Software también es un producto, el cual es desarrollado por la ingeniería de software, e incluye no solo el programa para la computadora, sino también manuales y documentación técnica”.

Existen varios tipos de Software en el mercado, aunque la clasificación siempre estará sujeta a la propia forma de como las compañías desarrolladoras de Software describan y gestionen sus productos. Pérez (2019) define los siguientes tipos de Software:

- a. **Software de sistema:** También conocido como Software base. Es el Software que requieren los computadores para que sean capaces de iniciar el computador y poder utilizar otras aplicaciones o software, son los encargados de la comunicación entre el sistema operativo y el hardware que compone el computador, algunos están diseñados para administrar los propios recursos del computador o de configurar la interfaz según las preferencias de los usuarios. Clasificación: sistemas operativos, controladores de dispositivo, herramientas de diagnóstico, herramientas de corrección y optimización, servidores y utilidades.
- b. **Software de programación:** A través de este tipo de software es desarrollar otras aplicaciones y sistemas que son usados en las computadoras para diferentes tareas, haciendo uso de conocimientos lógicos y de programación. Clasificación: editores de texto, compiladores, interpretes, enlazadores, depuradores, entornos de desarrollo integrados.
- c. **Software de aplicación:** Este tipo de Software es el más empleado gracias a la Internet y el uso de teléfonos inteligentes, las aplicaciones son las más usadas, están incluidas en todos los programas, aplicaciones o utilidades que manejamos dentro de nuestro computador, tabletas o móvil. Este Software es el diseñado para el usuario final. Uno del software de aplicación más conocido es el paquete de Office de Microsoft®. Clasificación: aplicaciones de sistemas de control y automatización industrial,

aplicaciones ofimáticas, software educativo, software médico, software de cálculo numérico, software de diseño asistido, software de control numérico, y aplicaciones en la “nube”.

Los sistemas de control distribuido (SCD) están conformados por componentes de hardware y software, y éste último es del tipo software de aplicación, desarrollado para ejecutar funciones de monitoreo y control de los procesos productivos industriales. Es sumamente importante, que el software de aplicación de los SCD ofrezca a los usuarios finales, la gestión de tareas y procesos de forma rápida, sencilla y sin errores. El Software de aplicación debe ser capaz de respaldar la capacidad de fabricación para enfrentar los desafíos emergentes y responder a los cambios constantes dentro del sector productivo de las compañías. Un software de aplicación apropiado al tipo de producción de una planta fabricadora ofrecerá una ventaja competitiva sostenida en estos entornos que son, en la mayoría de los casos, impredecibles (Pérez J.L., 2019).

Los lenguajes de programación que se utilizan para desarrollar un software de aplicación para el control industrial son: lenguaje en escalera, diagramas de bloques funcionales, texto estructurado y lista de instrucciones. Su uso y elección depende de la formación y experiencia del programador, el problema que se desea resolver, el nivel de descripción del problema, la estructura del sistema de control, y la interfaz con usuarios y otros sistemas. Estos lenguajes de programación se definen en el estándar IEC61131-1, desarrollado por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), conocida en inglés como International Electrotechnical Commission (IEC), organización de normalización en áreas de electricidad, electrónica y tecnologías afines.

La siguiente figura ilustra un ejemplo para cada uno de los lenguajes de programación que define el estándar IEC 61131-3 (IEC, 2019).

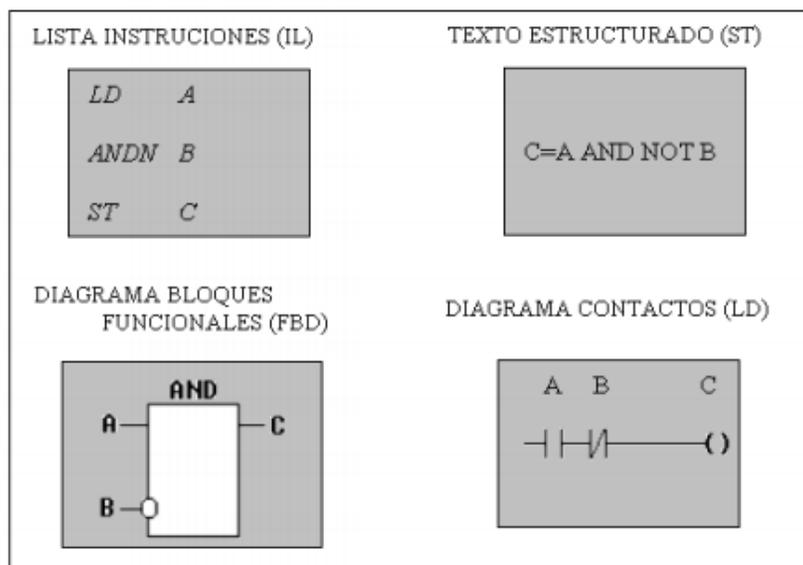


Figura 4. Lenguajes de Programación según IEC61131-1. Fuente: IEC, 2019

2.3.6 Migración de sistemas de control.

En el sector industrial, específicamente en el área de automatización y control de procesos productivos, se está generando un crecimiento significativo en la demanda de proyectos de migración de los sistemas de control industrial (ICS, por sus siglas en inglés). Las compañías industriales invierten y buscan presupuestos para realizar una sustitución de sus sistemas de control actual por nuevos sistemas que les ofrezcan las mejoras que requieren en sus procesos productivos. Estas compañías tienen la tendencia de extender la vida útil de sus sistemas de control, más de lo recomendable, incluso más allá del soporte que ofrece el proveedor original. Hacer esto, compromete la seguridad de las personas involucradas en la fabricación, de las

instalaciones y de los productos; también compromete los resultados económicos de la instalación industrial y su capacidad de adaptación a las necesidades del negocio. Los problemas más importantes que las empresas enfrentan, y que al final los motiva a desarrollar proyectos de migración de sistemas, son: los aumentos en la tasa de fallos del hardware de los ICS que provocan incidentes de seguridad y paradas imprevistas de la producción; el incremento de las actividades de mantenimiento y la escasez de repuestos, la no continuidad del soporte por parte de los proveedores originales, la pérdida de conocimiento y experiencia debido a la jubilación de personal profesional; y la limitación de los ICS para adaptarse a la nueva dinámica de las necesidades de negocio: nuevos productos, aumento de la capacidad de producción, cambios en las especificaciones y obligaciones regulatorias (restricciones medioambientales y normativas de seguridad y de calidad). Por lo anterior, los ICS actuales, a pesar de cumplir con las necesidades de monitorear y operar los procesos productivos, se convierten en sistemas obsoletos, ya que limitan la evolución de las plantas a las nuevas tecnologías y nuevas tendencias del negocio.

Las migraciones de los sistemas de control industrial son la solución a los problemas descritos. Se necesita el cambio del sistema por una versión más reciente, que puede ser un producto del mismo proveedor, lo que se conoce como actualización o modernización, o bien por el producto de otro fabricante, lo que se refiere a una sustitución o reemplazo. Lo importante es que el cliente final adquiera de la tecnología más actual para solventar los problemas mencionados en sus procesos productivos.

La migración puede realizarse sobre una parte o sobre todo el sistema de control. Se puede realizar por etapas (varios proyectos), o bien en un solo proyecto. Lo que determina el tipo de

proyecto de migración corresponde a aspectos económicos, la afectación de la producción, los hitos programados de paro de producción y necesidad de negocio (ISA.org, 2014).

Es importante destacar que, un proyecto de migración no aportara valor, o al menos, no todo el podrían, si se plantea como si fuese un “Copiar y Pegar” del sistema de control existente. Este enfoque realmente corresponde a una emulación en lugar de una migración, y lo que genera es un desperdicio de muchas mejoras que un nuevo sistema de control puede aportar. La compañía Yokogawa (2019), a través de su página web, en la sección Migración/Reemplazo del DCS, establece muy claramente que “el objetivo de la migración del sistema de control no es replicar su sistema existente y simplemente mantener las cosas como están, sino traer nuevas tecnologías, funciones y características que le permitan operar su planta de manera más eficiente y rentable. Es una oportunidad para beneficiarse con la última tecnología de sistemas de control disponible en el mercado hoy en día”.

Las migraciones al no ser un proceso frecuente a lo largo de la vida de una instalación industrial, supone una oportunidad para preservar, o inclusive rescatar el “Saber Hacer” que, durante todo el uso del actual sistema de control, se ha estado generando con cada cambio en la configuración del sistema, y cuyas modificaciones y experiencia, normalmente no son bien documentadas, dejando como único registro, el código fuente de las configuraciones en el software de aplicación.

Una migración del sistema de control es también una oportunidad para que las plantas productivas pueden implementar estrategias de control que eran muy difícil de implementar en el software de aplicación del existente ICS, ya sea por limitación de capacidad del software o

hardware; o bien, el chance de re implementar las estrategias de control existentes con herramientas más robustas y de fácil implementación y mantenimiento.

En el mercado existen muchas compañías que ofrecen los servicios para ejecutar proyectos de migración de sistemas de control. Muchas de estas, son propiamente los mismos fabricantes de los sistemas, y otras son sencillamente empresas integradoras que no fabrican los componentes de los ICS, pero si ofrecen el servicio de desarrollar el proyecto con cualquier producto de control. Es por esta razón, que las plantas productivas tienen el reto de saber seleccionar el mejor sistema de control para su proyecto de migración, y al mismo tiempo el mejor socio tecnológico capaz de adaptar el software a las particularidades productivas de su instalación (Elaboración propia, 2019).

3 MARCO METODOLÓGICO

Una vez identificado el problema a través de la formulación del Proyecto Final de Graduación, delimitado sus objetivos y asumidas las bases teóricas, se desarrolla el siguiente marco metodológico que expone la metodología para el logro de los objetivos, siendo una guía o esquema procedimental que establece los pasos necesarios para realizar el estudio. El fin esencial del marco metodológico es precisar, a través de una redacción clara y sencilla, los métodos, técnicas, estrategias, procedimientos e instrumentos utilizados para lograr el cumplimiento de los objetivos acordados. Según Balestrini (2006), el marco metodológico es “el conjunto de procedimientos lógicos, tecno operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objetivo de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados” (p.125).

El presente marco metodológico se compone de fuentes de información, métodos de investigación, herramientas, supuestos y restricciones, y entregables. Cada componente se detalló con relación a los objetivos específicos planteados para este Proyecto Final de Graduación.

3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información son elementos que nos proporcionan datos y recursos para ampliar nuestro conocimiento sobre una actividad o área específica (PapelesdeInteligencia, 2019).

Según Silvestrini & Vargas (2008), las fuentes de información “son todos los recursos que contienen datos formales, informales, escritos, orales o multimedia. Se dividen tres tipos: primarias, secundarias y terciarias”.

Para el desarrollo del Proyecto Final de Graduación, se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria que en los siguientes apartados se describen con detalle.

3.1.1 Fuentes primarias.

Son aquellas que contienen información original, el tema que contienen no ha sido nunca tratado, la información se ha mantenido intacta, es decir, no ha sido interpretada o analizada por un investigador o institución. Esta información que consiste en una toma de datos por medio de un cuestionario, una entrevista, una fotografía, un video, etc., sirve al investigador para constatar una hipótesis. Este tipo de fuente de información se encuentra en tesis doctorales, libros, actas de congresos, revistas, normas o patentes. Entre las fuentes primarias es posible también encontrar obras de referencia como diccionarios, enciclopedias, anuarios, directorios, guías, fuentes biográficas y hasta los atlas (lifeder, 2019).

Para efectos de esta investigación se utilizaron como fuente de información primaria, los criterios y experiencia de miembros de la empresa que se encuentran involucrados directamente con la implementación de proyectos de integración de sistemas de control industrial.

3.1.2 Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias son resultados concretos de la utilización de las fuentes primarias; constituyen el producto de muchos años de investigación. Se pueden identificar porque no tienen

como objetivo principal ofrecer información sino indicar que fuente o documento nos la puede proporcionar. En términos generales, los documentos secundarios remiten generalmente a documentos primarios. Entre las fuentes secundarias se encuentran los catálogos y las bibliografías, entre otros (lifeder, 2019).

Las fuentes de información secundaria que se utilizaron para desarrollar este Proyecto Final de Graduación fueron: la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017), el libro Director de Proyectos: Como aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017), información recopilada durante los cursos de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI en la generación MAP 70, activos de la organización en especial el historial de lecciones aprendidas de proyectos antiguos de migración de sistemas de control industrial, así como fuentes documentales de organizaciones y compañías internacionales especialistas en la normalización, regulación y estandarización en el desarrollo de proyectos de automatización industrial.

El resumen de las fuentes de información que se utilizaron en este proyecto se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Fuentes de información utilizadas*

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos, líderes técnicos, e ingenieros de ventas	Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Tópicos especiales en la API de la Maestría en

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos, líderes técnicos y programadores.	Administración de Proyectos de la UCI MAP-70. Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa. Documentales de opinión y buenas prácticas de entidades internacionales especializadas en automatización industrial. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Técnicas y Herramientas para la AP I de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70. Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa. Documentales de opinión y buenas prácticas de entidades internacionales especializadas en automatización industrial.
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos e ingenieros de ventas	Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Técnicas y Herramientas para la AP I de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70. Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos.	Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Áreas del Conocimiento para la AP I de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos, líderes técnicos, programadores y técnicos.	<p>Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa.</p> <p>Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017).</p> <p>Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017).</p> <p>Información del curso Áreas de Conocimiento para la AP II de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.</p> <p>Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa.</p> <p>Documentales de opinión y buenas prácticas de entidades internacionales especializadas en automatización industrial.</p>
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos y líderes técnicos.	<p>Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017).</p> <p>Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017).</p> <p>Información del curso Áreas de Conocimiento para la AP II de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.</p> <p>Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de sistemas de control de la empresa.</p> <p>Documentales de opinión y buenas prácticas de entidades internacionales especializadas en automatización industrial.</p>
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos, líderes técnicos, programadores y técnicos.	<p>Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017).</p> <p>Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017).</p> <p>Información del curso Áreas de Conocimiento para la AP III de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.</p> <p>Histórico de Lecciones Aprendidas sobre proyectos de migración de</p>

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos y el departamento de compras.	sistemas de control de la empresa. Documentales de opinión y buenas prácticas de entidades internacionales especializadas en automatización industrial. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Técnicas y Herramientas para la AP II de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.	Juicio de experto de miembros de la empresa que desempeñan roles como: administradores de proyectos, líderes técnicos y los ingenieros de ventas	Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017). Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento (Lledó, 2017). Información del curso Tópicos Especiales en la AP I de la Maestría en Administración de Proyectos de la UCI MAP-70.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Métodos de Investigación

Los métodos de investigación son los distintos modelos de procedimientos que se pueden emplear en una investigación específica, atendiendo a las necesidades de esta, es decir, a la naturaleza del fenómeno que deseamos investigar.

Según Morán D. & Alvarado D. (2010), definen el método de investigación “como un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado, metódico y crítico, que conduce hacia el descubrimiento de hechos, datos, relaciones, leyes o verdades nuevas en cualquier campo del conocimiento humano” (pag.7).

En las siguientes secciones se detallan los métodos de investigación que se aplicaron durante el desarrollo del presente Proyecto Final de Graduación.

3.2.1 Método analítico sintético.

El método analítico sintético estudia los hechos a partir de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego integra dichas partes para estudiarlas de manera holística o integral (Morán D. & Alvarado D., 2010).

La aplicación de este método permitió elaborar una propuesta específica para cada plan de gestión de cada área de conocimiento, y luego integrarlos en una solución integral correspondiente al plan de dirección, objetivo general de este Proyecto Final de Graduación.

3.2.2 Técnica de investigación de campo.

Es el proceso que, utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social (investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada) (Morales, 2017).

La técnica de campo aplicada durante el desarrollo de este Proyecto Final de Graduación fue la entrevista. Según Morales (2017), se define la entrevista como “una técnica de interrogatorio que se caracteriza por su aplicación interpersonal o “cara a cara”. Esta se utiliza con el fin de obtener información en forma amplia y detallada, por ello las preguntas suelen ser abiertas y se aplica a quienes poseen datos y experiencias relevantes para el estudio”.

3.2.3 Técnica de investigación documental.

Las técnicas de investigación documental centran su principal función en todos aquellos procedimientos que conllevan el uso óptimo y racional de los recursos documentales disponibles en las funciones de información (Morales, 2017).

Basada en la definición anterior, la investigación documental implica la revisión de un archivo, compuesto por material de diversa naturaleza como, por ejemplo: libros, periódicos, grabaciones, revistas, informes, videos, entre otros; material que se conoce como fuentes documentales.

Para el desarrollo de este PFG las fuentes documentales empleadas durante la investigación documental fueron las fuentes secundarias.

En la tabla 2, se pueden apreciar los métodos de investigación que se emplearon para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 2. *Métodos de investigación utilizados*

Objetivos	Métodos de investigación		
	Método analítico sintético	Investigación documental	Investigación de campo
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que generó la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las	Entrevistas a involucrados directos

Objetivos	Métodos de investigación			
	Método analítico sintético	Investigación documental	Investigación de campo	de
establezca.	detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	fuentes secundarias.		
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos	
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos	
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos	

Objetivos	Métodos de investigación		
	Método analítico sintético	Investigación documental	Investigación de campo
	síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.		
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.	A partir de la información obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	Lectura, análisis y síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	Entrevistas a involucrados directos
9. Definir un plan de	A partir de la información	Lectura, análisis y	Entrevistas a

Objetivos	Métodos de investigación		
	Método analítico sintético	Investigación documental	Investigación de campo
gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administracion adecuadas para lograr una participacion eficaz de los mismos.	obtenida de las entrevistas y fuentes secundarias se realizó un análisis detallado de cada componente que comprende el Plan de Gestión, que luego permitió realizar la síntesis correspondiente que genero la consolidación del Plan en su forma integral.	síntesis de la información contenida en las fuentes secundarias.	involucrados directos

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Herramientas

Una herramienta es todo aquello que usamos para ejecutar una determinada tarea o proceso de forma más eficiente, sea un programa informático, una plantilla, o cualquier otra cosa.

Según el PMI (2017), herramienta “es algo tangible, como una plantilla o un programa de software, utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado” (pág. 714).

Las herramientas empleadas para el cumplimiento de los objetivos planteados se ajustan a las recomendadas en la Guía del PMBoK® (PMI, 2017).

En la tabla 3, se definen las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

Tabla 3. *Herramientas utilizadas*

Objetivos	Herramientas
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.	Juicio de expertos Análisis de datos Reuniones

Objetivos	Herramientas
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca.	Juicio de expertos Análisis de alternativas Reuniones
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.	Juicio de expertos Revisión de estrategias de financiación. Métodos de adquisición de recursos Reuniones
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Juicio de expertos Estudios comparativos Entrevistas Costo de la calidad Toma de decisiones con múltiples criterios Representación de datos Planificación de pruebas e inspecciones Reuniones
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Juicio de expertos Diagramas jerárquicos Matriz RACI Teoría organizacional Reuniones
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	Juicio de expertos Análisis de requisitos de comunicación Tecnología de comunicación Modelos de comunicación Matriz de evaluación de involucramiento de los interesados Reuniones
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.	Juicio de expertos Análisis de los interesados Reuniones
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.	Juicio de expertos Análisis de hacer o comprar Análisis de selección de proveedores Reuniones
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.	Juicio de expertos Identificación de interesados Matriz de evaluación del involucramiento de los interesados Reuniones

Fuente. Elaboración propia.

3.4 Supuestos y restricciones

Supuesto es un factor del proceso de planificación que se considera verdadero, real o cierto, sin prueba ni demostración (PMI, 2017, pág. 725).

Restricción es un factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso (PMI, 2017, pág. 723).

Los supuestos y restricciones, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la tabla 4, a continuación.

Tabla 4. *Supuestos y restricciones*

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios: computador, paquetes de software, impresora, acceso a internet, área de trabajo, entre otros. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios. Acceso a historial de información de proyectos anteriores.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de ingeniería de ventas.
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Acceso al software Microsoft Project® y su respectiva licencia. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Ingeniería.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No hay información histórica relacionada a la elaboración de cronogramas, de proyectos anteriores.
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de ingeniería de ventas.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios: computador, paquetes de software, impresora, acceso a internet, área de trabajo, entre otros. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios. La empresa cuenta con una política de calidad y algunos procedimientos internos relacionados. En el departamento de proyectos no se cuenta con un procedimiento oficial de control de cambios.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios. Acceso a historial de información de proyectos anteriores.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de ingeniería.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No hay información histórica sobre la gestión de las comunicaciones de proyectos anteriores.
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana. No hay información histórica sobre la gestión de las comunicaciones de proyectos anteriores. No hay disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de ingeniería.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios, y del departamento de administrativo - compras.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.	Se cuenta con los recursos físicos necesarios. Disponibilidad oportuna del recurso humano del departamento de Coordinación de Proyectos y Servicios.	Tiempo máximo para completar el objetivo es de una semana.

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Entregables

Entregable es cualquier producto medible y verificable que se elabora para completar un proyecto o parte de un proyecto.

Según PMI (2017), el entregable es “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto” (pág. 708).

En la tabla 5, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

Tabla 5. *Entregables*

Objetivos	Entregables
1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual incluye los procesos para la elaboración del enunciado del alcance del proyecto, el proceso de construcción de la estructura de desglose de trabajo, los procesos de aprobación y conservación de la línea base del alcance, y el proceso de aceptación formal de los entregables.
2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual establece el modelo de programación del proyecto, la duración de las liberaciones e iteraciones, el nivel de exactitud, las unidades de medida, los enlaces con los procedimientos de la organización, el mantenimiento del modelo de programación, los umbrales de control, las reglas de medición del desempeño, y los formatos de los informes.
3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual establece las unidades de medida, el nivel de precisión, el nivel de exactitud, los enlaces con los procedimientos de la organización, los umbrales de control, las reglas de medición de desempeño y los formatos de informes.
4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual incluye los estándares de calidad, los objetivos de calidad, los roles y responsabilidades, los entregables y procesos del proyecto sujetos a revisión de calidad, las actividades de control de calidad y de gestión de calidad y las herramientas de calidad.
5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual incluye la identificación de los recursos, la adquisición de recursos, los roles y responsabilidades, el organigrama del proyecto, la gestión de los recursos del equipo del proyecto, aspectos de capacitaciones y de desarrollo de equipos y el control de los recursos.

Objetivos	Entregables
6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual contiene los requisitos de comunicación de los interesados, la información a comunicar, los plazos y frecuencia para la distribución de la información, los roles y responsabilidades, los métodos o tecnologías utilizados para transmitir la información, los recursos asignados a las actividades de comunicación y diagramas de flujo de la información.
7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente que incluye la estrategia de riesgos, la metodología, los roles y responsabilidades, el financiamiento, la calendarización, las categorías de los riesgos, los apetitos al riesgo del interesado, las definiciones de probabilidad e impacto de los riesgos, el proceso de elaboración de la matriz de probabilidad e impacto, los formatos de los informes, y los procesos de seguimiento.
8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente el cual incluye las directivas para coordinar las adquisiciones con otros aspectos del proyecto, el cronograma de las actividades de adquisición clave, los roles y responsabilidades, los mecanismos de contratación y los lineamientos de adquisiciones que utiliza el departamento de compras de la empresa.
9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos.	Documento con el Plan de Gestión correspondiente que incorpora las estrategias o enfoques para involucrar a individuos o grupos de interesados.

Fuente: Elaboración propia.

4 DESARROLLO

Todos los proyectos de migración de software de aplicación industrial presentan matices que los hacen diferenciarse entre ellos, por lo que un plan de dirección de proyecto cuya estructura no es flexible ni abierta a mejoras, no es la mejor opción para la empresa que provee servicios de ingeniería de este tipo.

Debido a lo anterior, las siguientes secciones de este documento conforman los componentes de un plan de dirección de proyecto versátil y dinámico, que le permitirá al director del proyecto, durante la fase de planificación, elaborar los diferentes planes de gestión, por área de conocimiento, que mejor se ajuste a las características y requerimientos de los proyectos de migración de software. Es un marco de referencia en el cual el director del proyecto podrá apoyarse, que incluye propuestas y recomendaciones, fundamentadas en una vasta experiencia en el negocio.

Cada propuesta de plan de gestión desarrollado en el presente capítulo incluye también la elaboración de estos para un proyecto específico llamado: “Migración del Software de un Sistema de Control Distribuido PROVOX”, el cual a partir de ahora y en el resto del documento, se hace referencia como “Proyecto Caso de Estudio”.

4.1 Plan de Gestión del Alcance

4.1.1 Introducción.

La Gestión del Alcance implica un conjunto de procesos a partir de los cuales se garantiza que el proyecto incluye todo el trabajo necesario para completarlo, y excluye todo el trabajo que no es necesario realizar.

Además, este plan detalla cómo debe ser definido el alcance del proyecto, cómo debe desarrollarse y como verificarse. También debe indicar quién es el responsable de gestionar el alcance del proyecto, y actuar como una guía para la dirección y control del alcance.

4.1.2 Guía.

El Plan de Gestión del Alcance que se detalla a continuación, corresponde a un documento genérico que funciona como marco de referencia y que incluye el estándar mínimo que se debe cumplir para la ejecución de un proyecto de migración de software de aplicación industrial. Antes de ejecutar el proyecto, este documento debe personalizarse para cubrir el alcance y las condiciones específicas según corresponda. Cada proyecto es diferente, y por esta razón, es válido agregar o eliminar secciones del plan, de acuerdo con el criterio del administrador del proyecto, para lo cual, el documento incluye instrucciones para completar cada sección.

4.1.3 Insumos de Entrada.

Para la elaboración del Plan de Gestión del Alcance, se recomienda contar previamente, como mínimo, con los siguientes insumos de entrada:

1. Acta de Constitución o Chárter del Proyecto: Este documento debe presentar una estructura idéntica a la del ejemplo expuesto en el Anexo 1 del presente documento. Lo debe desarrollar el departamento de ventas, una vez recibida la orden de compra de parte del cliente final, y como garantía de acuerdo mutuo entre los involucrados, con las firmas respectivas de los representantes legales.

Con la aprobación del Chárter del Proyecto, se realiza una transferencia de proyecto entre los departamentos de ventas e ingeniería, y se asigna el administrador del proyecto, quien deberá analizar toda la información procesada durante la labor de venta.

A continuación, el Acta de Constitución del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 6. *Acta de Constitución del Proyecto Caso de Estudio*

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
4 de noviembre del 2019	Migración del Software del Sistema de Control Distribuido Provox
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
Grupos de Procesos: Inicio, planeación, ejecución, control y monitoreo, y cierre. Áreas de Conocimiento: alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicación, riesgo, adquisiciones e involucrados.	Sector: Industrial. Actividad: Control de procesos productivos industriales.
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
6 de enero del 2020	3 de julio del 2020
Objetivos del proyecto	
Objetivo general Sustituir el software del sistema de control distribuido PROVOX por uno nuevo llamado DeltaV, para garantizar la actualización y continuidad del sistema automático de monitoreo y control en el área de proceso BPA.	

ACTA DEL PROYECTO
<p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar e implementar el nuevo software de aplicación por medio del DeltaV, para cubrir las funcionalidades de monitoreo y control del proceso BPA. 2. Realizar el comisionamiento y puesta en marcha del sistema DeltaV, para poner en operación el proceso de BPA con la nueva versión del sistema de control distribuido.
<p>Justificación o propósito del proyecto</p> <p>Las compañías industriales tienen muy claro, que utilizar sistemas de control industrial, que ofrezcan funcionalidades de monitoreo y control en sus procesos, generan que estos mismos sean cada vez más eficientes, logrando con el tiempo una mejor rentabilidad de su negocio. Este hecho, promueve que los fabricantes de estos productos, junto al continuo desarrollo de nuevas tecnologías, busquen desarrollar mejores y diferenciadores sistemas para suplir las demandas de estas compañías industriales, que presentan procesos cada vez más complejos.</p> <p>Este constante desarrollo de nuevos sistemas de control industrial obliga a las compañías industriales, a realizar migraciones o reemplazos de sus sistemas actuales por estos nuevos, ya que se convierten en obsoletos, debido a que los fabricantes dejan de producirlos y dejan de ofrecer soporte como mantenimiento y repuestos.</p> <p>La compañía Sabic tiene en su proceso BPA, un sistema de control distribuido, ya catalogado como obsoleto, llamado PROVOX, por lo cual, por medio de este proyecto se desea realizar el reemplazo por el sistema nuevo llamado DeltaV, ya que este corresponde a un producto nuevo, con muchas mejoras incorporadas, y con una buena reputación en el mercado.</p>
<p>Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto</p> <p>Software de aplicación, que incluye una lógica de monitoreo y control de variables del proceso, y una interface grafica para el operador, las cuales se ejecutarán en un controlador y en un computador respectivamente, del sistema DeltaV.</p> <p>Software del nuevo sistema de control distribuido DeltaV, en operación con el proceso de BPA, el cual incluye la etapa de comisionamiento y puesta en marcha que garantiza el desempeño óptimo del proceso de BPA con el nuevo sistema de control.</p>
<p>Supuestos</p> <p>El cliente final, Sabic Lexan, realizará una “congelación” de la base de datos (codigo fuente) del PROVOX para emplearla como referencia en la implementacion del software de aplicación en DeltaV. De esta manera, cualquier cambio en el codigo fuente hecho en planta, despues de esta congelacion, queda fuera del alcance del proyecto.</p> <p>El cliente, estará atento y anuente a todas aquellas consultas sobre interpretación del código fuente, que se generen durante la implementación del software de aplicación, para lo cual, habrá comunicación directa por medio de correo electrónico y llamadas telefónicas entre los involucrados.</p> <p>Cualquier cambio en el software de aplicación que el cliente requiera para su proceso, y que evidentemente no está contemplado en la base de datos de referencia, deberá tramitarse bajo una orden de cambio y gestionado por el control de cambios. Esto puede implicar un costo adicional al proyecto.</p> <p>El cliente final dispone en su planta de un sistema de control distribuido DeltaV, por tanto, el nuevo software de aplicación, producto final de este proyecto, será incluido en la base de datos de esta plataforma.</p> <p>El cliente cuenta en su bodega con los controladores, tarjetas de comunicación, tarjetas para señales de entrada y salida que se requieren como parte del nuevo hardware del sistema de control. Realizará el montaje de los equipos, así como el cableado de energía, de líneas de comunicación con el equipo de cómputo y la plataforma actual, y el cableado de todas las señales de campo.</p> <p>El cliente proveerá del equipo de cómputo necesario para la operación de la interfaz gráfica del sistema con</p>

ACTA DEL PROYECTO

el proceso productivo. Realizará la instalación necesaria en la sala de control de la planta. Durante la etapa de comisionamiento y puesta en marcha del nuevo software de aplicación, el cliente garantiza el acceso sin restricciones a las instalaciones de la planta, garantizando a su vez, las condiciones de seguridad óptimas.

Restricciones

Tiempo: El nuevo software de aplicación debe estar operativo en 6 meses, para aprovechar el paro de planta programado para el mes de julio del 2020.

Alcance: En caso de que las órdenes de cambio en el software de aplicación sean una gran cantidad o muy complejas, se deberá evaluar y considerar la opción de planear otro proyecto para cubrir estas necesidades.

Identificación de riesgos

Código fuente no documentado, que dificulte la interpretación apropiada, generando una gran cantidad de consultas que, al no ser atendidas a tiempo, se produzcan atrasos en la implementación del software de aplicación.

Atrasos en la entrega de las especificaciones funcionales de software por parte del cliente final.

Atraso en la fecha de paro de planta debido a un requerimiento especial del departamento de producción del cliente, lo que implicaría un atraso en el comisionamiento y puesta en marcha del sistema, y por ende, no poder culminar el proyecto en el tiempo estimado.

Presupuesto

Presupuesto preliminar del proyecto es de \$250,000.00 aproximadamente.

Principales hitos y fechas

Nombre hito	Fecha inicio	Fecha final
Revisión y aprobación de especificaciones del software de aplicación.	27 de enero 2020	31 de enero 2020
Revisión y aprobación del diseño conceptual y prototipo del software de aplicación.	24 de febrero 2020	28 de febrero 2020
Pruebas de aceptación del software de aplicación en nuestras oficinas.	25 de mayo 2020	12 de junio 2020
Puesta en marcha del software y entrega final.	6 de julio 2020	17 de julio 2020
Revisión y aprobación de especificaciones del software de aplicación.	27 de enero 2020	31 de enero 2020
Revisión y aprobación del diseño conceptual y prototipo del software de aplicación.	24 de febrero 2020	28 de febrero 2020
Pruebas de aceptación del software de aplicación en nuestras oficinas.	25 de mayo 2020	12 de junio 2020
Puesta en marcha del software y entrega final.	6 de julio 2020	17 de julio 2020

Información histórica relevante

La empresa tiene más de 10 años de experiencia en el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de la implementación de software y hardware de aplicación sobre una plataforma de un control distribuido con el objetivo de ofrecer a los clientes sistemas de monitoreo y control de sus procesos

ACTA DEL PROYECTO	
<p>productivos que les permita mejorar su rentabilidad. Existen muchos tipos de procesos productivos, y de la misma manera, existen diferentes soluciones para automatizarlos apropiadamente. En los últimos años, se ha dado una creciente demanda de proyectos de migración de sistemas de control, y a pesar de existir una planeación apropiada para la gestión del resto de proyectos de automatización, todavía no se ha logrado consolidar un plan apropiado, que le permita a la empresa, garantizarle a los clientes la calidad que requiere de nuestros productos finales y de la gestión propia del proyecto.</p>	
Identificación de grupos de interés (involucrados)	
<p>Involucrados Directos: El cliente final, la compañía Sabic representada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Jefe de operaciones en el área BPA. b. Jefe de automatización del área BPA. c. Jefe de proyectos para la planta Sabic. <p>Director de Proyecto: Responsable de la gestión apropiada del proyecto. Administrador Departamento de Ingeniería de la empresa. Ingeniero Líder Técnico: Responsable de todos los aspectos de la gestión técnica para la implementación del software de aplicación. Equipo de trabajo: Grupo de ingenieros, entre consultores, especialistas, programadores y de servicio en campo, responsables de la ejecución de las actividades del proyecto.</p> <p>Involucrados Indirectos: Grupo de operadores del área BPA. Instrumentistas y técnicos electromecánicos del área de BPA. Departamento de Adquisiciones de la empresa: Responsables de tramitar la adquisición de software y licencias para el proyecto. Representante de la venta de la propuesta de solución para el proyecto.</p>	
Director de proyecto:	Director de proyecto:
Autorización de:	Autorización de:

Fuente: Elaboración propia

2. Minuta de Reunión de Inicio: La planeación de un proyecto debe iniciar con la programación de una reunión de inicio con el cliente final, solicitada por el administrador del proyecto, idealmente en la propia planta de fabricación del cliente. En caso de no poder realizar dicha

reunión en la planta, se deberá realizar en las instalaciones de la empresa, con la salvedad de programar posteriormente una visita a planta, que permita comprender mejor el proceso productivo, entrevistar a operadores y supervisores de producción, y revisar el funcionamiento del actual software de aplicación.

Si se ha designado el ingeniero Líder Técnico del Proyecto, deberá participar en esta reunión de inicio junto al administrador de proyecto.

El objetivo principal de la reunión es obtener información actualizada sobre los requisitos que debe cumplir el proyecto y el producto final del proyecto que corresponde al nuevo software de aplicación, para identificar apropiadamente el alcance del proyecto.

Para obtener un mayor aprovechamiento de la reunión de inicio, se desarrolló una plantilla tipo lista de verificación, que funcione como guía para la elaboración de la reunión y como minuta de acuerdos tomados. La siguiente tabla muestra el formato base propuesto.

Tabla 7. *Formato base de la minuta de reunión de inicio.*

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
1	Alcance del Proyecto	<p>Incluye: <i>Especificar el alcance del trabajo por realizar (lo que se debe hacer). El trabajo puede ser categorizado o distribuido por fases, por ejemplo: diseño, implementación, pruebas, instalación, comisionamiento, etc. También por sistemas de control, por ejemplo: DCS, ESD, FGS, BMS, SCADA, etc.</i></p> <p>Excluye: <i>Especificar todo el trabajo que no es necesario realizar para completar el proyecto.</i></p>

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
2	Entregables	<p>Parciales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Nombre Entregable Parcial: especificar fecha estimada de entrega y el método de entrega (email, documento digital con formato específico o documento impreso con formato específico).</i> 2. <i>Nombre Entregable Parcial: especificar fecha estimada de entrega y el método de entrega (email, documento digital con formato específico o documento impreso con formato específico).</i> <p><i>NOTA: si el método de entrega seleccionado es a través de un documento, se debe definir el formato, el responsable de crearlo, el responsable de aprobarlo, el tiempo para la elaboración y el tiempo de aprobación.</i></p> <p>Finales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Nombre Entregable Final: especificar fecha estimada de entrega</i> 2. <i>Nombre Entregable Final: especificar fecha estimada de entrega</i>
3	Cronograma	<p>Fecha de Finalización del proyecto: <i>especificar la fecha acordada para concluir el proyecto.</i></p> <p>Hitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Nombre del Hito: descripción y fecha.</i> 2. <i>Nombre del Hito: descripción y fecha.</i> 3. <i>Nombre del Hito: descripción y fecha.</i>
4	Presupuesto	<p>Presupuesto del proyecto: <i>especificar el monto en dólares (US).</i></p>
5	Recursos Humanos	<p>Administrador del proyecto: <i>nombre de la persona.</i></p> <p>Líder Técnico del proyecto: <i>nombre de la persona.</i></p> <p>Cliente – Contacto Técnico: <i>nombre de la persona de parte del cliente que responde por todos los aspectos técnicos (reportes, consultas, pruebas, aprobaciones, etc.).</i></p> <p>Cliente – Contacto Administrativo: <i>nombre de la persona por parte del cliente responsable de los aspectos administrativos (logística, cronogramas, presupuestos, etc.).</i></p> <p>Roles y habilidades técnicas especiales: <i>identificar los posibles roles del recurso humano que se va a emplear en el proyecto basado en la información obtenida durante esta reunión (programadores, encargados de pruebas, servicio en campo, etc.) Especificar también aquellas habilidades especiales que se puedan requerir (especialistas en plataformas “legacy”, administradores de base de datos, sistemas de seguridad instrumentada, batch, lógicas complejas, etc.).</i></p>

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
6	Comunicaciones	Especificar el método o los métodos de comunicación a emplear: 1. Método de comunicación: <i>especificar el uso.</i> 2. Método de comunicación: <i>especificar el uso.</i>
7	Reportes de Progreso	Frecuencia: <i>definir la frecuencia que debe reportarse el progreso en tareas específicas o del proyecto en general. Puede ser: diario, semanal, bisemanal, etc., según las necesidades del proyecto.</i>
8	Metodología de consultas técnicas	Método para comunicar los reportes: <i>especificar el método acordado y más apropiado para todos los involucrados.</i> <i>Especificar el método de envío de las consultas técnicas. Definir el formato para la elaboración de las consultas. Identificar la persona responsable por parte de la empresa de enviar las consultas y llevar la trazabilidad de estas. Identificar la persona responsable por parte del cliente de responder las consultas. Especificar los tiempos máximos de respuesta y de reevaluación en caso de requerirse.</i>
9	Protocolos de prueba y pruebas de funcionamiento	<i>Es necesario acordar como mínimo los siguientes puntos:</i> a. Persona o involucrado responsable de generar los protocolos de prueba: b. Fecha de entrega de los protocolos de prueba para aprobación de las partes: c. Definir las fechas para la realización de las pruebas internas de funcionamiento FIT: d. Definir las fechas para la realización de las pruebas de aceptación de funcionamiento FAT:
10	Supuestos y restricciones	<i>Se recomienda analizar aquellos supuestos y restricciones que se han definido durante la etapa de ingeniería de venta y que se trazaron en el Acta de Constitución del proyecto. Aprovechar esta sección para modificar, eliminar o bien adicionar lo que se considere oportuno durante la reunión de inicio.</i>
11	Listas	Distribución: 1. <i>Nombre de la persona</i> 2. <i>Nombre de la persona</i> 3. <i>Nombre de la persona</i> Aprobaciones: 1. <i>Nombre de la persona</i> 2. <i>Nombre de la persona</i> 3. <i>Nombre de la persona</i> <i>Colocar la cantidad según se requiera del proyecto.</i>

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla corresponde a la minuta de la reunión de inicio del Proyecto Caso de Estudio, realizada en las instalaciones de la empresa con representantes del cliente final.

Tabla 8. Minuta de reunión de inicio.

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
1	Alcance del Proyecto	<p>Incluye: la sustitución del software de aplicación en la plataforma PROVOX, que controla y monitorea el proceso productivo de BPA, por una nueva versión hecha en la plataforma DeltaV. La programación que debe hacerse incluye la configuración de las entradas y salidas del sistema, módulos de control de diferentes tipos, comunicaciones entre otros sistemas de la red de control, y una interfaz gráfica.</p> <p>El trabajo por realizar se distribuye entre etapas de revisión y diseño, implementación o configuración, pruebas de funcionalidad, comisionamiento y puesta en marcha del nuevo software.</p> <p>Es necesario adquirir nuevas licencias para la operación del nuevo software en la plataforma existente de DeltaV en la planta del cliente.</p> <p>Excluye: La adquisición del hardware necesario. Armado de cabinas de control con el hardware del sistema. Planos eléctricos y de control del hardware.</p>
2	Entregables	<p>Parciales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="667 936 1408 1234">1. Especificación funcional del software de aplicación: Fecha estimada de entrega: 24 de enero 2020. El cliente realizará la entrega por medio de correo electrónico. El formato para emplear es un estándar de la compañía. El líder técnico es el responsable de la revisión y aprobación del contenido del documento. Se estima una semana para su revisión y aprobación respectiva. La aprobación formal se realizará por medio de correo electrónico dirigido a todos los involucrados directos. <li data-bbox="667 1241 1408 1602">2. Diseño conceptual del SW y prototipo: Fecha estimada de entrega 21 de febrero 2020. El líder técnico realizará la entrega por medio de correo electrónico. El formato para emplear es un estándar de la empresa. Se convoca a representantes del cliente a visitar nuestras instalaciones por un periodo de 2 a 3 días hábiles para realizar la revisión del documento y del prototipo del software. La aprobación formal tanto del documento como del prototipo se realizará por medio de correo electrónico, de parte del representante del cliente, hacia el resto de los involucrados directos. <p>Finales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="667 1640 1408 1837">3. Pruebas de Aceptación del SW en fábrica, conocidas como FAT: Incluye todos los documentos estándar de la empresa completados con los requerimientos de pruebas del software del proyecto, los resultados obtenidos de las pruebas, y las aprobaciones formales. También, incluye un registro de las solicitudes de cambio generadas como

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
3	Cronograma	<p><i>producto de las mismas pruebas. El líder técnico es el responsable de la elaboración de documentos, coordinación de las pruebas, recolección de resultados y entrega formal.</i></p> <p>4. Nuevo software de aplicación completamente operativo en planta: Finalizado el comisionamiento de señales y completada la puesta en marcha del nuevo software, se realizará la entrega oficial del software al cliente, por medio de una notificación oficial con el documento estándar de la empresa, y un respaldo del código del nuevo software en formato digital. El líder técnico es el responsable de realizar la entrega correspondiente.</p> <p>Fecha de Finalización del proyecto: <i>24 de julio del 2020.</i></p> <p>Hitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prototipo del Software: <i>corresponde a la elaboración completa del software de aplicación que controla una parte del proceso productivo. Se estima realizar la revisión de este prototipo durante la última semana del mes de febrero 2020.</i> 2. Pruebas FAT: <i>periodo de pruebas de operación del nuevo software implementado para todo el proceso productivo del alcance. Se estima iniciar con las pruebas la última semana de mayo 2020, con una duración aproximada de 2 semanas. Las pruebas se realizarán en las instalaciones de la empresa, en una sala acondicionada para la actividad.</i> 3. Puesta en marcha (PEM): <i>incorporación del nuevo software de aplicación en el proceso productivo de la planta. El paro de planta programado por el cliente es de 3 semanas. Se estima que la PEM se realice en un periodo de 2 semanas.</i>
4	Presupuesto	Presupuesto del proyecto: \$250,000.00.
5	Recursos Humanos	<p>Administrador del proyecto: <i>Marco Solano Muñoz.</i></p> <p>Líder Técnico del proyecto: <i>Daniel Cubillo Guzmán.</i></p> <p>Cliente – Contacto Técnico: <i>Miguel Ángel Sánchez y José Balanza.</i></p> <p>Cliente – Contacto Administrativo: <i>Fernando Ureña.</i></p> <p>Roles y habilidades técnicas especiales: <i>el equipo de trabajo debe estar conformado por ingenieros de sistemas con especialidad en procesos industriales continuos y en proyectos de migración de software de PROVOX.</i></p>
6	Comunicaciones	Especificar el método o los métodos de comunicación a emplear:

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
7	Reportes de Progreso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Correo electrónico: especialmente para todas las notificaciones formales que incluyan acuerdos hechos durante la ejecución del proyecto. 2. Llamada telefónica: para cualquier necesidad inmediata de comunicar algo. En caso de hacerse un acuerdo por este medio, es mandatorio crear inmediatamente después de la llamada, un correo electrónico que describa el acuerdo tomado. <p>Frecuencia: Semanal. Cada lunes.</p>
8	Metodología de consultas técnicas	<p>Método para comunicar los reportes: se utilizará el documento estándar de la empresa para la generación de reportes de progreso. El líder técnico es el responsable de completar el reporte. Será entregado a todos los involucrados a través de correo electrónico.</p> <p>Las consultas técnicas serán comunicadas a través de correo electrónico. Se utilizará el formato estándar de la empresa para la formulación de la consulta. También se utilizará el documento estándar para la trazabilidad del estado de las consultas (creada, pendiente, respuesta, revisión y cerrada). El líder técnico es el responsable de recolectar las consultas que genere el equipo de trabajo, y también será la única persona que enviará los formularios al cliente. Los señores Miguel Ángel y José Balanza son los responsables de parte del cliente de responder las consultas. El tiempo máximo de respuesta es de dos días, y en caso de no ser así, se deberá notificar del atraso e indicar la fecha que se tendrá la respuesta.</p>
9	Protocolos de prueba y pruebas de funcionamiento	<ol style="list-style-type: none"> a. El líder técnico es el responsable de generar los protocolos de prueba. Tanto para las pruebas internas de funcionamiento FIT, como para las FAT. Para crear la documentación necesaria, se utilizará como referencia el estándar de la empresa. b. Fecha de entrega de los protocolos de prueba para aprobación de las partes: primera semana de mayo 2020. c. Definir las fechas para la realización de las pruebas internas de funcionamiento FIT: 11 de mayo 2020. Duración estimada 2 semanas. d. Definir las fechas para la realización de las pruebas de aceptación de funcionamiento FAT: 25 de mayo 2020. Duración estimada: 2 semanas.
10	Supuestos y restricciones	<p>Se revisaron y analizaron los supuestos y restricciones identificados en el Acta de Constitución del Proyecto. Todos los involucrados estamos de acuerdo en que estos siguen vigentes. Pero se decide adicionar las siguientes restricciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. El proyecto no debe superar el presupuesto establecido. b. De todos los posibles miembros del equipo de trabajo, no todos tienen experiencia en interpretación del código

Enunciado	Tema	Comentarios/Anotaciones/Acuerdos
11	Listas	<p data-bbox="711 279 1049 304"><i>fuelle del sistema PROVOX.</i></p> <p data-bbox="618 310 773 336">Distribución:</p> <ol data-bbox="667 342 997 506" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="667 342 967 367">1. <i>Marco Solano Muñoz</i> <li data-bbox="667 373 997 399">2. <i>Daniel Cubillo Guzmán.</i> <li data-bbox="667 405 976 430">3. <i>Miguel Ángel Sánchez</i> <li data-bbox="667 436 867 462">4. <i>José Balanza</i> <li data-bbox="667 468 911 493">5. <i>Fernando Ureña</i> <p data-bbox="618 512 789 537">Aprobaciones:</p> <ol data-bbox="667 543 1268 642" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="667 543 967 569">1. <i>Marco Solano Muñoz</i> <li data-bbox="667 575 911 600">2. <i>Fernando Ureña</i> <li data-bbox="667 606 1268 642">3. <i>Mario Castro (Administrador Dept. Ingeniería)</i>

Fuente: Elaboración propia

Matriz de Requerimientos: Es muy común que, durante las reuniones de inicio de los proyectos, los clientes, en especial el Departamento de Ingeniería, se limiten a definir como único requerimiento el cumplimiento de la operativa funcional del software obsoleto a ser sustituido por el nuevo software de aplicación. Es decir, se identifica un único requerimiento de naturaleza muy general. Para poder detallar mejor el alcance del proyecto, o bien trazar los requerimientos reales de todos los involucrados del proyecto, se recomienda emplear la siguiente tabla como una matriz de requerimientos, y completarla, ya sea durante la misma reunión de inicio, o bien en otras posteriores, enfocadas únicamente a comprender las necesidades particulares de cada involucrado con respecto al desempeño del proyecto y el alcance detallado del producto final.

La siguiente tabla corresponde a la matriz de requerimientos del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 9. *Matriz de requerimientos*

ID	Entregable / Fase	Involucrados	Requisitos
01	Cronograma	Jefe de proyectos Planta Sabic. Administrador Dept. Ingeniería de la empresa	Cumplimiento del cronograma, y principalmente el cumplimiento de los hitos y entregas parciales. El proyecto tiene un cronograma muy ajustado y es sumamente importante tener un buen control sobre él.
02	Presupuesto	Jefe de proyectos Planta Sabic. Administrador Dept. Ingeniería de la empresa	No exceder el presupuesto establecido en la orden de compra. El cliente, tiene muy ajustado su presupuesto, y todos están interesados en lograr una buena rentabilidad con la finalización de este proyecto.
03	Capacitación	Jefe de Operaciones área BPA. Grupo de operadores.	Capacitación de operadores. Los operadores se ven como parte fundamental del cliente final, pues son ellos quienes utilizarán el producto final para su proceso productivo. Es importante que se capaciten apropiadamente para utilizar eficientemente el nuevo software de aplicación.
04	Puesta en marcha	Jefe de proyectos Planta Sabic.	Nuevo software de aplicación sea puesto en marcha en área de proceso. Es importante que con todas las entregas parciales terminadas a tiempo y aprobadas por el cliente final, el proyecto culmine con la puesta en marcha del nuevo software, de tal forma que el proceso productivo reinicie lo más pronto posible y sin complicaciones de arranque.
05	Licencias de Software	Jefe de automatización área BPA.	Definir el tipo y cantidad de licencias necesarias para que el nuevo software pueda ser operativo en la plataforma DeltaV existente en la planta del cliente. Las licencias deben pasar por el proceso de adquisiciones, ya que son facilitadas por el fabricante, y deben estar en la planta del cliente, mucho tiempo antes de la fecha de inicio de la puesta en marcha.

ID	Entregable / Fase	Involucrados	Requisitos
06	Interfaz grafica	Jefe de automatización área BPA. Jefe de operaciones área BPA. Grupo de operadores.	Las pantallas de operación de la interfaz gráfica deberán cumplir con una lista de requisitos de forma o presentación, por ejemplo: resolución de pantalla, color de fondo de pantalla, uso de flechas de navegación, tamaño y tipo de letra para los textos, uso de librería de estáticos, uso de librería de dinamos, formas de carátulas auxiliares de monitoreo y control, formato de históricos, y formato de reportes. El cliente final, a través de las especificaciones funcionales del software, definirá con detalle todos estos requerimientos o lineamientos que deben presentar las pantallas del producto final. El prototipo que se implementará funcionará como elemento inicial evaluador para verificar si se han interpretado apropiadamente los requerimientos.
07	Programación	Jefe de automatización área BPA.	Al igual que la parte de la interfaz gráfica, la programación también deberá cumplir con ciertos lineamientos de filosofía de implementación de código, documentación de código, mecanismos de simulación, manejo de señales de entradas y salidas, condiciones de permisivo, forzado de comandos, enclavamientos, cálculos, lazos de control y secuencias. La especificación funcional que facilitará el cliente contendrá un apartado con el detalle de estos requerimientos básicos a considerar a la hora de implementar el nuevo código. La especificación funcional también incluirá algunos cambios de código de control y monitoreo, que hoy en día, en la planta, no opera apropiadamente, o bien ya no se utiliza. Por tanto, se especificará que código no se migra, que código si aplica migrar, y que código se migra pero con unas variaciones o mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

La recomendación principal a la hora de completar la matriz de requerimientos es que el Director del Proyecto pueda reunirse con cada involucrado, en especial con aquellos interesados que forman parte del cliente final. Personal de mantenimiento, de calidad, de ingeniería, de operaciones y gerencia, son algunos de los departamentos de la empresa del cliente final, que tienen cierta relación con el proyecto, por lo que es importante identificar sus necesidades

específicas sobre el cumplimiento de requisitos tanto del producto final como del proyecto.

Completar detalladamente la matriz, permitirá en las etapas iniciales del proyecto, determinar si el cumplimiento del alcance se puede lograr bajo los acuerdos establecidos durante la labor de venta, en lo que respecta a presupuesto y tiempo de entrega. De producirse desviaciones significativas, será necesario una revalidación de los acuerdos durante nuevas negociaciones.

4.1.4 Plan de Gestión del Alcance.

A continuación, se expone una recomendación de estructura de un Plan de Gestión del Alcance para un proyecto de migración de software de aplicación industrial. En cada apartado, se describen sugerencias de completado y aspectos a considerar durante su desarrollo.

Cada apartado del Plan de Gestión incluye la información generada, durante la fase de planificación del Proyecto Caso de Estudio.

Descripción del Proyecto

NOTA: Incluir de forma muy específica la descripción del proyecto. Importante enfatizar el tipo de software de aplicación que se desea migrar.

Los siguientes párrafos corresponden a la descripción del Proyecto Caso de Estudio:

“La compañía Sabic, fabricante de polímeros, tiene un sistema de control distribuido llamado PROVOX, para monitorear y controlar de forma automática su área de proceso llamada BPA. Este sistema está llegando a su fin de su vida útil, convirtiéndose en un sistema obsoleto, por tanto, es necesario el reemplazo de este sistema de control, por uno más nuevo y actualizado,

capaz de suplir las mismas funcionalidades del PROVOX, y que, al mismo tiempo, ofrezca características adicionales, que le permitan a Sabic, poder optimizar su monitoreo y control de dicho proceso productivo.”

“Para el reemplazo del PROVOX, la empresa, ofrece implementar un nuevo software de aplicación en la plataforma DeltaV, aprovechando que el cliente tiene instalado y operativo en su planta una versión de este sistema de control distribuido. Con el nuevo software, resultado de la migración del software del PROVOX, se le garantiza al cliente, suplir con las necesidades en automatización que requiere para su proceso productivo.”

Identificación del Proyecto

Nombre del Proyecto: *nombre dado.*

Código identificador (ID): *CR-xxxxxxx.*

Cliente: *Mencionar el nombre del cliente (empresa o compañía), la ubicación geográfica y algún número telefónico de contacto.*

Usuario final: *Indicar el nombre del usuario final del producto (empresa o compañía), la ubicación geográfica y algún número telefónico de contacto.*

Estrategia de Implementación del Proyecto

NOTA: *Describir la manera en que la empresa administrará e implementará este proyecto específico para cumplir con los objetivos acordados. Por ejemplo: alguna estructura especial de equipo de trabajo, inclusión de especialistas, aplicación de esfuerzos extra para ciertas áreas o*

fases del proyecto, implementación de procesos especiales basados en la naturaleza del software de aplicación a migrar, entre otros.

El siguiente párrafo corresponde a la estrategia de implementación del Proyecto Caso de Estudio:

“El alcance del suministro de la empresa, es proveer el software de aplicación, licencias y servicios necesarios para migrar el software de un sistema de control PROVOX que monitorea y controla el proceso productivo del área de BPA, de la planta Sabic. A partir del código fuente del sistema PROVOX, se realizará el proceso de ingeniería inversa, que implica la interpretación del código fuente a narrativas descriptivas en idioma español, para que luego sean comparadas con los requerimientos específicos que se definen en las especificaciones funcionales. Con este análisis, se deberá implementar un prototipo del software de aplicación, que incluya el alcance de una porción del área del proceso productivo, para que sea valorado con el cliente final, y determinar si la solución cumple con las necesidades del cliente. Luego de la aprobación del prototipo y del diseño conceptual del nuevo software de aplicación, se procederá con la implementación masiva de la nueva versión de software. El desarrollo del nuevo producto culmina con las pruebas de aceptación del software en las instalaciones de la empresa.

Además, de todas las tareas de especificación, configuración y pruebas, se deberán suministrar las licencias necesarias para la versión del software actual instalado en la planta del cliente, pueda soportar la inclusión del nuevo software desarrollado.

El comisionamiento y puesta en marcha del nuevo software se realizará en el paro de producción de planta, que el cliente tiene programado para realizar este tipo de actividades y de mantenimiento general en piso de producción.”

Estructura de Desglose de Trabajo EDT

No es mandatorio crear una EDT para el proyecto ya que, por política de la empresa, se opta por el uso de cronogramas con el detalle de las tareas a realizar, a través del software Microsoft Project ®. Sin embargo, puede ser necesario crear una EDT por solicitud explícita del cliente final, o bien si lo prefiere el director de proyecto para facilitar su trabajo.

A continuación, se muestra la EDT para el Proyecto Caso de Estudio.

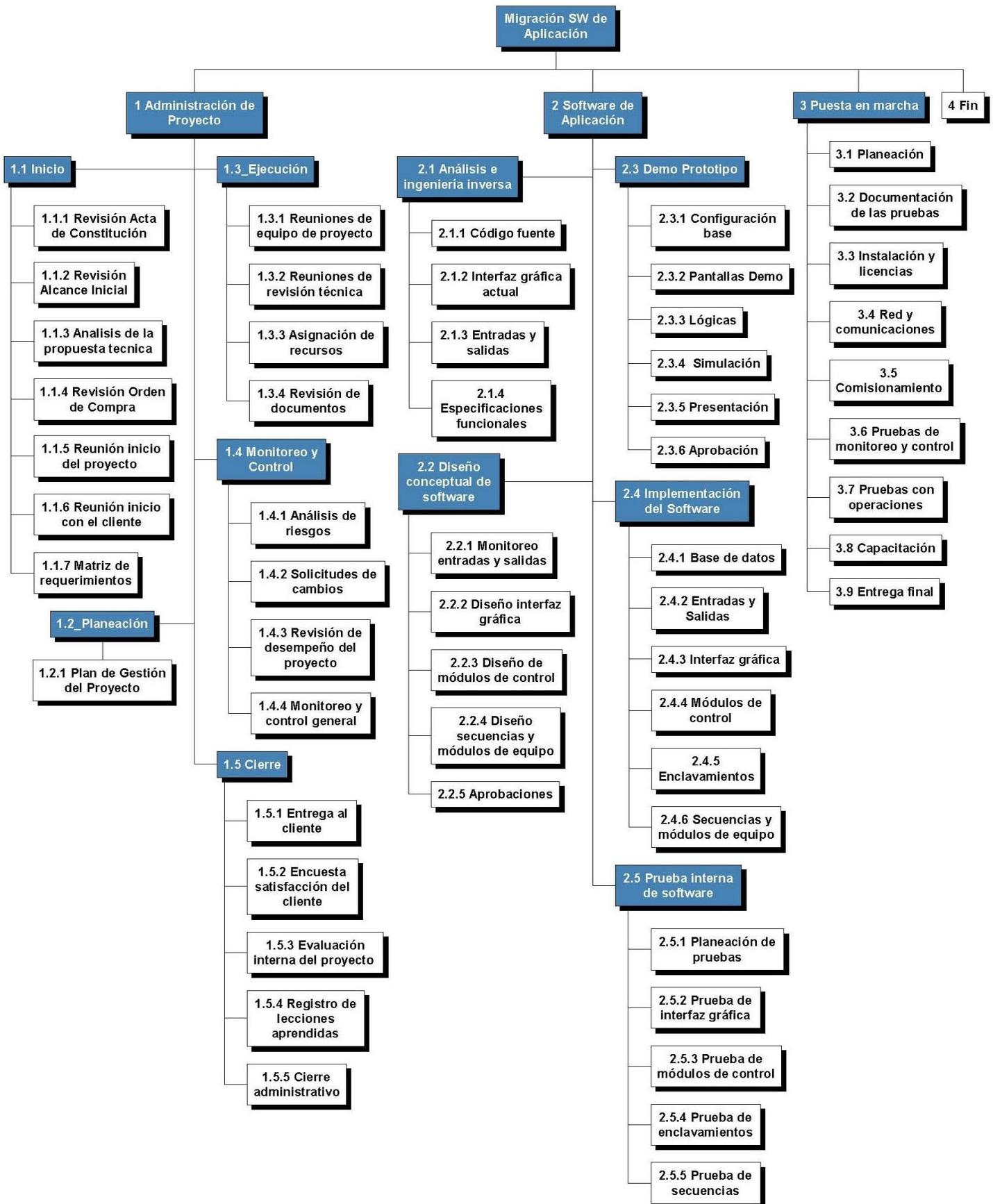


Figura 5. EDT proyecto de migración de software de aplicación. Fuente: Elaboración propia.

Conteo general de señales de entrada y salida

Por medio de una tabla, especificar el tipo y número de señales de entrada y salida que el software de aplicación a migrar contiene. La categorización de las señales debe ser por: entradas discretas (ED), salidas discretas (SD), entradas analógicas (EA) y salidas analógicas (SA). Su distribución puede ser por área de proceso o tipo de planta en la cual el software actual realiza sus operaciones de monitoreo y control.

La siguiente tabla muestra la caracterización y conteo de señales del software para el Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 10. *Conteo de entradas y salidas del software del proyecto*

Área	ED	SD	EA	SA	Total
BPA	727	141	131	36	1035
Total	727	141	131	36	1035

Fuente: Elaboración propia.

Licencias

El software, para su funcionamiento, requiere de una apropiada asignación de licencias, las cuales se definen según el tipo de cantidad de señales de entrada y salida del sistema de control. De ahí la importancia de definir previamente la cantidad de señales. Por medio de una tabla se recomienda especificar los requerimientos de licencias, tal y como se muestra en el siguiente

ejemplo, que corresponde a la definición de licencias para el nuevo software del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 11. *Registro de licencias del software del proyecto*

Tipo de Licencia	Señales
EA	200
SA	100
ED	1500
SD	200
Servidor de Base de Datos	2000

Fuente: Elaboración propia.

Detalle del alcance de configuración del software

Para este caso, se recomienda completar la siguiente tabla con la información correspondiente según el tipo de software de aplicación a migrar.

La información de la siguiente tabla corresponde al análisis hecho del alcance de configuración para el Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 12. *Registro del alcance de configuración del software del proyecto*

Enunciado	Cantidad	Descripción o comentario
Módulos de control basados en clase		
Válvulas tipo On-Off	103	Entre válvulas de 2 y 3 vías. Normalmente cerradas y normalmente abiertas. Hay de los tipos desviadores y motorizados.
Motores / bombas	56	Centrífugas y de desplazamiento positivo. La mayoría incluye una señal de confirmación, una señal de operación, y una señal que reúne los fallos en el centro de control de motores. Algunos equipos son controlados en campo y sala de control.

Enunciado	Cantidad	Descripción o comentario
Módulos de control basados en clase		
PID con actuadores	26	Hay actuadores del tipo válvula de regulación, y otros con referencia de velocidad para variadores. Lazos de control cuyo rol es ser maestro en una estrategia de control del tipo cascada.
PID maestros (sin actuadores)	10	
Módulos de control de monitoreo basados en clase		
Monitoreo de entradas analógicas	95	Algunas entradas son multivariables. Otras presentan caracterización de señal. Todas son de contacto seco, y del tipo normalmente cerrado y normalmente abierto.
Monitoreo de entradas discretas	140	
Módulos personalizados NO basados en clase		
Enclavamientos	237	Es necesario asignar un único recurso del equipo de trabajo para que analice e implemente este alcance. Se utilizará la librería de dinamos del software DeltaV existente en planta, sin embargo, hay equipos en el área de BPA que no hay en las otras áreas integradas en la plataforma, por lo tanto, será necesario implementar nuevos dinamos.
Nuevos diagramas de bloques de función	0	
Diagramas de bloques de función repetidos	0	
Dinamos personalizados y carátulas de operación	5	
Interfaz gráfica		
Pantallas – Simples. Nuevos	5	La implementación de la interfaz gráfica implicara la creación de algunos nuevos elementos en la librería de estáticos.
Pantallas – Simples. Repetidos	0	
Pantallas – Media complejidad. Nuevos	3	
Pantallas – Alta complejidad. Nuevos	5	
Módulos de Equipos		
Módulos de Equipo - Simples	5	Se han identificado solo dos secuencias principales en el proceso de BPA. Se decide emplear como referencia las estructuras de comandos con lógica de fases para su implementación.
Módulos de Equipo – Media complejidad	22	
Módulos de Equipo – Alta complejidad	2	
Diagrama de función secuencial		
Diagramas simples	0	Estos mismos son los correspondientes módulos de equipo de alta complejidad. Los módulos de equipo se crearán con base estructuras secuenciales.
Diagramas de media complejidad	0	
Diagramas de alta complejidad	2	
Diagramas de función de procedimientos		

Enunciado	Cantidad	Descripción o comentario
Módulos de control basados en clase		
Unidades	0	No aplica la implementación de procedimientos, ya que el alcance solo incluye un proceso industrial continuo, por tanto no hay un proceso batch o por lotes.
Operaciones	0	
Unidades de procedimientos	0	
Parámetros de recetas	0	
Lógica de fases basada en clases		
Fases simples	0	No aplica, no hay batch.
Fases de media complejidad	0	
Instancias de fases	0	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Plan de Gestión del Cronograma

4.2.1 Introducción.

La gestión del cronograma incluye los procesos requeridos para asegurar la terminación del proyecto a tiempo. Es el producto final o salida del proceso de planificación, y a su vez, es parte esencial del Plan para la Dirección del Proyecto.

4.2.2 Guía.

Se recomienda que, durante la elaboración del plan, todos aquellos involucrados, ya sea de forma directa o indirecta, del proyecto, sean considerados, ya que esto garantiza la obtención de un plan más objetivo, con información y datos más precisos, aprovechando la experiencia y conocimiento de cada uno de ellos, según las actividades que deberán desempeñar en el proyecto. Por esta razón, la técnica de *juicio de experto* es la que se recomienda emplear para la elaboración del Plan de Gestión del Cronograma, así como la elaboración propia del cronograma del proyecto, aprovechando que la empresa tiene personal con mucha experiencia en este tipo de proyectos de migración de software.

Por medio de reuniones, con todos los involucrados, se sugiere que se desarrolle el plan, y queda a criterio del Director del Proyecto, pero se aconseja que, por cada reunión realizada, se obtenga una minuta de acuerdos tomados.

4.2.3 Insumos de entrada.

La información de entrada que se recomienda para la elaboración del Plan de Gestión del Cronograma corresponde a la misma para la elaboración del Plan de Gestión del Alcance, pero considerando, además, todos los documentos resultantes de la planificación del alcance del proyecto.

4.2.4 Plan de Gestión del Cronograma.

La siguiente tabla, sugiere la estructura de un Plan de Gestión del Cronograma para un proyecto de migración de software de aplicación industrial.

Tabla 13. *Estructura del Plan de Gestión del Cronograma*

Plan de Gestión del Cronograma	
Enunciado	Descripción
Identificación de actividades	<i>Se recomienda, por cada entregable definido en la EDT del proyecto, definir cuáles son las actividades que permitirán la finalización del entregable. A cada actividad se le debe asignar un código identificador, nombre y alcance de trabajo, tipo de actividad, responsable, fecha de inicio y fecha de finalización, y tiempo estimado para su ejecución en unidad de días.</i>
Unidades de medida.	<i>La unidad de medición para el cálculo de las duraciones de las tareas es días (d).</i>
Secuenciamiento de actividades	<i>Para secuenciar las actividades se recomienda el uso del método de diagramación por precedencia, donde se pueda considerar la aplicación de una o varias dependencias lógicas. Se sugiere evaluar la posibilidad de aplicar adelantos y retrasos en las relaciones entre actividades, que permita visualizar escenarios, donde sea posible realizar ajustes en las fechas de inicio y finalización de las tareas.</i>
Método de cálculo de las duraciones	<i>Aplicar la técnica de PERT. La definición de las tres duraciones debe realizarse en base a la experiencia previa</i>

Plan de Gestión del Cronograma	
Enunciado	Descripción
Desarrollo del modelo de programación del proyecto. Reserva para contingencias	<p><i>de actividades similares de proyectos anteriores, por parte de los involucrados del proyecto, especialmente de aquellos involucrados asignados como responsables y/o ejecutores de las actividades.</i></p> <p><i>Se recomienda que el director del proyecto se apoye en el ingeniero líder técnico, quien antes de que se proceda con la estimación de las duraciones, realice un análisis más detallado de la matriz de requerimientos, y una verificación del nivel de precisión de los resultados del cuadro resumen de los elementos de configuración para el software de aplicación. Estos datos son esenciales para afinar mucho más el nivel de complejidad que pueden presentar las actividades, y por ende, el nivel de experiencia y cantidad de los recursos humanos.</i></p> <p><i>La elaboración del cronograma se debe realizar a través del software Microsoft Project Professional.</i></p> <p><i>El director del proyecto junto a otros involucrados, pueden aplicar la técnica de análisis de reserva, para determinar si es necesario agregar tiempo y esfuerzo adicional a las estimaciones de las actividades, para cubrir la posibilidad de no cumplir con el estimado original.</i></p> <p><i>Las reservas deben ser documentadas de forma separada de la duración esperada, para que facilite su posterior estudio y análisis.</i></p> <p><i>Se recomienda que la reserva para contingencias corresponda a un porcentaje de la duración estimada, de las actividades relacionadas con los riesgos identificados en el proyecto.</i></p>
Seguimiento del avance de las actividades	<p><i>Se sugiere que el director del proyecto se reúna con los miembros del equipo de trabajo, para ajustar el porcentaje de avance de las tareas, según el alcance específico de trabajo que se debe realizar en cada tarea, del tipo de complejidad de ese alcance, y del avance del trabajo hecho con respecto al tiempo restante de la estimación de tiempo para completar dicha tarea.</i></p> <p><i>Durante la ejecución del proyecto, el director del proyecto es el encargado de realizar el análisis de la ruta crítica, para determinar las actividades que requieren mayor control y seguimiento.</i></p> <p><i>Se recomienda evaluar la posibilidad de aplicar técnicas de control del cronograma como, por ejemplo: la compresión, el análisis de escenarios, o bien la técnica de ejecución acelerada o fast tracking.</i></p>
Medición de desempeño	<p><i>Se recomienda emplear la técnica del valor ganado EVM (Earned Value Management, por sus siglas en inglés).</i></p>
Mantenimiento del modelo de programación del proyecto.	<p><i>Debe seguirse el procedimiento descrito para el control integral de cambios en el plan de gestión de la calidad, en</i></p>

Plan de Gestión del Cronograma	
Enunciado	Descripción
Reportes	<p><i>caso de detectarse la necesidad de realizar un cambio en la línea base del tiempo de proyecto.</i></p> <p><i>El formato de los reportes, la frecuencia de generación de los reportes, y el método de comunicación, deben definirse entre todas las partes, como acuerdo de la reunión de inicio del proyecto.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde al Plan de Gestión del Cronograma del Proyecto Caso de Estudio, el cual fue elaborado durante la fase de planeación, a partir de la plantilla del formato mostrado en la tabla anterior, y completado con la información específica del proyecto en cuestión.

Tabla 14. *Plan de Gestión del Cronograma*

Plan de Gestión del Cronograma	
Enunciado	Descripción
Identificación de actividades	<p><i>Las actividades serán identificadas por cada entregable en la EDT. A cada una se le asignará un código identificador y una fecha de inicio estimada y la duración en días.</i></p> <p><i>Cada actividad deberá incluir su o sus actividades predecesoras, si aplica.</i></p>
Unidades de medida.	<p><i>La unidad de medición para el cálculo de las duraciones de las tareas es días (d).</i></p>
Secuenciamiento de actividades	<p><i>Para secuenciar las actividades se utilizará el método de diagramación por precedencia, donde se pueda considerar la aplicación de una o varias dependencias lógicas.</i></p>
Método de cálculo de las duraciones	<p><i>Para algunas actividades identificadas se empleará la técnica de PERT para calcular la duración. En estos casos, las tres duraciones se obtendrán en base a la experiencia de los miembros del equipo de trabajo y considerando la revisión previa hecha a una versión del código fuente del software a migrar, y de la información de la matriz de requerimientos.</i></p>
Desarrollo del modelo de programación del proyecto.	<p><i>La elaboración del cronograma se realizará a través del software Microsoft Project Professional.</i></p>
Reserva para contingencias	<p><i>Se aplicará una reserva de contingencia, para aquellas actividades relacionadas con los riesgos identificados y documentados en el acta de constitución y en la minuta de reunión de inicio del proyecto.</i></p> <p><i>El valor de la reserva corresponderá a un porcentaje (%) de la duración estimada, y está relacionado con el nivel de complejidad de la actividad y el nivel de atraso posible que la actividad, al no cumplirse a tiempo, afecte el resto del cronograma.</i></p> <p><i>La asignación es la siguiente:</i></p>

Plan de Gestión del Cronograma	
Enunciado	Descripción
Seguimiento del avance de las actividades	<p><i>Un 75% sobre la actividad de mayor complejidad y/o impacto.</i></p> <p><i>Un 50% para complejidad e impacto medio.</i></p> <p><i>Un 25% para baja complejidad o bien bajo impacto.</i></p> <p><i>El seguimiento del avance de las actividades lo debe realizar el Director del Proyecto, en coordinación con el Líder Técnico.</i></p> <p><i>El Líder Técnico definirá la mejor manera de realizar un seguimiento del avance del trabajo de las actividades con el resto del equipo de trabajo.</i></p> <p><i>En reuniones, o a través de correos electrónicos, el Líder Técnico y el Director del Proyecto, deberán analizar la información para monitorear el avance.</i></p> <p><i>El Director del Proyecto es el encargado de realizar el análisis de ruta crítica durante la fase de implementación. Dependiendo de los resultados del análisis, el Director del Proyecto podrá aplicar técnicas de control del cronograma como: la comprensión, el análisis de escenarios y técnicas de ejecución acelerada. Este análisis se realizará en reuniones programadas por parte del Director del Proyecto y el Líder Técnico.</i></p>
Medición de desempeño	<p><i>Técnica del valor ganado EVM (Earned Value Management, por sus siglas en inglés).</i></p>
Mantenimiento del modelo de programación del proyecto. Reportes	<p><i>Debe seguirse el procedimiento descrito para el control integral de cambios en el plan de gestión de la calidad, en caso de detectarse la necesidad de realizar un cambio en la línea base del tiempo de proyecto.</i></p> <p><i>Los reportes de progreso se notificarán semanalmente, específicamente cada lunes. Se debe utilizar el formato estándar de la empresa para la elaboración del reporte. El Líder Técnico es el responsable de completar la información y de comunicar a todos los involucrados.</i></p> <p><i>El Director del Proyecto coordinara reuniones presenciales con representantes del cliente final, en caso de detectarse alguna variación significativa en el desempeño del cronograma del proyecto. El objetivo no es solo notificar formalmente, sino también que, entre todos los involucrados, analizar la situación actual, y determinar la manera más apropiada para mitigar o eliminar la causa o causas de la desviación.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra una lista de actividades identificadas para desarrollar en el Proyecto Caso de Estudio, las cuales tienen asignadas 3 duraciones estimadas según la técnica de los tres valores: optimista, pesimista y más probable.

Tabla 15. *Estimación de duraciones*

Duración en días			
Nombre de la actividad	Duración optimista (to)	Duración pesimista (tp)	Duración más probable (tm)
Revisión y análisis del código fuente	8	25	15
Revisión de la interfaz gráfica actual	5	20	15
Análisis de señales de entrada y salida	10	22	12
Revisión y aprobación de las especificaciones funcionales del software	3	10	5
Realizar el diseño conceptual del software	8	22	12
Implementación del prototipo del software de aplicación	10	18	16
Revisión y aprobación del diseño conceptual y prototipo del software	3	10	8
Implementar configuración base del software	5	15	10
Implementar interfaz gráfica de operación	30	52	35
Manejo de las señales de entrada y salida	22	45	35
Configuración de condiciones de enclavamientos	20	40	30
Implementar secuencias y módulos de equipo	30	55	36
Prueba interna del software	10	20	10
Pruebas de aceptación del software (FAT)	10	20	15
Pruebas de comunicación de redes de control	1	3	1.5
Comisionamiento de señales de campo	1	3	1.5
Pruebas de monitoreo y control	5	8	6
Pruebas del sistema en operación	5	8	6

Fuente: Elaboración propia

En el Proyecto Caso de Estudio, para la obtención de los valores de las duraciones esperadas, se utilizó la técnica de cálculo de PERT o distribución beta, a partir de la cual, se tomó el valor de cada una de las duraciones de la tabla anterior, para luego aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{(duración\ optimista + 4 * (duración\ más\ probable) + duración\ pesimista)}{6}$$

6

Los resultados obtenidos de duraciones esperadas en días, después de aplicar la fórmula, se muestran en la siguiente tabla.

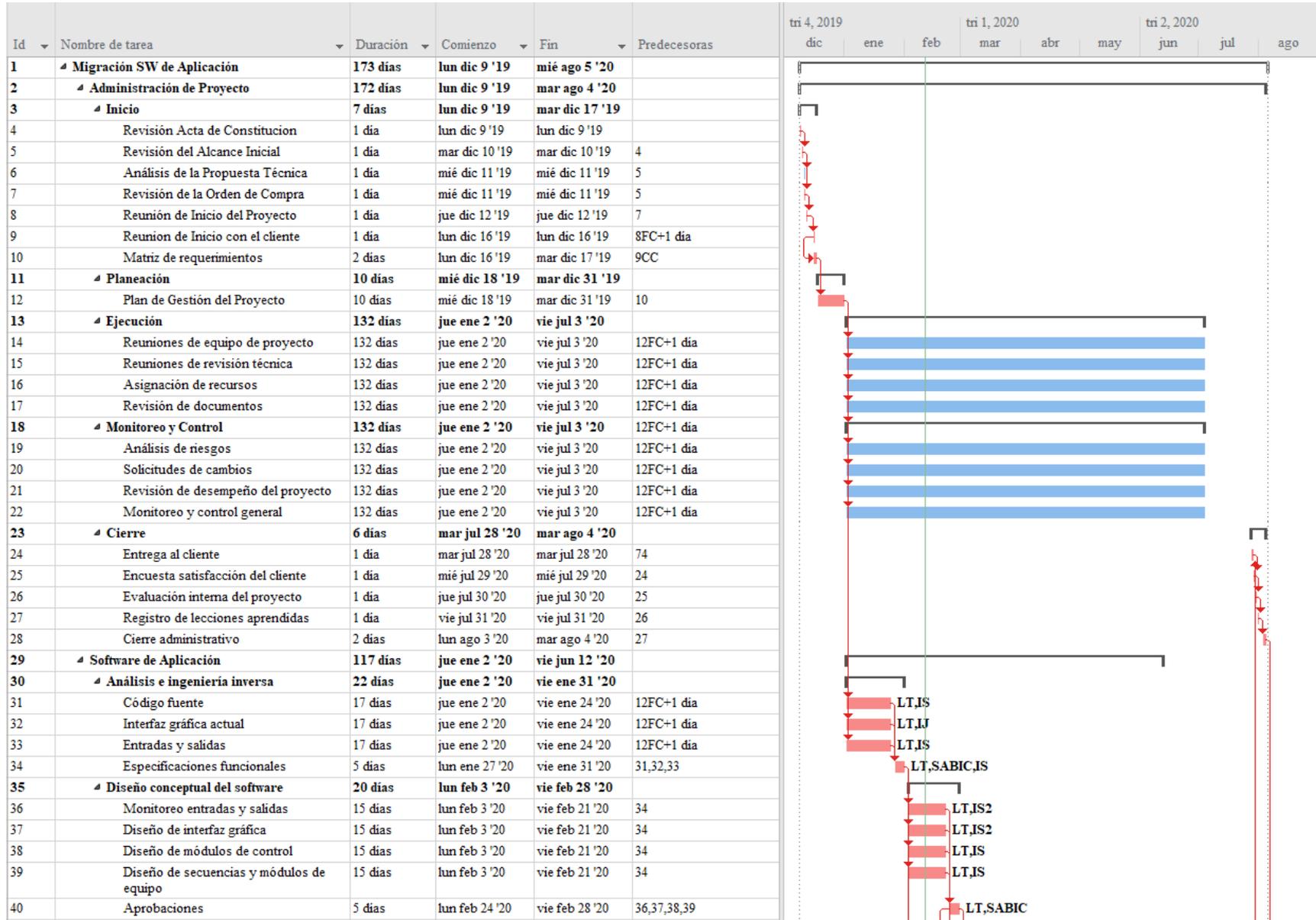
Tabla 16. Duraciones esperadas de las actividades del proyecto

Código EDT	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración esperada (te)	te aprox.
2.1.1	Revisión y análisis del código fuente		15.5	15
2.1.2	Revisión de la interfaz gráfica actual		14.2	14
2.1.3	Análisis de señales de entrada y salida		13.3	13
2.1.4	Revisión y aprobación de las especificaciones funcionales del software	2.1.1 2.1.2 2.1.3	5.5	5
2.2	Realizar el diseño conceptual del software	2.1.4	13	13
2.3	Implementación del prototipo del software de aplicación	2.1.4	15.3	15
2.3.6	Revisión y aprobación del diseño conceptual y prototipo del software	2.2.1 2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.3.1 2.3.2 2.3.3 2.3.4	7.5	7
2.4.2	Manejo de las señales de entrada y salida	2.3.6	34.5	35
2.4.3	Implementar interfaz gráfica de operación	2.4.1	37	37
2.4.4	Implementar configuración base del software	2.4.1	10	10
2.4.5	Configuración de condiciones de enclavamientos	2.4.4	30	30
2.4.6	Implementar secuencias y módulos de equipo	2.4.4	38.2	38
2.5	Prueba interna del software	2.4.5 2.4.6	11.7	11
2.6	Pruebas de aceptación del software (FAT)	2.4.5 2.4.6	15	15
3.4	Pruebas de comunicación de redes de control	3.3	1.7	1
3.5	Comisionamiento de señales de campo	3.4	1.7	1
3.6	Pruebas de monitoreo y control	3.5	6.2	6
3.7	Pruebas del sistema en operación	3.6	6.2	6

Fuente: Elaboración propia

El Director del Proyecto, una vez completado el Plan de Gestión del Cronograma, deberá proceder con la elaboración del cronograma siguiendo los lineamientos del plan.

La siguiente figura, corresponde al cronograma, elaborado en el software Microsoft Project ®, para el Proyecto Caso de Estudio.



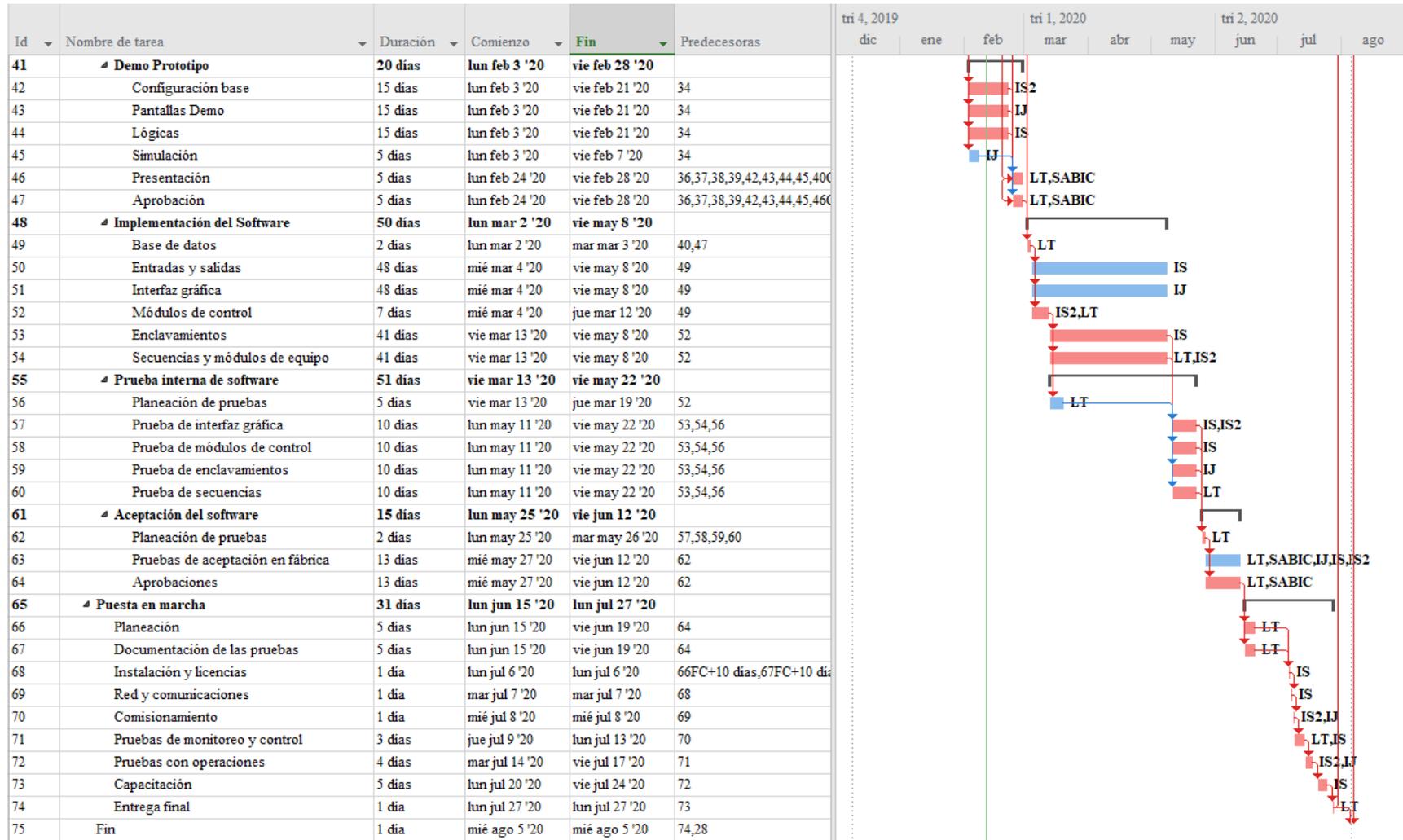


Figura 6. Cronograma del Proyecto Caso de Estudio. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Análisis de la ruta crítica.

En la figura anterior, es posible visualizar la ruta crítica del proyecto, representada por las barras de Gantt de color rojo. La ruta, prácticamente comprende todas las tareas definidas para la elaboración de los principales entregables del proyecto más algunas tareas administrativas, especialmente de las fases de inicio y planeación.

La razón de una ruta crítica tan extensa se debe a que, en proyectos de esta naturaleza, los tiempos de ejecución son muy cortos, pero comprenden muchas tareas. Para evitar en la medida de lo posible el retrabajo o el no cumplimiento de los requisitos del producto final, se definen tareas y su secuencia, de tal forma que, durante la ejecución, existan hitos que nos permitan determinar si el proyecto va por el camino correcto. En otras palabras, no podemos iniciar un trabajo, sin antes haber obtenido garantía de que se ha completado satisfactoriamente una o varias tareas previas.

Es importante mencionar, que a pesar de lo justo en tiempo que son estos proyectos de migración de software de aplicación, las duraciones estimadas de las tareas contemplan ciertos valores de holgura, con el objetivo de ser capaces de cubrir algún imprevisto menor durante la ejecución del proyecto.

La planeación de los trabajos necesarios para estos proyectos requiere acelerar y definir duraciones pequeñas a las tareas relacionadas con las aprobaciones de diseños, de especificaciones y de prototipos, de tal forma que, se puede iniciar con la implementación del nuevo software, lo más pronto posible, pero con la certeza de que los siguientes trabajos van alineados en la ruta correcta del cumplimiento de los requerimientos del producto final.

4.2.6 Control del cronograma del proyecto.

El controlar el cronograma implica el monitoreo constante del estado de las actividades definidas para la ejecución del proyecto. También implica el actualizar el avance del proyecto y la gestión de cambios con el objetivo de cumplir con los requerimientos establecidos en la etapa inicial del proyecto.

A través de la línea base del cronograma, es posible comparar el avance del proyecto, y determinar si una o varias actividades se adelantan, o atrasan, o bien, están a tiempo según lo establecido en la elaboración inicial del cronograma. En caso de existir un adelanto o atraso en las actividades, con el control continuo del cronograma, es posible detectar estas afectaciones a tiempo, y poder tomar las medidas correctivas para gestionar estos cambios. Por tanto, es recomendable que en este proceso la gestión de cambios se realice de forma proactiva en lugar de hacerlo de forma reactiva. Una detección a destiempo o la falta de una acción correctiva a tiempo, implicará un gran impacto en el desarrollo del cronograma y una afectación general en el proyecto, que provoque el no cumplimiento de los requisitos acordados.

Para el Proyecto Caso de Estudio, se utilizarán como elementos de entrada para realizar el control del cronograma, los siguientes:

- a. Plan de Gestión del Cronograma.
- b. Acta de Constitución del Proyecto, y la EDT como la línea base del alcance.
- c. El cronograma del proyecto, como la línea base del tiempo del proyecto.
- d. Datos de avance y desempeño del trabajo. El líder técnico es el responsable de la recopilación de estos datos que contemplan el porcentaje de avance del trabajo definido, y el tiempo que se ha consumido en cada una de las actividades.

En lo que respecta a herramientas y técnicas para realizar el control del cronograma se han definido las siguientes:

- a. Revisiones de desempeño: Una vez por semana, o de ser necesario, hasta dos veces por semana, en reuniones muy cortas, el líder técnico y el resto del equipo de trabajo, revisarán, compararán y evaluarán el desempeño y avance de los trabajos para determinar si hay o no alguna afectación en los tiempos establecidos en la línea base del cronograma. Los resultados de estas reuniones deberán ser compartidos con el director del proyecto para su respectivo análisis.
- b. Análisis de escenarios “¿Qué pasa si...?”: Esta técnica de análisis de datos, se aplicará en conjunto con las revisiones de desempeño. Se identificará el estado actual de las actividades, y basado en lo que reste por completarlas, se aplicará el análisis de escenarios, bajo la pregunta “¿Qué pasa si sucede esto...?”, o bien “¿Qué pasa si no ocurre esto...?”, entre otras. El objetivo de esta técnica será el de proyectar un posible futuro del estado de las actividades.
- c. Método de la ruta crítica: El director del proyecto revisará al menos una vez por semana si hay variación en la ruta crítica del cronograma. Por medio del software Microsoft® Office Project, se deberá realizar el análisis, aprovechando las diferentes herramientas y reportes que el paquete del software facilita.
- d. La comprensión o crashing: Con la detección temprana de un factor que promueva el no cumplimiento de la actividad en el tiempo establecido, se podrá aplicar la técnica de comprensión, donde se incorporarán más recursos a las tareas para acelerar la terminación de los trabajos y así cumplir con lo estimado en duración. Para no afectar sustancialmente el costo, los recursos que se vayan a asignar deberán ser de un perfil

menor con respecto al perfil de los recursos que han sido asignados como responsables en esas tareas, ya que su relación costo por hora hombre (\$/hr) es menor. Las tareas que se le asignen a estos recursos deben ser muy concretas y de baja complejidad, pero que requieren de un tiempo de ejecución notable. La calidad del trabajo no deberá afectarse, ya que se mantendrá como responsable de la tarea al recurso a cargo, quien deberá responsabilizarse por su trabajo y el trabajo de los recursos de apoyo. La técnica se aplicará en aquellas actividades que forman parte de la ruta crítica del proyecto.

- e. Ejecución acelerada o fast tracking: Se identificarán aquellas actividades que se pueden ejecutar de forma paralela, ya sea durante toda la duración, o bien en parte de esa duración. La técnica se aplicaría en los casos donde haya atrasos en las aclaraciones a consultas por parte del cliente final, así durante este periodo de espera de una respuesta, se podría continuar con trabajos de otra actividad para adelantar, de tal manera que se solapan actividades del cronograma.

4.3 Plan de Gestión del Costo del proyecto

4.3.1 Introducción.

Parte de la consecución de un proyecto exitoso, recae en que tan bien ha sido gestionado el costo en el proyecto. Por esta razón, es importante desarrollar un plan de gestión de costos bien detallado para que se convierta en la guía sobre cómo se deben estimar, presupuestar, gestionar y controlar los costos del proyecto.

4.3.2 Guía.

El director del proyecto es el encargado de desarrollar el plan de gestión de los costos. Deberá realizar para ello, una revisión de la base de datos comercial de la empresa para actualizar la

información relacionada con las relaciones de costos por hora laborada de los recursos, y lista de precios de equipos y accesorios, de ser necesario. De igual manera, debe realizar una revisión de los procedimientos y disposiciones contractuales, especialmente para los casos de negociación con nuestros clientes finales. Por último, se recomienda realizar un pequeño estudio sobre la base de datos financiera, la cual contiene información sobre la gestión de costos hecha en proyectos anteriores sobre migraciones de software de aplicación.

4.3.3 Insumos de entrada.

Se recomienda analizar todos los documentos que hasta el momento se han generado durante la fase de planificación del proyecto. Información sobre el alcance y cronograma, se puede complementar con el presupuesto, para elaborar una línea base de medición de desempeño.

4.3.4 Plan de Gestión del Costo.

La siguiente tabla, corresponde a una recomendación de estructura de un Plan de Gestión de los Costos para un proyecto de migración de software de aplicación industrial.

Tabla 17. Estructura del Plan de Gestión de los Costos

Plan de Gestión de Costos	
Enunciado	Descripción
Unidad de medida	<i>Para un recurso tipo personal, se recomienda usar como medida el costo/hora, donde el costo es definido en moneda dólares de los Estados Unidos de América.</i>
Nivel de precisión	<i>Se sugiere el redondeo hacia arriba, y no emplear los decimales.</i>
Nivel de exactitud	<i>Se considera aceptable una exactitud de $\pm 5\%$, según los procedimientos y políticas de la empresa. El director del proyecto deberá evaluar si la exactitud es válida según los acuerdos contractuales entre las partes.</i>
Enlaces con los procedimientos de la organización	<i>La EDT establece el marco general para el plan de gestión de los costos. Las cuentas de control son el elemento enlazado a la contabilidad de los costos.</i>
Estimación de los costos	<i>Se recomienda que, para aquellas actividades asignadas al equipo de trabajo de la empresa, aplicar el modelo paramétrico, donde el costo se deberá determinar a partir de la duración estimada por el factor \$/hora del perfil del recurso humano. Bajo este criterio, el nivel de exactitud</i>

Plan de Gestión de Costos	
Enunciado	Descripción
Determinación del presupuesto	<p>radica en una correcta asignación del tipo y cantidad de recurso humano.</p> <p>Para aquellos casos donde es necesario subcontratar servicios para cubrir tareas que fueron asignadas al equipo de trabajo, pero no se cuenta con la cantidad y tipo apropiados, el director del proyecto deberá considerar los acuerdos contractuales para la estimación de los costos.</p> <p>Se sugiere que la secuenciación de las estimaciones de los costos se realice bajo la técnica de estimación ascendente, es decir, calcular los costos por componentes individuales de trabajo, y luego sumar o trasladar hacia arriba, pasando por los paquetes, cuentas de control y entregables, para obtener el costo total del proyecto.</p> <p>Es sumamente importante que el presupuesto del proyecto se determine durante la fase de planificación, para comprobar si el presupuesto pre aprobado durante la labor de venta es suficiente para cubrir los gastos en los que se debe incurrir para desarrollar el proyecto.</p> <p>Se recomienda aplicar la técnica de agregación de costos, donde las estimaciones de los costos se suman por actividades, y se van trasladando a niveles superiores, según la EDT, como las cuentas de control y entregables.</p> <p>Siempre considerar la inclusión de un monto de reservas para contingencias de las actividades. Es importante que el director del proyecto se reúna con el ingeniero encargado de la venta y el gerente del departamento de proyectos para evaluar este aspecto de las reservas de contingencias.</p> <p>NOTA: ver en la tabla siguiente un ejemplo de formato para un presupuesto del proyecto.</p>
Reserva de contingencias	<p>La aplicación del costo de reserva de contingencia deberá ser para aquellas actividades identificadas durante la planificación del cronograma del proyecto, que presentan un riesgo de no poder cumplir con lo estimado, y que, por lo tanto, se decidió aplicar una protección.</p> <p>Se recomienda utilizar la técnica de estimación basada en la forma paramétrica, aplicando como factor multiplicador a la duración, la relación \$/hora, según el perfil o nivel de experiencia del responsable de realizar la respectiva actividad.</p> <p>De igual forma, es necesario que al final se realice una estimación ascendente sobre estos costos, para poder obtener el valor total que representa la reserva de contingencia del presupuesto determinado.</p>
Reserva de gestión	<p>El director del proyecto deberá consultar al cliente final, si este tiene un monto para poder cubrir cualquier imprevisto, o bien para realizar cambios en el alcance del proyecto.</p>
Umbrales de control	<p>La variación permitida será de un $\pm 5\%$ del costo planificado. En caso de existir una variación, se debe proceder con la investigación respectiva para tomar o aplicar una acción correctiva.</p>
Método de medición de desempeño	<p>Se recomienda aplicar la técnica de valor ganado para la medición. Los valores de aceptación del SPI y CPI pueden ser >0.95, sin embargo, el director del proyecto debe analizar que valores son más apropiados</p>

Plan de Gestión de Costos	
Enunciado	Descripción
	<i>para el proyecto. Por medio del uso del software Microsoft Project®, el director del proyecto deberá crear la línea base para la medición de desempeño, donde se integren el alcance, cronograma y costos, para poder ajustar estimaciones considerando todas las variables, y que permita durante la ejecución del proyecto poder fácilmente llevar un seguimiento y control de los trabajos que se requieren realizar.</i>
Mantenimiento del presupuesto	<i>Debe seguirse el procedimiento descrito para el control integral de cambios en el plan de gestión de la calidad, en caso de detectarse la necesidad de realizar un cambio en la línea base de costos.</i>
Formato de informes	<i>Estos son algunos de los informes que se recomiendan: plan de gestión, línea base del costo, presupuesto estimado del proyecto, presupuesto en el tiempo (Curva S), y presupuesto por semana (costes del proyecto y costes acumulados por semana). El director del proyecto debe determinar que informes aplicar, y sugerir el uso de formatos para estos informes según, la base de datos de documentos de la empresa. Considerar la posibilidad de que el cliente final desee algún formato especial, para lo cual deberá existir evidencia de tal acuerdo.</i>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde al Plan de Gestión del Costo del Proyecto Caso de Estudio, el cual fue elaborado durante la fase de planeación, a partir de la plantilla del formato mostrado en la tabla anterior, y completado con la información específica del proyecto en cuestión.

Tabla 18. *Plan de Gestión de los Costos*

Plan de Gestión de Costos	
Enunciado	Descripción
Unidad de medida	<i>Para un recurso tipo personal, se usará como medida el costo/hora, donde el costo es definido en moneda dólares de los Estados Unidos de América. Para un recurso tipo material o consumible, se usará como medida las unidades.</i>
Nivel de precisión	<i>Se aplicará el redondeo hacia arriba, y no se usarán los decimales.</i>
Nivel de exactitud	<i>Se considera aceptable una exactitud de $\pm 5\%$, según los procedimientos y políticas de la empresa.</i>
Enlaces con los procedimientos de la organización	<i>La EDT (sección 4.1.4 del presente documento) establece el marco general para el Plan de Gestión de los Costos. Las cuentas de control son el elemento enlazado a la contabilidad de los costos.</i>

Plan de Gestión de Costos	
Enunciado	Descripción
Estimación de los costos	<p><i>Para aquellas actividades asignadas al equipo de trabajo de la empresa, el costo fue calculado a partir de la duración estimada por el factor \$/hora, según el perfil del recurso humano. El nivel de exactitud radica especialmente en la estimación de la duración de la actividad, y en una correcta asignación del tipo y cantidad de recurso humano.</i></p> <p><i>El costo de las licencias de actualización del software, se determinaron a través de la lista de precios que, el departamento de adquisiciones de la empresa maneja en su base de datos.</i></p> <p><i>La secuenciación de las estimaciones de los costos se realizó por medio de la técnica de estimación ascendente, es decir, calculando los costos por componentes individuales de trabajo, y luego sumar o trasladar hacia arriba, pasando por los paquetes, cuentas de control y entregables, para obtener el costo total del proyecto.</i></p>
Determinación del presupuesto	<p><i>Se utilizó la técnica de agregación de costos, donde las estimaciones de los costos se sumaron por actividades, y se trasladaron a niveles superiores, según la EDT, como las cuentas de control y entregables.</i></p>
Reserva de contingencias	<p><i>Se asignó un costo de reserva de contingencia para aquellas actividades identificadas durante la planificación del cronograma del proyecto, que presentan un riesgo de no poder cumplir con lo estimado, y que, por lo tanto, se decidió aplicar una protección.</i></p> <p><i>Para el cálculo de la reserva, se aplicó un factor multiplicador a la duración, la relación \$/hora, según el perfil o nivel de experiencia del responsable de realizar la respectiva actividad.</i></p>
Reserva de gestión	<p><i>Se ha confirmado que el cliente final si dispone de una reserva de gestión, para cubrir posibles cambios en el alcance del proyecto.</i></p>
Umbrales de control	<p><i>La variación permitida será de un $\pm 5\%$ del costo planificado. En caso de existir una variación, se debe proceder con la investigación respectiva para tomar o aplicar una acción correctiva.</i></p>
Método de medición de desempeño	<p><i>Las mediciones de desempeño, durante la ejecución del proyecto, se harán a través de la técnica de valor ganado. Los indicadores SPI y CPI deben ser igual o mayores a un valor de 0,97.</i></p> <p><i>Por medio del software Microsoft Project®, se implementará la línea base para la medición de desempeño.</i></p>
Mantenimiento del presupuesto	<p><i>Se aplicará el procedimiento descrito para el control integral de cambios en el plan de gestión de la calidad, en caso de detectarse la necesidad de realizar un cambio en la línea base de costos.</i></p>
Formato de informes	<p><i>El presupuesto del proyecto será presentado en una tabla con el formato que se utiliza en la empresa.</i></p> <p><i>El seguimiento de los costos durante la ejecución del proyecto se realizará a través del software Microsoft Project®, y se utilizaran las herramientas y reportes que el propio paquete de software ofrece para las mediciones de desempeño.</i></p> <p><i>A la hora de generar reportes o presentar estados de proyecto, los datos pueden tabularse en hojas de cálculo para mayor facilidad de manejo y presentación.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla, muestra el formato de presentación del presupuesto determinado para un proyecto de migración del software de aplicación industrial, específicamente para el Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 19. *Presupuesto del Proyecto Caso de Estudio*

EDT	Entregable	Cuenta de Control	Paquete de trabajo	Actividad	Costo	Reserva de contingencia
	Migración software de aplicación				\$185,931.0	\$7,663.00
1	Administración de proyecto				\$21,290.00	
1.1		Inicio			\$1,807.00	
1.2		Planeación			\$3,988.00	
1.3		Ejecución			\$4,621.00	
1.4		Monitoreo y control			\$7,541.00	
1.5		Cierre			\$3,333.00	
2	Software de aplicación				\$120,649.0	\$7,663.00
2.1		Análisis e ingeniería inversa			\$10,789.00	\$4,188.00
2.1.1			Código Fuente		\$5,024.00	\$3,768.00
2.1.2			Interfaz gráfica actual		\$2,140.00	
2.1.3			Entradas y salidas		\$2,785.00	
2.1.4			Especificaciones funcionales		\$840.00	\$420.00
2.2		Diseño conceptual del software			\$22,062.00	\$530.00
2.2.1			Monitoreo entradas y salidas		\$1,110.00	
2.2.2			Diseño interfaz gráfica		\$113.00	
2.2.3			Diseño módulos de control		\$9,279.00	
2.2.4			Diseño secuencias y módulos de equipo		\$10,500.00	
2.2.5			Aprobaciones		\$1,060.00	\$530.00
2.3		Demo prototipo			\$9,969.00	

EDT	Entregable	Cuenta de Control	Paquete de trabajo	Actividad	Costo	Reserva de contingencia
2.3.1			Configuración base		\$2,540.00	
2.3.2			Pantallas demo		\$683.00	
2.3.3			Lógicas		\$3,320.00	
2.3.4			Simulación		\$776.00	
2.3.5			Presentación		\$2,650.00	
2.3.6			Aprobación		\$2,100.00	
2.4		Implementación del software			\$43,295.00	\$2,945.00
2.4.1			Base de datos		\$1,200.00	
2.4.2			Entradas y salidas		\$1,650.00	
2.4.2.1				Caracterización de señales	\$825.00	
2.4.2.2				Configuración de E/S por bulkedit	\$550.00	
2.4.2.3				Importación de tarjetas y canales del sistema	\$275.00	
2.4.3			Interfaz gráfica		\$7,150.00	\$1,788.00
2.4.4			Módulos de control		\$5,550.00	\$1,157.00
2.4.4.1				Generar tablas y consultas en Access	\$900.00	
2.4.4.2				Tipificar módulos de control	\$3,450.00	
2.4.4.3				Configuración de módulos por bulkedit	\$960.00	
2.4.4.4				Importación de instancias de módulos	\$240.00	
2.4.5			Enclavamientos		\$4,625.00	
2.4.6			Secuencias y módulos de		\$23,120.00	

EDT	Entregable	Cuenta de Control	Paquete de trabajo	Actividad	Costo	Reserva de contingencia
			equipo			
2.5		Prueba interna del software			\$16,190.00	
2.5.1			Planeación de pruebas		\$1,500.00	
2.5.2			Prueba de interfaz gráfica		\$4,000.00	
2.5.3			Prueba de módulos de control		\$1,200.00	
2.5.4			Prueba de enclavamientos		\$1,320.00	
2.5.5			Prueba de secuencias		\$8,170.00	
2.6		Aceptación del software			\$18,344.00	
2.6.1			Planeación de pruebas		\$1,500.00	
2.6.2			Pruebas de aceptación en fábrica		\$16,344.00	
2.6.3			Aprobaciones		\$500.00	
3	Puesta en marcha				\$15,992.00	
3.1		Planeación			\$3,000.00	
3.2		Documentación de las pruebas			\$1,300.00	
3.3		Instalación y licencias			\$464.00	
3.4		Red y comunicaciones			\$680.00	
3.5		Comisionamiento			\$1,400.00	
3.6		Pruebas de monitoreo y control			\$3,192.00	
3.7		Pruebas con operaciones			\$1,856.00	
3.8		Capacitación			\$3,500.00	
3.9		Entrega final			\$600.00	
4	Fin				\$0.00	
N/A	Licencias del software				\$28,000.00	

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a los componentes del presupuesto total del Proyecto Caso de Estudio, donde se incluyen: la línea base de costos que corresponde a la suma de los costos estimados por actividad, más la reserva de contingencia y la reserva de gestión o administrativa.

Tabla 20. *Presupuesto del proyecto*

Ítem	Descripción	Costo	Reserva de contingencia	Costo Total
1	Migración del Software de un Sistema de Control Distribuido Provox	\$185,931.00	\$7,663.00	\$193,594.00
2	Reserva de Gestión			\$25,000.00
3	Total del presupuesto			\$218,594.00

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Plan de Gestión de la Calidad del Proyecto

4.4.1 Introducción.

La gestión de la calidad del proyecto es el proceso que asegura que todas las actividades necesarias para diseñar, planificar e implementar un proyecto sean efectivas y eficientes con respecto al propósito del objetivo y su misión. La principal actividad consiste en asegurar que el proyecto alcance o supere las necesidades y expectativas de los involucrados en el proyecto. La calidad tiene que ser vista de la misma manera que el alcance, cronograma y presupuesto, ya que es una variable más que define el éxito del proyecto.

En proyectos de migración de software de aplicación, es muy común no asumir la calidad del proyecto de una manera responsable y eficiente. En muchos casos ni siquiera se toma en cuenta. Los proyectos pueden llegar a completarse y cumplir con el alcance, pero con significativas variaciones que impactan negativamente el cronograma y presupuesto, y con una deficiente

calidad tanto del proyecto como del producto final. Estas situaciones se reflejan no solo en el cierre administrativo del proyecto donde se evalúa la gestión del proyecto, sino también, en las encuestas que se aplican a los clientes finales, donde evidencian, su disconformidad con la calidad del proyecto. Por esta razón, es de suma importancia aplicar la siguiente estructura de un plan de gestión de calidad y sus recomendaciones o sugerencias para desarrollarlo, así también para los demás procesos de aseguramiento y control de la calidad.

4.4.2 Guía.

El Director del Proyecto es el encargado de desarrollar el Plan de Gestión de la Calidad del proyecto.

Para preparar la implementación del plan, debe tener identificado a todos los involucrados del proyecto, y en especial a aquellos de mayor potencial. Para proyectos de migración de software de aplicación, normalmente los interesados de mayor potencial son el Jefe de Proyectos de la Planta de Producción, el Jefe del Departamento de Automatización de la planta y el Jefe de Operaciones y sus operadores. A partir de la lista de interesados y su priorización, el Director del Proyecto podrá determinar también los requerimientos que el proyecto debe cumplir. Todo lo anterior es posible definirlo y documentarlo en la reunión de inicio del proyecto, la minuta, y de ser necesario reuniones posteriores con otros involucrados, así como la matriz de requerimientos, la cual se recomienda sea detallada para que la gestión del cumplimiento de estos requerimientos sea más eficiente.

4.4.3 Insumos de entrada.

Se recomienda una revisión de la oferta de venta hecha por el Departamento de Ventas de Ingeniería, el acta de constitución del proyecto, la minuta de la reunión de inicio del proyecto, la lista de involucrados y la matriz de requerimientos.

4.4.4 Plan de Gestión de la Calidad.

La siguiente tabla, corresponde a una recomendación de estructura de un Plan de Gestión de la Calidad para un proyecto de migración de software de aplicación industrial.

Tabla 21. Estructura del Plan de Gestión de la Calidad

Plan de Gestión de la Calidad	
Enunciado	Descripción
Roles y responsabilidades	<i>Es necesario que se definan los roles y responsabilidades en relación con la gestión de la calidad del proyecto de forma específica. Se recomienda un formato de tabla para definir por cada rol las responsabilidades correspondientes.</i>
Política de Calidad	<i>Se debe documentar los lineamientos y directrices generales para la gestión de la calidad del proyecto. Se recomienda formular la política de calidad para el proyecto considerando las siguientes tres perspectivas: enfoque para la planificación de la calidad del proyecto, enfoque para el aseguramiento de la calidad del proyecto, y enfoque para el control de la calidad del proyecto.</i>
Factores de éxito para la calidad	<i>Es necesario establecer una lista de los factores de calidad correspondientes a los factores críticos de éxito asociado al cumplimiento de los requisitos del proyecto. Se recomienda un formato tipo tabla donde se exponga la definición de cada factor de calidad identificado para el proyecto en cuestión.</i>
Línea base de calidad (métricas)	<i>Se debe establecer las métricas detalladas, es decir, los indicadores de medición de cumplimiento o incumplimiento de los factores de calidad definidos en la sección anterior; y la forma en que será medido el proyecto, producto, servicio o resultado del proyecto. Se recomienda como formato para la línea base, una tabla que incluya los objetivos de calidad, las métricas, los resultados esperados, la frecuencia de medición y los responsables del cumplimiento de las métricas.</i>
Actividades de gestión y control	<i>Es importante establecer las actividades orientadas a asegurar que se cumplan los objetivos y métricas de calidad. Se debe definir las acciones de gestión como las acciones de control para asegurar una gestión de la calidad integral. Se recomienda asignar actividades por entregables relacionados con los requisitos identificados. También, se debe definir la frecuencia más apropiada para realizar esas actividades, y el responsable de tales actividades. El director del proyecto deberá dar seguimiento al cumplimiento de las actividades que se identifiquen.</i>
Documentos para la calidad	<i>Es aconsejable definir y documentar los documentos y sus formatos para la calidad que permitirán generar los registros de calidad del proyecto. Normalmente, este proceso inicia durante la reunión de inicio del proyecto, donde es fundamental definir y acordar entre los involucrados el tipo de documentación que se va a emplear en el proyecto. Parte de ello, corresponden a los documentos de calidad. Algunos ejemplos pueden ser: plantillas para la generación de los reportes de progreso de las tareas, el propio cronograma hecho en la herramienta Microsoft Project®, plantillas para la generación de consultas técnicas, entre otros.</i>
Gestión de	<i>Es muy importante que se especifique el procedimiento, que se llevara a cabo</i>

Plan de Gestión de la Calidad	
Enunciado	Descripción
cambios	<p><i>durante la ejecución del proyecto, para la gestión de los cambios en el mismo. El director del proyecto es el encargado de definir el procedimiento, de comunicarlo a los interesados, y principalmente acordarlo con el cliente final. Los siguientes casos pueden ser considerados para realizar un cambio en el proyecto, y, por lo tanto, iniciar con el proceso de gestión de cambios: desviaciones en la documentación contractual del cliente (especificaciones de diseño, orden de compra, bases del diseño, etc.), reajustes o notas hechas por el cliente final sobre los documentos de diseño que la empresa genera, variaciones significativas en el desempeño del proyecto, nuevos requerimientos del producto final, entre otros.</i></p> <p><i>En proyectos de migración de software de aplicación es muy común que los clientes soliciten durante la ejecución del proyecto variaciones importantes en el alcance del producto final, por lo tanto se recomienda que durante la fase de planificación, tanto el director del proyecto como los miembros del equipo de trabajo de la empresa, identifiquen la mayoría de posibles ajustes que se pueden aplicar al producto final, por medio de un análisis detallado de la funcionalidad del software actual con respecto a las mejoras que se pueden aplicar por las características y uso del nuevo software de aplicación.</i></p> <p><i>El procedimiento de gestión de cambios deberá especificar: la forma en cómo se deben notificar las solicitudes de cambio (deber incluir una plantilla o formato especial previamente acordado para realizar las solicitudes). Identificar el responsable o responsables de analizar la solicitud y el impacto del cambio que se solicita sobre el alcance, plazo, presupuesto y calidad del producto final, así como el plazo de tiempo necesario para dar respuesta alguna a la solicitud. Definir la forma más apropiada para notificar si la solicitud es negada y su justificación. En caso de ser aprobada, debe definirse como se formula el requerimiento de cambio, el cual debe incluir quien realizara el cambio, el tiempo que demora realizarlo, y las actividades que se requieren para ejecutarlo. El procedimiento además, deberá indicar la forma en que se le comunicará el estado del proceso de trámite del cambio a los involucrados del proyecto, en especial al cliente final.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde al Plan de Gestión de la Calidad del Proyecto Caso de Estudio, el cual fue elaborado durante la fase de planeación, a partir de la plantilla del formato mostrado en la tabla anterior, y completado con la información específica del proyecto en cuestión.

Tabla 22. *Plan de Gestión de la Calidad*

Plan de Gestión de la Calidad	
Enunciado	Descripción
Roles y responsabilidades	<i>Los roles y responsabilidades, en relación con la gestión de la calidad del proyecto, se definirán por medio de una tabla cuyo formato es un estándar de la empresa.</i>
Política de Calidad	<i>Política de Calidad de la empresa: Nos comprometemos con nuestros clientes, a cumplir satisfactoriamente con todos los requisitos definidos contractualmente, de manera oportuna, eficiente y con estándares de calidad, con personal de excelencia y tecnología adecuada a través de la mejora continua del Sistema de Gestión de Calidad, para el cumplimiento de las metas de la organización.</i>
Factores de éxito para la calidad	<i>Se creará una lista de los factores de calidad correspondientes a los factores críticos de éxito asociado al cumplimiento de los requisitos del proyecto. Para esto se utilizará una tabla cuyo formato es estándar de la empresa.</i>
Línea base de calidad (métricas)	<i>La línea base de calidad incluirá los objetivos de calidad, con sus respectivas métricas y métodos de medición. Se especificarán los resultados esperados, así como la frecuencia de medición y los responsables del cumplimiento de las métricas.</i>
Actividades de gestión y control	<i>Se definirán por entregable las actividades que permitan asegurar el cumplimiento de los objetivos y métricas de calidad. Se especificarán aquellas acciones de gestión y/o control según corresponda el requisito. Se deberá definir la frecuencia y el involucrado responsable de ejecutar tales acciones.</i>
Documentos para la calidad	<i>Para los reportes de avance y las consultas técnicas se utilizarán los documentos estándar de la empresa, tal y como se acordó durante la reunión de inicio del proyecto. Para las mediciones de desempeño del proyecto, se utilizarán las herramientas y reportes que ofrece el software Microsoft® Office Project y Project Server 2007. Para uso exclusivamente interno, se utilizará la plantilla para Control de Gestión de la Información del Proyecto, responsabilidad del líder técnico, y que se completará para dar trazabilidad a las actividades planeadas para los trabajos. La información contenida ahí, se utilizará para completar la información que se manipula en el cronograma del proyecto.</i>
Gestión de cambios	<i>El director del proyecto es el responsable de monitorear el desempeño del proyecto. En caso de detectarse alguna variación significativa con respecto a la línea base de medición, el director del proyecto determinara comentar y analizar el caso con el líder técnico. Entre ambos interesados, se deberá encontrar una solución, y de definirse que el impacto es muy significativo, se deberá realizar la notificación oficial al cliente final, a través de la programación de una reunión, para explicar el caso y evaluar los impactos sobre el desempeño del proyecto. Se debe buscar un acuerdo mutuo, y registrarlo, según sea la naturaleza de este. En caso de que el cliente requiera ajustar el alcance del producto final, deberá notificar la solicitud, a través del documento estándar "Solicitud de Orden de Cambio". El nuevo requerimiento será analizado y evaluado por el director del proyecto y el líder técnico con un periodo máximo de dos días hábiles, para determinar el impacto que se puede generar sobre el resto de las aristas de la gestión del proyecto: presupuesto, cronograma, recursos, calidad, etc. El director del proyecto y el líder técnico deberán formular una respuesta a la solicitud,</i>

Plan de Gestión de la Calidad	
Enunciado	Descripción
	<i>indicando el impacto y las posibles acciones para aplicar el cambio. Esta información se revisa con el cliente final en un periodo máximo de un día hábil, por medio de una reunión presencial, o bien virtual. En caso de darse un acuerdo, los involucrados firman la solicitud, para luego planificar el cambio, y actualizar la línea base de medición, y los diferentes documentos de control y seguimiento. Una vez finalizada la planificación del cambio, se procederá con la implementación de este. Cuando se finalice la inclusión del cambio, se notificará al cliente final, a través de la misma solicitud, en el apartado de fecha de cierre.</i>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la tabla donde se han identificado los roles y sus responsabilidades para la gestión de la calidad del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 23. Roles y responsabilidades de la calidad

Rol	Responsabilidades
Administrador Departamento de Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Responsable administrativo final por la calidad del proyecto. ✓ Revisar, aprobar, y tomar acciones correctivas para mejorar la calidad.
Director del Proyecto (PM)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisa al Director del Proyecto. ✓ Gestionar operativamente la calidad. ✓ Revisar estándares si aplican, revisar entregables, aceptar entregables o disponer su reproceso, deliberar para generar acciones correctivas, aplicar acciones correctivas. ✓ Debe exigir el cumplimiento de entregables al equipo de proyecto. ✓ Supervisa al equipo del proyecto.
Miembros del Equipo de Proyecto Departamento de Calidad de Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborar los entregables con la calidad requerida y según estándares si aplican. ✓ Brindar soporte y capacitación en temas de gestión de calidad en proyectos, si es requerida. ✓ Supervisar el seguimiento y cumplimiento del sistema documentado de calidad. ✓ Realizar auditorías internas programadas y coordinadas con el administrador del proyecto. ✓ Aplicar encuesta de evaluación del nivel de satisfacción del cliente sobre el desempeño y calidad del proyecto.

Fuente: Auditoría propia.

La siguiente tabla contiene los factores de calidad del Proyecto Caso de Estudio, definidos durante la fase de planeación del proyecto.

Tabla 24. *Factores de calidad*

Factor de Calidad	Definición del Factor
Desempeño del proyecto	<p>El desempeño del proyecto se define como el cumplimiento del cronograma y del presupuesto del proyecto.</p> <p>Este factor de calidad es relevante pues permitirá al equipo del proyecto lograr el margen de utilidad que ha sido calculado para el proyecto, caso contrario el proyecto podría no generar utilidades o más aún, podría generar pérdidas.</p> <p>Por otro lado, el atraso en la entrega de los productos que espera el cliente nos puede ocasionar problemas contractuales.</p>
Cumplimiento de hitos a lo largo de la vida del proyecto	<p>Identificación de los hitos y de sus fechas de cumplimiento a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p> <p>Este factor es relevante porque permite reforzar el cumplimiento del cronograma del proyecto establecido en la planeación de este.</p>
Nivel de aceptación de los entregables	<p>Factor directamente relacionado con la calidad del producto.</p> <p>Se define identificando la cantidad y tipo de especificaciones técnicas y el cumplimiento de estas durante las entregas parciales y finales.</p> <p>El factor es relevante pues le permite al equipo del proyecto confirmar que se cumplen las expectativas del cliente en cuanto a forma, funcionalidad y operación de los entregables del producto.</p>
Grado de Satisfacción del cliente final	<p>El grado de satisfacción se define como el nivel de complacencia del cliente final respecto a los entregables del producto a los que ellos deben otorgar la respectiva aprobación, y con respecto al desarrollo de los procesos del proyecto. Este factor es de vital relevancia puesto que permitirá al equipo de proyecto, al director del proyecto, y al patrocinador confirmar el pleno alineamiento con las iniciativas estratégicas de la organización en cuanto su compromiso con la política de calidad definida.</p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la línea base de calidad del proyecto.

Tabla 25. Línea base de calidad del proyecto.

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
Lograr un SPI superior o igual a 0.97 con el fin de garantizar el cumplimiento en plazos pactado con el cliente.	Se empleará el SPI (Schedule Performance Index, por sus siglas en ingles), como métrica de desempeño del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos planificados se obtendrán del plan del proyecto. • Los datos de desempeño serán obtenidos del registro diario de avance y el control de gastos del proyecto. • Se calculará el índice SPI acumulado y se registrará en el informe semanal del proyecto. • El informe se revisará con el administrador del departamento de ingeniería, y se tomarán las acciones correctivas y-o preventivas que apliquen. • Se notificará al cliente final de tales acciones de ser necesario. 	SPI \geq 0.97	Frecuencia semanal. Medición los lunes durante la mañana.	El director del proyecto
Lograr un CPI superior o igual a 0.97 con el fin de garantizar el cumplimiento del presupuesto acordado con el cliente, y poder tomar las acciones correctas en forma oportuna.	Se empleará el CPI (Cost Performance Index, por sus siglas en ingles), como métrica de desempeño del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos planificados se obtendrán del plan del proyecto. • Los datos de desempeño serán obtenidos del registro diario de avance y el control de gastos del proyecto. • Se calculará el índice CPI acumulado y se 	CPI \geq 0.97	Frecuencia semanal. Medición los lunes durante la mañana.	El director del proyecto

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
<p>Identificar el cumplimiento de hitos a través de las entregas a tiempo, o bien identificar posibles retrasos que perjudiquen el avance del cumplimiento del producto. Cada entrega \leq 5 días después de la fecha de cumplimiento es el 90%. Entregas $>$ 5 días después de la fecha de finalización es 0%</p>	Entregas a tiempo	<p>registrará en el informe semanal del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El informe se revisará con el administrador del departamento de ingeniería, y se tomarán las acciones correctivas y-o preventivas que apliquen. • Se notificará al cliente final de tales acciones de ser necesario. • A partir del cronograma establecido en la planeación, se extrae los datos relacionados con cada hito, así como el nombre del responsable de cumplir con la finalización a tiempo de un entregable. • Se registra la información en el cuadro de avance de los entregables. • Se realizan revisiones de avance entre el administrador del proyecto y la persona o personas responsables del entregable. • Se tomarán acciones correctivas en caso de que sean necesarias para evitar atrasos más 	Entregas a tiempo \geq 90%	Frecuencia semanal. Medición los lunes durante la mañana.	El director del proyecto

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
Lograr un % de aceptación del trabajo Preentrega superior o igual a 90% con el fin de garantizar el cumplimiento del alcance acordado con el cliente, y poder tomar las acciones correctas en forma oportuna.	% de aceptación del trabajo Preentrega	<p>significativos en la culminación del producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se emplean las especificaciones técnicas de cada paquete de trabajo o entregable facilitado por el cliente final. • Una persona miembro del equipo de proyecto realiza la prueba de verificación a partir de los documentos de prueba previamente aprobados durante la planeación del proyecto. Esta persona no puede ser la misma persona que hizo el trabajo. • Se realizan las pruebas y toman los datos resultantes, a partir de los cuales se determina el % de aceptación. • Si realizan revisiones con el líder técnico y administrador del proyecto y miembros del equipo de proyecto. • Se tomarán las acciones correctivas correspondientes en caso de que las evaluaciones sean muy bajas. 	% de aceptación del trabajo Preentrega $\geq 90\%$	Frecuencia, cada vez que se finalice el trabajo de una tarea o acción. Medición, una vez completada la revisión y pruebas de funcionalidad del trabajo hecho.	Líder Técnico
Lograr un % de aceptación del	% de aceptación del	<ul style="list-style-type: none"> • Se emplean las especificaciones 	% de aceptación	Frecuencia, cada vez que	Líder Técnico

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
trabajo Post-entrega superior o igual a 90% con el fin de garantizar el cumplimiento del alcance acordado con el cliente, y poder tomar las acciones correctas en forma oportuna.	trabajo Post-entrega	<p>técnicas de cada paquete de trabajo o entregable facilitado por el cliente final.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Jefe de Automatización y un grupo de operadores realizan la prueba de verificación a partir de los documentos de prueba previamente aprobados durante la planeación del proyecto. En esta prueba también participan el líder técnico y miembros del equipo de proyecto. • Normalmente a estas pruebas se les conoce como pruebas FAT. • Se realizan las pruebas y toman los datos resultantes, a partir de los cuales se determina el % de aceptación. • Se realizan revisiones con el líder técnico y administrador del proyecto y miembros del equipo de proyecto, y los representantes del cliente final. • Se tomarán las acciones correctivas correspondientes en caso de que las evaluaciones sean 	del trabajo Post-entrega \geq 90%	se finalice el trabajo de una entrega y haya pasado el paso de la revisión Preentrega. Medición, una vez completada la revisión y pruebas de funcionalidad del trabajo hecho.	

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
Lograr un % de grado de satisfacción del cliente final superior o igual a 88% con el fin de determinar la percepción del cliente final sobre el desempeño del proyecto, sus procesos y la calidad del producto final.	% de Grado de Satisfacción.	<p>muy bajas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar el proyecto, el departamento de Gestión de la Calidad de la empresa enviará la encuesta de satisfacción al cliente final. • La encuesta contendrá 22 preguntas de tipo cerrado con 3 de tipo abierto. • La encuesta será procesada por el Departamento de Gestión de la Calidad de la empresa, inmediatamente después de su aplicación y los resultados serán colocados como parte del Informe de Desempeño del Proyecto. • Los resultados serán catalogados de la siguiente manera: Puntaje 0 – 15 implica 0 a 25% de Satisfacción. Puntaje de 16 – 25 implica 26 a 50% de Satisfacción. Puntaje de 26 – 36 implica 51 a 70%, mientras que un puntaje de 37 – 45 implica 71 a 100% de Satisfacción. • La resolución de la encuesta y el 	% de Grado de Satisfacción $\geq 88\%$	Frecuencia, al finalizar el proyecto. Medición, durante la culminación del proceso de cierre del proyecto.	El director del proyecto

Objetivo de Calidad	Métrica	Definición de la métrica (método de medición)	Resultado esperado	Frecuencia de medición	Responsable del cumplimiento de la métrica
		resultado final será compartida a todos los miembros del equipo y al administrador del departamento de ingeniería.			

Fuente: Auditoría propia.

Para asegurar que se cumplan los objetivos y métricas de calidad, se establecieron acciones de gestión (conocidas como costos de calidad preventivos), y acciones de control (conocidas como costos de calidad de detección) para que la gestión de la calidad se desarrolle de forma integral.

La siguiente tabla muestra estas acciones de gestión y control de la calidad para el Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 26. *Acciones de Calidad*

Entregable	Requisito	Actividades de gestión y control	Frecuencia	Responsable
Diseño conceptual y prototipo	Programación	<p>Gestión: Validar la especificación funcional del sistema facilitada por el cliente. Emplear documento estándar de diseño conceptual con software de aplicación de referencia. Obtener aprobación formal de parte del cliente sobre el documento hecho.</p> <p>Control: Realizar las pruebas de evaluación del prototipo</p>	<p>Una vez, previo a la implementación del prototipo del software de aplicación. Y otro momento, justo después de la evaluación del prototipo</p> <p>Realizar justo después de hecha la primera versión del prototipo, y luego de ajustes posteriores, en caso de ser necesarios.</p>	<p>Líder Técnico</p> <p>Líder Técnico</p>

Entregable	Requisito	Actividades de gestión y control	Frecuencia	Responsable
Interfaz gráfica de operación	Gráficos	Gestión: Emplear la correspondiente plantilla tipo lista de verificación.	Realizar por cada gráfico que debe implementarse	Líder Técnico
		Control: Realizar las pruebas internas de comprobación. La persona en ejecutar la prueba no debe ser la misma persona que hizo los gráficos.	Realizar por cada versión de gráfico implementado y hasta que las pruebas muestren un resultado de 100%	Líder Técnico
Configuración de módulos de control, módulos de equipo, secuencias y enclavamientos	Programación	Gestión: Llevar una trazabilidad de las consultas técnicas, y los reportes de avances. Utilizar los documentos estándar para la formulación y respuesta de las consultas técnicas, y para la generación de los reportes de progreso.	Con respecto a las consultas, se debe realizar cada vez que se produzca una consulta, cuando se responde la consulta, se revisa y comunica la respuesta. Los reportes de avances se deberán generar según la frecuencia definida durante la reunión de inicio del proyecto con el cliente final.	Líder Técnico
		Control: Realizar las pruebas internas de comprobación. La persona en ejecutar la prueba no debe ser la misma persona que hizo la configuración.	Realizar la prueba por cada versión finalizada de la configuración hasta que las pruebas muestren un resultado de 100%.	Líder Técnico
Pruebas de aceptación del software de	Software	Gestión: Planear las actividades y estimar los tiempos y recursos para la	Una vez, previo a la fecha de inicio de las	Líder Técnico

Entregable	Requisito	Actividades de gestión y control	Frecuencia	Responsable
aplicación		<p>realización de las pruebas de aceptación en fábrica conocidas como las iniciales en inglés FAT.</p> <p>Utilizar los documentos plantillas para la planeación y para las pruebas de evaluación.</p> <p>Control: Realizar las pruebas de aceptación con los miembros del equipo y el cliente final.</p> <p>Llevar la trazabilidad de solicitudes de cambio.</p> <p>Realizar el análisis de impacto de los cambios.</p> <p>Discriminar qué cambios se realizarán posterior a las pruebas, cuáles durante las pruebas, y cuáles del todo no se aplicarán.</p>	<p>pruebas FAT del software</p> <p>Durante el periodo de duración de las pruebas FAT del software</p>	Líder Técnico
Comisionamiento, pruebas de operación y capacitación	Puesta en Marcha	<p>Gestión: Planear las actividades y estimar los tiempos y recursos para la realización del comisionamiento, pruebas de operación, comunicaciones y capacitación.</p> <p>Utilizar los documentos plantillas para la planeación y para las pruebas de evaluación.</p> <p>Control: Realizar la descarga de licencias y la importación del nuevo software de aplicación a la plataforma existente en planta.</p> <p>Verificar el funcionamiento de la red de control.</p> <p>Realizar las pruebas de operación de los equipos.</p> <p>Documentar la aceptación y entrega formal del sistema al departamento de operaciones del cliente.</p> <p>Realizar la capacitación del personal de operaciones.</p>	<p>Previo a la fecha de inicio de la puesta en marcha del nuevo software de aplicación</p> <p>Durante el periodo de la puesta en marcha del nuevo software de aplicación.</p>	Líder Técnico
Informe del desempeño del	Cronograma y Presupuesto	<p>Gestión: Definir el Plan de Gestión del Cronograma, y el</p>	Una vez, durante la	Director del Proyecto

Entregable	Requisito	Actividades de gestión y control	Frecuencia	Responsable
proyecto		Plan de Gestión de Costos. Crear la línea base de medición en el Microsoft® Office Project. Emplear el documento plantilla para representar los informes de desempeño. Control: Aplicar la Gestión del Valor Ganado. Preparar los informes de desempeño. Presentar los resultados del informe a los miembros del equipo.	planeación general del proyecto. Durante todo el ciclo de vida del proyecto. Los informes y su presentación serán cada semana o bien cada dos semanas.	Director del proyecto

Fuente: Auditoría propia.

4.5 Plan de Gestión de los Recursos

4.5.1 Introducción.

La gestión de los recursos del proyecto es el proceso que asegura que todas las actividades necesarias para diseñar, planificar e implementar un proyecto tengan los recursos, tanto humanos como físicos, necesarios para completar estas actividades. La principal actividad consiste en asegurar que el proyecto, durante todas las etapas, tenga a su disposición los recursos.

Los recursos humanos y físicos son los elementos esenciales para la ejecución y cumplimiento de las tareas, por tanto, considerando el alcance, el costo y cronograma del proyecto, así deben establecerse los procedimientos para identificar, adquirir, gestionar y controlar los recursos.

4.5.2 Guía

El director del proyecto es el encargado de desarrollar el Plan de Gestión de los Recursos del proyecto.

Para preparar la implementación del plan, es importante que el alcance del proyecto y del producto final esté bien definidos y detallados.

Para proyectos de migración de software de aplicación, normalmente los recursos necesarios para el proyecto se limitan a recursos humanos. Los recursos físicos son el paquete del software de instalación para ejecutar el software de aplicación, y sus respectivas licencias de soporte. Esto ocurre cuando el cliente final no tiene en su planta productiva la plataforma del sistema distribuido de control. Otros clientes, ya tienen una versión de la plataforma en su planta, y para estos casos, lo normal, es que se requiera algunas licencias adicionales, para que la importación del nuevo software de aplicación desarrollado sea compatible y ejecutable en la base ya instalada en la planta de producción.

4.5.3 Insumos.

Entre los insumos requeridos para la elaboración del plan de gestión de los recursos está el Plan de Gestión del Alcance, en especial, la estructura de desglose de trabajo y la matriz de requerimientos.

Muy importante contar con la línea base del proyecto, elaborada a través del software Microsoft® Office Project, que incluye el alcance, costos y cronograma, para la asignación de los recursos necesarios para la ejecución de las tareas.

4.5.4 Plan de Gestión de los Recursos.

La siguiente tabla, corresponde a una recomendación de estructura de un Plan de Gestión de los Recursos para un proyecto de migración de software de aplicación industrial.

Tabla 27. Estructura del Plan de Gestión de los Recursos

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
Identificación de recursos	<p><i>Los recursos necesarios para el desarrollo de un proyecto pueden ser: humanos o de tipo material. En la mayoría de los proyectos de migración de software, los recursos necesarios son solamente humanos. Estos son los casos donde el cliente final ya tiene instalado en su planta la base de datos del software del SCD que utiliza la empresa para desarrollar el software de aplicación.</i></p> <p><i>En los proyectos, donde el cliente no dispone de la base de datos del software, es necesario identificar la versión del software más apropiada y actualizada, así como las licencias según la cantidad y tipo de señales de entrada y salida del nuevo sistema.</i></p> <p><i>El equipo de cómputo debe ser adquirido por el cliente final, y no es parte del alcance que deba ser gestionado en nuestros proyectos.</i></p> <p><i>Durante la reunión de inicio del proyecto se identifican algunos recursos, tanto humanos como materiales, basado en el alcance definido hasta ese momento. Un análisis más a fondo del alcance y de la matriz de requerimientos, permite elaborar una identificación de recursos más detallada.</i></p> <p><i>Se recomienda realizar una tabla que contenga la lista de recursos necesarios para completar las cuentas de control de la estructura de desglose de trabajo (EDT). En caso de recursos humanos mencionar los roles, la cantidad, el nivel de experiencia y las capacidades técnicas.</i></p>
Adquisición de los recursos	<p><i>Todo proyecto debe contar con un ingeniero cuyo rol a desempeñar es de Líder Técnico, quien apoya al director del proyecto en la gestión técnica de los proyectos. Su nombramiento y asignación se realizan justamente después de que se recibe la orden de compra, y se realiza al mismo tiempo que la asignación del director del proyecto. Por tanto, en las primeras etapas de la planificación se cuenta con la dupla de líder técnico y director del proyecto.</i></p> <p><i>El director del proyecto es el responsable de notificar y solicitar formalmente al departamento de ingeniería a través de su director sobre la cantidad y tipo de recurso humano que requiere, así como la disponibilidad en tiempo de esos recursos, basado en el cronograma de las actividades. Se recomienda que el director del proyecto elabore un Gantt de Recursos, orientado a recursos y que muestre como deben asignarse los recursos tarea a tarea a lo largo del tiempo. Con este insumo y con la matriz de competencias requeridas para el equipo, el director del proyecto deberá programar reuniones con el director del departamento de ingeniería y supervisores de ingenieros para realizar la planificación de las asignaciones. Lo ideal es contar con la reserva de los recursos previo al inicio de las actividades del proyecto.</i></p>
Organigrama del equipo de trabajo	<p><i>El director del proyecto deberá elaborar un organigrama del equipo de trabajo del proyecto.</i></p> <p><i>Debe incluir al cliente final conformado por sus departamentos según aplique (proyectos, mantenimiento, operaciones, gerencia, etc.), el director del proyecto, y algún rol de soporte si aplica, el líder técnico, y el grupo de</i></p>

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
Roles y responsabilidades	<p>ingenieros, los cuales pueden distribuirse por especialidad, o bien por el tipo de rol que desempeñan.</p> <p>El formato del organigrama queda a criterio personal del director del proyecto.</p> <p>Se recomienda elaborar una matriz de roles y responsabilidades donde se asigne por actividad, los roles asociados y sus respectivas responsabilidades.</p>
Competencias requeridas para el equipo	<p>El director del proyecto debe definir el formato que desee para presentar la información, sin embargo se recomienda el uso de una matriz RACI (responsable, autoridad, consultado e informado).</p> <p>El director del proyecto y el líder técnico deberán elaborar una pequeña matriz en formato tabla, en la cual se identifiquen aquellos requisitos de habilidades técnicas y blandas que, basado en la naturaleza del alcance de la migración del software de aplicación, se necesitan para cumplir con los requerimientos del proyecto.</p>
Capacitación	<p>Es responsabilidad del director del proyecto definir qué capacitaciones son necesarias de realizar antes de iniciar con la ejecución del proyecto.</p> <p>En la mayoría de estos proyectos, adquirir los recursos con todas las competencias técnicas necesarias para la ejecución de las tareas, es muy poco probable. También, es muy poco probable que aquellos recursos que requieran de alguna capacitación la reciban previo al inicio de la implementación del proyecto. Debido a esto, se recomienda que el director del proyecto coordine apropiadamente la capacitación de los recursos durante la ejecución del proyecto, bajo la supervisión y entrenamiento de los recursos con mayor experiencia, para lograr cubrir la curva de aprendizaje sin impactar negativamente el desarrollo del proyecto, especialmente, en términos de cronograma y presupuesto.</p>
Estrategia para el trabajo en equipo	<p>Describir cuáles serán las estrategias para fomentar el trabajo en equipo.</p> <p>Es importante que el director del proyecto se apoye en la experiencia del líder técnico, y que entre ambos definan las estrategias necesarias, según la naturaleza del proyecto de migración de software, considerando el cronograma y del tipo y cantidad de recurso humano que se debe adquirir para las actividades del proyecto.</p>
Calendario de recursos	<p>Se debe establecer la jornada laboral. Definir si se trabajara durante los fines de semana. Establecer que criterios de aprobación se deben seguir para aplicar horas extras o dobles, así como el procedimiento para reportarlas y pagarlas.</p>
Línea base de recursos	<p>El director del proyecto debe desarrollar la línea base de los recursos.</p> <p>Para este tipo de proyectos, es muy importante definir por actividades los nombres de los miembros del equipo de trabajo, que harán el trabajo y quienes lo supervisarán.</p> <p>Se recomienda asignar los recursos humanos en la línea base de medición de desempeño que normalmente se elabora a través del software Microsoft® Office Project, para manejar sobre una misma línea, todas las líneas base del plan de gestión del proyecto.</p>
Criterios de liberación	<p>Se debe especificar la forma más apropiada para liberar los recursos humanos asignados al equipo de trabajo del proyecto.</p>

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
Solicitud de cambio de integrantes del equipo	<p><i>Es muy común que, aquellos recursos asignados al proyecto se conserven en él, hasta la finalización de este. Sin embargo, existen excepciones, las cuales normalmente están asociados a recursos especializados. Por ejemplo: que el proyecto incluya la migración del software de equipo muy especializado, y que solo se disponga de un recurso humano con experiencia. En estos casos, es más probable que este recurso tenga una participación temporal en el proyecto, debido a la necesidad de dar soporte en otros proyectos que se ejecuten en el mismo tiempo o en un tiempo traslapado.</i></p> <p><i>El director del proyecto debe formular los procedimientos necesarios para realizar una solicitud de incorporación de un nuevo recurso durante la ejecución del proyecto, o bien, para los casos donde se requiere la sustitución o cambio de un recurso existente por otro.</i></p> <p><i>Los cambios o sustituciones de recursos durante el proyecto son muy poco frecuentes, y se surgen, en su mayoría, cuando un recurso presenta una situación personal muy específica y especial, por ejemplo: muerte de un familiar, enfermedad, paternidad o maternidad, entre otros.</i></p>
Dirección del equipo de trabajo	<p><i>El director del proyecto es el responsable de realizar las evaluaciones de desempeño del proyecto, como se ha establecido en los planes de gestión anteriores. También, es responsable de evaluar el desempeño de los recursos miembros del equipo de trabajo, y del nivel de responsabilidad que deben tener los miembros representantes del cliente final.</i></p> <p><i>Con respecto al desempeño de los miembros del equipo de trabajo, el director del proyecto debe apoyarse en la evaluación que el líder técnico hace con respecto al trabajo del resto de compañeros y compañeras. El desempeño del líder técnico debe ser evaluado por el director del proyecto, quien debe utilizar la retroalimentación por parte del equipo de trabajo.</i></p> <p><i>En este apartado se debe especificar la forma en que se evaluara el desempeño de los involucrados, la retroalimentación y resolución de problemas.</i></p>
Control de los recursos	<p><i>Se debe especificar la forma en que se asegura que los recursos físicos asignados y adjudicados al proyecto estén disponibles.</i></p> <p><i>Para este tipo de proyecto, los recursos físicos se limitan a la adquisición del paquete del software de aplicación y a las licencias según el tipo y cantidad de señales de entrada y salida del sistema de control distribuido. Todos los componentes de hardware de la arquitectura del sistema, como el equipo de cómputo y de redes, corren por cuenta y responsabilidad del propio cliente final.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el Plan de Gestión de los Recursos para el Proyecto Caso de Estudio, elaborado durante la fase de planificación.

Tabla 28. *Plan de Gestión de los Recursos.*

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
Identificación de recursos	<i>Se implementó una tabla para especificar los recursos requeridos por cuenta de control de la EDT del proyecto.</i>
Adquisición de los recursos	<i>El director del proyecto notificará y solicitará formalmente al departamento de ingeniería a través de su director sobre la cantidad y tipo de recurso humano que requiere, así como la disponibilidad en tiempo de esos recursos, basado en el cronograma de las actividades. Se coordinarán reuniones con el director del departamento de ingeniería y supervisores de ingenieros para realizar la planificación de las asignaciones. El objetivo principal es contar con la reserva de los recursos previo al inicio de las actividades del proyecto.</i>
Organigrama del equipo de trabajo	<i>Considerado un proyecto pequeño y con pocos involucrados, se ha acordado tanto con el director del departamento de ingeniería de la empresa, y con los representantes del cliente final, que no es necesario la elaboración de un organigrama del equipo de trabajo, ni de todos los interesados en general.</i>
Roles y responsabilidades	<i>Se elaboró una matriz de roles y responsabilidades del tipo RACI, la cual incluye aquellas actividades asignadas al equipo de trabajo del proyecto, específicamente al desarrollo del software de aplicación como unos de los entregables principales del proyecto.</i>
Competencias requeridas para el equipo	<i>Se elaboró una tabla donde se definen las competencias requeridas por cada rol identificado en el equipo de trabajo del proyecto.</i>
Capacitación	<i>Considerado el alcance del producto final, no hay ninguna especialidad requerida por parte de alguno de los miembros del equipo de trabajo. Basta con cumplir con el rol necesario para suplir las necesidades a la hora de realizar el trabajo asignado. Especial atención se le facilitará, a aquellos recursos denominados como ingeniero junior, ya que al presentar muy poca experiencia y/o tener poco tiempo de formar parte de la empresa, se les dará un seguimiento durante el desarrollo del proyecto, del tipo “mentoring”, por parte del líder técnico y de los ingenieros de sistemas, quienes evidentemente, tienen mayor experiencia en el negocio.</i>
Estrategia para el trabajo en equipo	<i>Se realizarán reuniones de equipo cada dos semanas, con el objetivo de ofrecer espacios a los involucrados para tratar temas no solo del trabajo que se realiza, sino también de la gestión técnica y administrativa. Evaluar el comportamiento del cliente final ante consultas y reportes. Además, serán espacios para conversar sobre las relaciones personales entre los miembros del equipo, estilos de comunicación, comportamiento ético y aspectos de responsabilidad. Como lineamiento general, se ha decidido que, en todas las comunicaciones, específicamente correos electrónicos, todos los involucrados estén copiados. Aunque el correo no se dirigido a todos, o bien es dirigido a alguien en particular, de igual manera, el resto de los miembros serán copiados, para que todos se mantengan informados. En general, se busca el involucramiento eficiente de todos los interesados del proyecto, pero con mayor importancia, el</i>

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
Calendario de recursos	<p><i>involucramiento de los miembros del equipo de trabajo.</i></p> <p><i>La jornada laboral será de lunes a viernes en un horario estándar de 8:00am hasta las 5:00pm. Sin embargo, no hay restricción de que los recursos empleen otros horarios durante la semana, siempre y cuando cumplan con las 8 horas diarias.</i></p> <p><i>Jornada durante los fines de semana no está autorizado. Tampoco las horas extras ni dobles.</i></p> <p><i>El uso de la jornada extraordinaria y uso de horas extras quedara sujeto a casos especiales como: la inclusión de una solicitud de cambio en el alcance que después de su análisis se comprueba que se requiere horas extras para no afectar el cronograma, pero con justificación para que el cliente cubra los costes adicionales, estando el de acuerdo.</i></p> <p><i>Otro caso aceptable que habilita el uso del tiempo extraordinario consiste en la necesidad de reajustar el cronograma, debido a un pobre porcentaje de avance de los trabajos, lo cual requiere de tiempo adicional para recuperar la línea base establecida. En este caso, evidentemente el tiempo extra es cubierto por la propia empresa.</i></p>
Línea base de recursos	<p><i>Los recursos humanos serán asignados en la línea base de medición de desempeño a través del software Microsoft® Office Project, para manejar sobre una misma línea, todas las líneas base del plan de gestión del proyecto.</i></p>
Criterios de liberación	<p><i>Los recursos humanos que se están solicitando para el proyecto, deben permanecer en el mismo, hasta la finalización formal. Por tanto, su liberación está condicionada a la culminación oficial del proyecto, específicamente con la finalización de la puesta en marcha del nuevo software de aplicación en el sistema productivo del cliente final.</i></p>
Solicitud de cambio de integrantes del equipo	<p><i>Ante la necesidad de sustituir un recurso actual, o bien incorporar uno nuevo, el director del proyecto deberá seguir el siguiente procedimiento:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>a. Por medio de un correo electrónico, notificar al director del departamento de ingeniería, sobre la solicitud requerida.</i> <i>b. Una vez recibida la solicitud y analiza por el director del departamento, este mismo deberá programar una reunión con el director del proyecto en un periodo no mayor a dos días. Esto puede variar según la urgencia de la situación. Por esta razón, es importante que en la notificación se declare todos los detalles de la solicitud.</i> <i>c. El objetivo de la reunión es poder identificar el nuevo recurso humano para el equipo del proyecto. De no lograr un acuerdo, el director del departamento deberá consultar y coordinar con los supervisores de los ingenieros del departamento, para identificar el o los recursos.</i> <i>d. Una vez identificado el nuevo recurso, el director del proyecto junto al líder técnico deberán programar una</i>

Plan de Gestión de los Recursos	
Enunciado	Descripción
	<p><i>reunión con esta persona, para realizar la introducción al proyecto, y la respectiva asignación de trabajo.</i></p> <p><i>Si la solicitud de cambio de un recurso se debe a un mal desempeño o a un comportamiento poco ético, el procedimiento sigue siendo el mismo, pero en la solicitud se deberá facilitar evidencia de la situación. El director del departamento, por su parte, deberá abrir un caso especial con el departamento de recursos humanos de la empresa.</i></p>
Dirección del equipo de trabajo	<p><i>El líder técnico tendrá dentro de sus responsabilidades, durante la ejecución del proyecto, la evaluación de desempeño de los miembros del equipo de trabajo. La forma de evaluación queda a criterio del propio líder técnico, sin embargo, deberá establecer objetivos bien claros, los mecanismos para evaluar esos objetivos, y la interpretación clara de los resultados. De igual manera, los miembros del equipo deberán ser informados de la forma de ser evaluados y comprender los mecanismos propuestos por el líder técnico.</i></p> <p><i>Los resultados de las evaluaciones serán analizados entre el líder técnico y el director del proyecto en una reunión programada para ello, cada dos semanas. En esa misma reunión, se deberá establecer las acciones correctivas que apliquen, o bien la solicitud de cambio de recurso.</i></p> <p><i>El director del proyecto es el responsable de evaluar el desempeño del líder técnico, apoyado en las retroalimentaciones que presenten los miembros del equipo de trabajo, y su informe de evaluación también queda a su criterio. Los resultados de estas deberán ser comunicados al director del departamento de ingeniería, quien seguirá el debido proceso según los resultados obtenidos.</i></p>
Control de los recursos	<p><i>Según el alcance establecido para este proyecto, el único recurso físico necesario corresponde a las licencias para la actualización del software de la plataforma del sistema de control distribuido instalado en la planta del cliente final. Debido a esto, el director del proyecto deberá consultar y coordinar con el departamento de adquisiciones de la empresa, el tiempo entrega desde la solicitud de las licencias a casa matriz hasta la recepción de estas en la planta del cliente. El objetivo es que las licencias estén en planta del cliente antes de la fecha de inicio de la puesta en marcha. Para garantizar la recepción oportuna de las licencias, la solicitud a casa matriz deberá realizarse en una fecha que considere la fecha inicial de la puesta en marcha, la duración de la entrega y al menos una o dos semanas adicionales para cubrir cualquier posible imprevisto en el traslado del paquete de licencias hacia la planta del cliente.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

Para la identificación de los recursos para el Proyecto Caso de Estudio, específicamente para el trabajo asignado a los miembros del equipo de trabajo de la empresa, se utilizó el siguiente formato de tabla.

Tabla 29. *Recursos requeridos por actividad.*

EDT	Nombre de la actividad	Recursos requeridos
2.1	Análisis e ingeniería inversa	<p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Máquina virtual instalada en cada computador del personal, que incluya una versión Windows® NT y el software de aplicación a migrar.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p>
2.2	Diseño conceptual del software	<p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p>
2.3	Demo prototipo	<p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y</p>

EDT	Nombre de la actividad	Recursos requeridos
2.4	Implementación del software	<p>que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p> <p>Sala interior con capacidad para 8 personas, con mesas, sillas, pizarra o proyector, línea telefónica, impresora y equipo de cómputo adicional (2 estaciones de trabajo tipo escritorio). Todo esto para la presentación del demo al cliente final.</p> <p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p>
2.5	Prueba interna del software	<p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p>
2.6	Aceptación del software	<p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Equipo de cómputo asignado a cada persona.</p> <p>Sistema de desarrollo basado en un arreglo de servidores virtuales y que tenga instalado la base de datos del sistema de control distribuido</p>

EDT	Nombre de la actividad	Recursos requeridos
3	Puesta en marcha (PEM)	<p>DeltaV para el desarrollo del nuevo software.</p> <p>Sala interior con capacidad para 8 personas, con mesas, sillas, pizarra o proyector, línea telefónica, impresora y equipo de cómputo adicional (2 estaciones de trabajo tipo escritorio). Todo esto para la realización de las pruebas FAT del nuevo software con cliente final.</p> <p>Dos profesionales en ingeniería de control o automatización, con perfil “senior”, y experiencia en proyectos de migración de software, específicamente en PROVOX. Uno de ellos con experiencia en gestión técnica y dirección de equipos de trabajo.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “intermediate”, con conocimientos avanzados en programación del software de DeltaV.</p> <p>Un profesional en ingeniería de control o automatización, con perfil “junior”, con conocimientos básicos en programación del software DeltaV.</p> <p>Permisos de trabajo en campo al día y validados para los miembros del equipo previo al inicio de la PEM.</p> <p>Licencias para la actualización del software instalado en planta.</p> <p>12 manuales o instructivos impresos para los operadores que van a participar en la capacitación.</p>

Fuente: Elaboración propia.

La matriz RACI es una excelente herramienta para visualizar los roles y las responsabilidades de un equipo de trabajo. Por cada actividad identificada, a cada involucrado o miembro del equipo de trabajo se le asignó las responsabilidades, las cuales pueden ser:

Responsable (R): La persona que ejecuta la tarea.

Autoridad (A): La persona que rinde cuenta por la tarea.

Consultado (C): La o las personas que se consultan antes de decidir.

Informado (I): La o las personas que deben ser actualizadas después.

La siguiente tabla corresponde a una matriz del tipo RACI, para aquellas actividades de desarrollo del software de aplicación, asignadas al equipo de trabajo del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 30. *Matriz de roles y responsabilidades.*

EDT	Actividad	Director del Proyecto	Líder Técnico	Ing. de sistemas 1	Ing. de sistemas 2	Ing. Junior 1
2.1.1	Código fuente	A	C / I	R		I
2.1.2	Interfaz gráfica actual	A	C / I	I		R
2.1.3	Entradas y salidas	A	C / I	R		I
2.1.4	Especificaciones funcionales	A	R	I	I	I
2.2.1	Monitoreo entradas y salidas	A	C / I	I	R	I
2.2.2	Diseño de interfaz gráfica	A	C / I	I	R	I
2.2.3	Diseño de módulos de control	A	C / I	R	I	I
2.2.4	Diseño de secuencias y módulos de equipo	A	C / I	R	I	I
2.2.5	Aprobaciones diseño conceptual	A	R	I	I	I
2.3.1	Configuración base	A	C / I	I	R	I
2.3.2	Pantallas Demo	A	C / I	I	I	R
2.3.3	Lógicas	A	C / I	R	I	I
2.3.4	Simulación	A	C / I	I	I	R
2.3.5	Presentación del Demo	A	R	I	I	I
2.3.6	Aprobación del Demo	A	R	I	I	I
2.4.1	Base de datos	A	R	I	I	I
2.4.2	Entradas y salidas	A	C / I	R	I	I
2.4.3	Interfaz gráfica	A	C / I	I	I	R
2.4.4	Módulos de control	A	C / I	I	R	I
2.4.5	Enclavamientos	A	C / I	R	I	I
2.4.6	Secuencias y módulos de equipo	A	R	I	R	I
2.5.1	Planeación de pruebas	A	R	I	I	I
2.5.2	Prueba de interfaz gráfica	A	C / I	R	R	I
2.5.3	Prueba de módulos de control	A	C / I	R	I	I
2.5.4	Prueba de enclavamientos	A	C / I	I	I	R
2.5.5	Prueba de secuencias	A	R	I	I	I
2.6.1	Planeación de pruebas FAT	A	R			
2.6.2	Pruebas FAT	A	C / I	R	R	R
2.6.3	Aprobaciones	A	R	I	I	I
3.1	Planeación puesta en marcha (PEM)	A	R	I	I	I
3.2	Documentación para PEM	A	R	I	I	I
3.3	Instalación y licencias	A	I	R	I	I
3.4	Red y comunicaciones	A	I	R	I	I
3.5	Comisionamiento	A	C / I	I	R	R
3.6	Pruebas de monitoreo y control	A	R	R	I	I
3.7	Pruebas con operaciones	A	C / I	I	R	R
3.8	Capacitación a operadores	A	I	R	I	I
3.9	Entrega final	A	R	I	I	I

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la definición de las competencias requeridas por cada miembro del equipo para desempeñar las tareas que se le asignen en el desarrollo del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 31. *Competencias requeridas para el equipo.*

Rol o perfil	Competencias	Responsabilidad	Autoridad
Director del proyecto	Profesional certificado en Administración de Proyectos del PMI®. Experiencia en proyectos de migración de software de aplicación industrial. Nivel de inglés avanzado Manejo de los diferentes paquetes de software de Microsoft® Office. Conocimiento avanzado en el uso de Microsoft® Office Project.	Punto focal primario con el cliente para todos los problemas. Seguir, coordinar y garantizar la finalización exitosa del proyecto. Responsable del costo general y el cronograma del proyecto. Responsable de revisar, aprobar e implementar los términos y condiciones del Proyecto. Administrar el equipo de trabajo del proyecto. Emitir informes de progreso al cliente de acuerdo con los requisitos del cliente. Liderar reuniones de revisión de estado.	Aprobar las solicitudes de cambio. Define del Plan del Proyecto. Aprueba las responsabilidades de cada miembro del equipo.
Líder Técnico	Ingeniero en electrónica o eléctrica, o bien en control industrial. Experiencia de más de 5 años en automatización o control industrial. Experiencia en proyectos de migración de software de aplicación industrial. Certificado en programación avanzada del software DeltaV. Experiencia en gestión técnica de proyectos de automatización. Nivel de inglés avanzado Manejo de los diferentes paquetes de software de Microsoft®.	Líder Técnico general para todo el alcance. Diseño del software de aplicación. Gestionar técnicamente la interfaz cliente final y equipo de trabajo. Emitir y garantizar la calidad del diseño del software de aplicación (protocolos de pruebas). Enlace técnico entre los miembros del equipo de trabajo. Asistir al equipo de trabajo con entregables, pruebas, implementación, según corresponda.	Aprueba los procedimientos de implementación del software de aplicación. Aprobar los avances del trabajo. Evaluar el desempeño de los miembros del equipo de trabajo. Aprueba las especificaciones funcionales del software del cliente final
Ingeniero de sistemas	Ingeniero en electrónica o eléctrica, o bien en control	Implementación de software. Pruebas integrales de	No tiene autoridad. Aprueba el líder

Rol o perfil	Competencias	Responsabilidad	Autoridad
	industrial. Experiencia de más de 5 años en automatización o control industrial. Experiencia en proyectos de migración de software de aplicación industrial. Certificado en programación avanzada del software DeltaV. Nivel de inglés intermedio. Manejo de los diferentes paquetes de software de Microsoft®.	software. Documentación de diseño. Implementación de procedimientos de calidad de la configuración.	técnico.
Ingeniero de interfaz	Ingeniero en electrónica o eléctrica, o bien en control industrial. Experiencia de más de 2 años en automatización o control industrial. Certificado en programación básica del software DeltaV. Nivel de inglés intermedio. Manejo de los diferentes paquetes de software de Microsoft®.	Implementación de la interfaz gráfica del software de aplicación. Pruebas de integración entre la interfaz gráfica y la base de datos. Pruebas integrales del software.	No tiene autoridad. Aprueba el líder técnico.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Plan de Gestión de las Comunicaciones

4.6.1 Introducción.

Este plan de comunicaciones constituye el procedimiento en el cual se establecerán las estrategias correctas para mantener informados a todos los interesados. Busca asegurar que las necesidades de información del proyecto para sus interesados se satisfagan y se comuniquen adecuadamente.

El Plan de Gestión de las Comunicaciones debe establecer los medios efectivos que promuevan un intercambio eficaz de la información, tanto para comunicaciones informales como para formales.

4.6.2 Guía.

El director del proyecto es el encargado de desarrollar el Plan de Gestión de las Comunicaciones del proyecto.

Es sumamente importante contar con la lista completa de interesados del proyecto. Con sus respectivos roles bien claros, e identificar sus expectativas en relación con las comunicaciones del proyecto.

Normalmente, para proyectos del tipo de migraciones de software de aplicación, los interesados se distribuyen en dos subgrupos: la empresa, y el cliente final. Basado en esto, las estrategias de comunicación también se dividen en: los procesos de comunicación entre los miembros del equipo de trabajo, y los procesos de comunicación entre los miembros de la empresa y los representantes del cliente final.

Gran parte de los acuerdos hechos entre los interesados, con relación a las comunicaciones del proyecto, se definen en la minuta de reunión de inicio del proyecto.

4.6.3 Insumos.

Entre los insumos requeridos para la elaboración de este plan de gestión están: el Acta de Constitución del Proyecto, la minuta de la reunión de inicio del proyecto, y la matriz de requerimientos

4.6.4 Plan de Gestión de las Comunicaciones.

La siguiente tabla, corresponde a una recomendación de estructura de un Plan de Gestión de las Comunicaciones para un proyecto de migración de software de aplicación.

Tabla 32. Estructura del Plan de Gestión de las Comunicaciones.

Plan de Gestión de las Comunicaciones	
Enunciado	Descripción
Tipos de comunicación	<i>Se deben establecer los principales tipos de comunicación a gestionar y controlar durante la ejecución del proyecto. Es necesario que a cada tipo de comunicación se le asigne una persona responsable, la frecuencia, y especificar a quien va dirigido.</i>
Distribución de la información	<i>Especificar los medios que se utilizaran en el proyecto para distribuir la información que se genere.</i>
Formatos de reportes	<i>Se debe definir los diferentes formatos a emplear según el tipo de comunicación. Se recomienda emplear los formatos ya establecidos como estándares de la empresa. Sin embargo, estos deben ser informados a todos los interesados del proyecto, y al mismo tiempo debe darse un acuerdo mutuo entre las partes con respecto al uso de esos formatos. De no emplear los formatos estándares de la empresa, se deberá definir el nuevo formato, asignarle un responsable de su generación, definir un periodo de tiempo oportuno para presentar el nuevo formato, y registrar la aprobación de este, para habilitar su uso.</i>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el Plan de Gestión de las Comunicaciones para el Proyecto Caso de Estudio, elaborado durante la fase de planificación.

Tabla 33. Plan de Gestión de las Comunicaciones.

Plan de Gestión de las Comunicaciones	
Enunciado	Descripción
Tipos de comunicación	<i>Se desarrolló una matriz de comunicaciones en formato tabla que incluye el tipo de comunicación. Por cada tipo se le asignó los involucrados a quienes va dirigido, la frecuencia, el o los responsables, el propósito de la comunicación y los recursos que se necesitan para establecer la comunicación.</i>
Distribución de la información	<i>Según el acuerdo hecho entre los representantes del cliente final y la empresa, durante la reunión de inicio del proyecto, los métodos de comunicación a</i>

Plan de Gestión de las Comunicaciones	
Enunciado	Descripción
Formatos de reportes	<p>emplear son: correo electrónico y llamada telefónica. Referirse a la minuta de reunión para mayor detalle.</p> <p>Cada reunión que se deba coordinar, al final, se deberá generar un correo electrónico que contenga la minuta de acuerdos hechos.</p> <p>Para todas las comunicaciones se utilizarán los formatos estándar de la empresa, según lo acordado con el cliente final, durante la reunión de inicio del proyecto.</p> <p>El cliente final, también empleara sus formatos estándar para los documentos de entrada como especificaciones funcionales, listado de enclavamientos, requisitos a nivel gráfico, y documentación del código fuente.</p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla, corresponde a la matriz de comunicaciones para el Proyecto Caso de Estudio, donde se tabulan los principales tipos de comunicación a gestionar y controlar durante la ejecución del proyecto.

Tabla 34. *Matriz de comunicaciones.*

Tipo	Dirigido a	Frecuencia	Responsable	Propósito	Recursos
Inicio del proyecto	Administrador del departamento de ingeniería. Director del proyecto	Una vez	Ingeniero de ventas	Recepción de la orden de compra. Informar del inicio del proyecto	Reunión presencial. Presentación oficial.
Introducción del proyecto	Administrador del departamento de ingeniería. Líder técnico.	Una vez	Director del proyecto	Confirmar asignación del líder técnico. Realizar la introducción del proyecto. Preparación para la reunión inicial con el cliente final.	Reunión presencial. Presentación oficial.

Tipo	Dirigido a	Frecuencia	Responsable	Propósito	Recursos
Reunión de inicio del proyecto	Representantes del cliente final	Una vez al inicio del proyecto	Director del proyecto	Realizar primer contacto formal con el cliente final. Establecer los primeros acuerdos en relación con la gestión y ejecución del proyecto.	Reunión presencial. Uso de plantilla según el Plan de Gestión del Proyecto.
Entrega de entradas de referencia	Líder técnico. Director del proyecto	Durante la reunión de inicio del proyecto. Más insumos se pueden facilitar durante la ejecución del proyecto.	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Entregar el código fuente del PROVOX. Facilitar cualquier otro documento de especificaciones y requerimientos.	Documentos de texto con el código fuente, y versión digital. Documentos de texto sobre especificaciones y requerimientos.
Especificación funcional del software	Equipo de trabajo de la empresa.	Una vez en el tiempo definido en la reunión de inicio del proyecto.	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Establecer todos los lineamientos de funciones, operación e interacción que debe cumplir el nuevo software de aplicación.	Plantillas según estándares del departamento de automatización del cliente final.
Diseño conceptual del software	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Una vez, durante la presentación del demo. La fecha y duración según el acuerdo hecho en la reunión de inicio.	Líder técnico	Presentar el nuevo software de aplicación aplicado a un cierto porcentaje del alcance del proyecto, como medio de verificación del cumplimiento de las expectativas del cliente final.	Reunión presencial. Equipo de cómputo en dos estaciones operativas. Plataforma virtual del servidor del sistema para ejecutar el software de aplicación. Plantilla estándar de la empresa.
Protocolos de pruebas de aceptación del software	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Una vez, en el tiempo definido durante la reunión de inicio.	Líder técnico	Informar sobre el procedimiento a seguir.	Plantilla estándar de la empresa.

Tipo	Dirigido a	Frecuencia	Responsable	Propósito	Recursos
Entrega del nuevo software de aplicación operativo.	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Una vez finalizada la puesta en marcha del software en planta.	Líder técnico	Facilitar un respaldo del nuevo software de aplicación. Notificar sobre la liberación del nuevo software en el proceso productivo de la planta.	Versión digital del nuevo software. Plantilla estándar de la empresa para la notificación.
Reportes de progreso	Todos los involucrados.	La frecuencia corresponde a la acordada en la reunión de inicio.	Líder técnico	Informar sobre el avance de los trabajos.	Plantilla estándar de la empresa.
Consultas técnicas	Departamento de automatización área BPA, del cliente final.	Cuando se requiera.	Líder técnico	Solicitar aclaraciones sobre la funcionalidad actual del software de aplicación. Aspectos operativos de planta. Interpretación de código fuente.	Plantilla estándar de la empresa.
Solicitudes de cambio	Director del proyecto	Cuando se requiera	Equipo de trabajo. Representantes del cliente final.	Basado en mediciones de desempeño o requerimientos de ajuste del alcance del producto final, actualizar las líneas base del proyecto.	Ejecutar procedimiento de solicitudes de cambio según el Plan de Gestión de la Calidad.
Reuniones de control y seguimiento	Director del proyecto	Cuando se requiera	Líder técnico. Equipo de trabajo.	Una opción para dialogar entre miembros del equipo. Informar del avance del trabajo. Retroalimentar el estado de la gestión técnica. Analizar posibles riesgos.	Presencial. Presentación de documento de registro de avance de los trabajos.

Tipo	Dirigido a	Frecuencia	Responsable	Propósito	Recursos
Informes de desempeño del proyecto	Representantes del cliente final	Después de una evaluación de desempeño, y si se detecta una variación negativa significativa con respecto a las líneas base.	Director del proyecto	Informar a los representantes del cliente final, sobre la existencia de una variación negativa significativa, o la posibilidad de darse una variación de este tipo en el proyecto. Coordinar una reunión presencial para analizar el caso, y tomar las medidas necesarias basadas en mutuo acuerdo de las partes.	Reportes obtenidos del software Microsoft® Office Project, y plantillas estándar de la empresa.
Aceptación y cierre del proyecto	Administrador del departamento de ingeniería de la empresa. Representante principal por parte del cliente final.	Durante el proceso de cierre del proyecto	Director del proyecto	Aceptar el proyecto por el cliente final y el administrador del departamento de ingeniería de la empresa.	Firma del documento de cierre del proyecto.
Reunión de cierre	Líder técnico y resto de miembros del equipo de trabajo	Al final del proyecto	Director del proyecto	Comunicar el cierre, y registrar lecciones aprendidas.	Presencial.

Fuente: Elaboración propia.

4.7 Plan de Gestión de los Riesgos

4.7.1 Introducción.

El riesgo es un elemento que está presente en cualquier tipo de actividad; en la mayor parte de los casos no es posible establecer mecanismos para su completa eliminación, por lo que hace absolutamente imprescindible gestionarlo de forma adecuada.

La correcta identificación y evaluación de los riesgos se está convirtiendo en un elemento crucial en la gestión de las compañías.

Los riesgos son todos los elementos que generan incertidumbre, pueden afectar de manera negativa representando una amenaza o por el contrario representar una oportunidad de mejora, por tal motivo la empresa debe contar con el conocimiento para identificar los riesgos y aplicar de manera eficiente herramientas que permitan el actual de manera oportuna ante las amenazas o bien obtener el máximo provecho de las oportunidades.

4.7.2 Guía.

El director del proyecto, con apoyo del ingeniero líder técnico, es el responsable de elaborar el Plan de Gestión de los Riesgos.

El Plan debe facilitar la identificación de los riesgos y su respectiva caracterización. La planificación de la respuesta a los riesgos debe estar basada en la probabilidad e impacto que pueden presentar durante la ejecución del proyecto.

Se recomienda la participación de los involucrados claves en la identificación de riesgos para asegurar la máxima cantidad posible desde la fase de planificación del proyecto.

4.7.3 Insumos.

Se recomienda contar con todos los componentes del Plan de Gestión del Proyecto, pero principalmente la EDT, el cronograma del proyecto elaborado en el Microsoft® Office Project, y el Acta de Constitución del Proyecto.

4.7.4 Plan de Gestión de los Riesgos.

La siguiente tabla, corresponde a una recomendación de estructura de un Plan de Gestión de los Riesgos para un proyecto de migración de software de aplicación.

Tabla 35. Estructura del Plan de Gestión de los Riesgos.

Plan de Gestión de los Riesgos	
Enunciado	Descripción
Identificación de riesgos	<p><i>Para la identificación de los riesgos es importante contar con la participación de los involucrados claves del proyecto. También con personal con experiencia previa en proyectos de migración de software de aplicación.</i></p> <p><i>Es importante verificar los registros de lecciones aprendidas en la base de datos de la empresa.</i></p> <p><i>Un buen inicio en este proceso es el análisis de los supuestos y restricciones que han sido identificados y registrados en el Acta de Constitución del proyecto.</i></p> <p><i>Se recomienda tabular los riesgos identificados dándoles un código de identificación, una descripción y asignarle la causa correspondiente.</i></p> <p><i>Es importante que señalar aquellos riesgos que se enlazan con la línea base del alcance, a través de la estructura de desglose de trabajo.</i></p> <p><i>El formato de presentación de la información queda sujeta a criterio del director del proyecto.</i></p>
Estructura de desglose de riesgos (EDR)	<p><i>Diseñar una estructura de desglose de riesgos no es mandatorio para proyectos de migración de software de aplicación. Sin embargo, no deja de ser una buena herramienta para categorizar, basado en las causas comunes de riesgo.</i></p> <p><i>La implementación de la EDR queda sujeto a criterio del director del proyecto.</i></p>
Definiciones de la probabilidad e impactos	<p><i>Evaluar la probabilidad e impacto de los riesgos es parte del análisis cualitativo que se debe aplicar, para luego realizar la priorización de estos.</i></p> <p><i>La empresa ha desarrollado y estandarizado las escalas de probabilidad y de impacto, y por ende, existe una matriz de probabilidad x impacto ya establecida.</i></p>
Priorización de riesgos	<p><i>La priorización consiste en asignarle a cada riesgo un rango basado en el factor P x I (Probabilidad x Impacto).</i></p> <p><i>La empresa cuenta con una categorización de los rangos P x I, a través de grupos de color.</i></p> <p><i>Con la determinación de los rangos para cada riesgo identificado, es posible calcular el riesgo general del proyecto, el cual consiste en la sumatoria de todos los rangos. De igual forma, la empresa cuenta también con una escala de calificación del riesgo general para un proyecto.</i></p>
Plan de respuesta	<p><i>La planificación de las respuestas a los riesgos es el proceso de identificar las estrategias y acciones que permitan reducir la probabilidad y/o impacto de los riesgos.</i></p> <p><i>Se recomienda asignar, a cada riesgo, basado en su rango, una estrategia y acciones correctivas. Evaluar la posibilidad de identificar acciones de respaldo sobre las acciones preventivas e inclusive la incorporación de planes de contingencia. Es importante la asignación de uno o varios responsables de ejecutar las acciones.</i></p>
Solicitudes de cambio	<p><i>La implementación de las respuestas a los riesgos puede dar lugar a una</i></p>

Plan de Gestión de los Riesgos	
Enunciado	Descripción
Monitoreo de los riesgos	<p>solicitud de cambio en alguna de las líneas base.</p> <p>El procedimiento del control de las solicitudes de cambio debe estar definido en el Plan de Gestión de la Calidad del proyecto.</p> <p>Se debe especificar los mecanismos que se utilizarán para hacer seguimiento a los riesgos identificados y analizar la posibilidad de nuevos riesgos.</p> <p>Por lo general, para estos proyectos de migración, se utiliza la medición de desempeño del proyecto.</p>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el Plan de Gestión de los Riesgos para el Proyecto Caso de Estudio, elaborado durante la fase de planificación.

Tabla 36. *Plan de Gestión de los Riesgos.*

Plan de Gestión de los Riesgos	
Enunciado	Descripción
Identificación de riesgos	<p>Se coordinarán reuniones entre varios involucrados del proyecto para realizar la identificación de los riesgos.</p> <p>Se creará una tabla que incluya: la descripción de cada riesgo, su causa, un código identificador y su referencia a la EDT, si aplica.</p>
Estructura de desglose de riesgos (EDR)	<p>Se implementará una estructura de desglose de riesgos para categorizarlos.</p>
Definiciones de la probabilidad e impactos	<p>Se utilizarán las escalas de probabilidad y de impacto ya estandarizadas en la empresa.</p>
Priorización de riesgos	<p>A cada riesgo identificado se le asignará su correspondiente valor de probabilidad e impacto según las escalas, para luego calcular su respectivo valor de rango (PxI).</p> <p>Se utilizará el mismo formato de tabla aplicado durante la identificación de los riesgos, adicionando tres columnas para tabular los valores de probabilidad, impacto y rango.</p> <p>Se calculará el riesgo general del proyecto, sumando todos los rangos obtenidos, y se categorizará empleando la escala de calificación de riesgo general de la empresa.</p>

Plan de Gestión de los Riesgos	
Plan de respuesta	<p><i>La identificación de estrategias y acciones para dar respuesta a los riesgos identificados se harán en reuniones coordinadas con varios involucrados claves del proyecto.</i></p> <p><i>Se evaluará la posibilidad de aplicar acciones de respaldo y planes de contingencia.</i></p> <p><i>Se identificarán los responsables de esas acciones.</i></p> <p><i>Se determinarán los valores de probabilidad e impacto de los riesgos una vez aplicado el plan de respuesta, para determinar los nuevos valores de rango, para calcular el valor del riesgo general del proyecto post plan.</i></p> <p><i>Se desarrollará una tabla con el código identificador del riesgo y el valor de rango obtenido de la priorización, asignando las estrategias y acciones correctivas.</i></p>
Solicitudes de cambio	<p><i>Todas aquellas solicitudes de cambio que surjan de la implementación de las respuestas a los riesgos deberán pasar el debido procedimiento, establecido en el Plan de Gestión de la Calidad.</i></p>
Monitoreo de los riesgos	<p><i>Por medio de las evaluaciones de avance de trabajo, y las mediciones de desempeño a partir de la línea base de medición implementada en el Microsoft® Office Project, se realizará el monitoreo de los riesgos.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla, corresponde al registro de los riesgos identificados para el Proyecto Caso de Estudio, durante su fase de planificación.

A cada riesgo se le asigna un código identificador del tipo alfanumérico, en el cual los dos primeros caracteres corresponden a la categoría de riesgos, por ejemplo: RA indica que el riesgo pertenece a la categoría de riesgo administrativo o de gestión; RT es para el grupo de riesgos técnicos, RO es el grupo de riesgos organizacionales, y RE para los riesgos externos.

Tabla 37. Registro de riesgos del proyecto.

Código	Causa	Descripción del riesgo	Referencia	EDT
RA001	El departamento de ventas de ingeniería realizó la estimación de tiempos con un modelo de cálculo diferente a la naturaleza de este proyecto.	Si el tiempo de finalización de las actividades de programación del nuevo software de aplicación está por encima de la estimación de ventas, habrá un impacto negativo, tanto en el costo como en el cronograma del proyecto.	No aplica	
RE001	En anteriores proyectos, el cliente no ha respondido a consultas realizadas.	Si las consultas que se realizan al cliente no son atendidas a tiempo, se puede producir retrasos en la implementación del software de aplicación, y por ende, en el cronograma del proyecto.	No aplica	2.4.1 2.4.2 2.4.3 2.4.4
RT001	Para las pruebas de aceptación del software en la empresa (FAT), personal del departamento de operaciones no participará.	Si durante el comisionamiento y puesta en marcha del software, los supervisores de producción y operadores solicitan cambios en la interfaz gráfica, debido a que no participaron en las pruebas FAT, puede ocasionar cambios significativos del alcance inicial, que atrasan la fecha de culminación de la puesta en marcha y entrega total del proyecto.	Minuta de reunión de inicio del proyecto.	2.6.1 3.6
RO001	La mitad de los recursos humanos disponibles a demanda tienen poca experiencia.	Si la curva de aprendizaje es muy larga debido a la poca experiencia de la mitad de los recursos disponibles para el proyecto, puede afectar el cumplimiento oportuno en tiempo de las actividades, así como la calidad de los entregables.	Minuta de reunión inicial (correo electrónico) del equipo de trabajo.	
RE002	El cliente está realizando mejoras para optimizar la eficiencia en la producción.	Si la información sobre requerimientos en el nuevo sistema de control para adaptarlo a las mejoras que el cliente está haciendo en su proceso productivo, es deficiente, podría implicar un impacto directamente en el tiempo, costo y alcance del proyecto.	Minuta de reunión de inicio del proyecto.	2.1 2.4
RT002	Las modificaciones realizadas sobre el código fuente actual no están debidamente documentadas.	La interpretación del código fuente actual podría ser compleja, afectando negativamente el proyecto y el calendario.	Minuta de reunión de inicio del proyecto.	2.1.1

Código	Causa	Descripción del riesgo	Referencia	EDT
RE003	El nuevo grupo de operadores asignado al control del área de BPA no tiene suficiente experiencia, ni en la filosofía de control del proceso productivo, ni en el uso del software de aplicación en DeltaV.	Si el nivel de competencia de los usuarios claves del nuevo software no es la adecuada, puede impactar negativamente la puesta en marcha, y por ende, el cumplimiento de la fecha de finalización del proyecto.	No aplica	
RO002	Los recursos humanos están disponibles a demanda durante el proyecto.	Si no se realiza la adecuada asignación de los recursos humanos durante la ejecución del proyecto, puede afectar negativamente el cronograma.	No aplica	
RE004	La fecha de paro de la planta establecida en el cronograma no es asegurada por el cliente.	Si hay un atraso en la fecha de paro de la planta debido a un requerimiento especial del departamento de producción, implicaría un atraso en el comisionamiento y puesta en marcha del nuevo software, y por ende en el cronograma del proyecto.	No aplica	3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8
RA002	El departamento de ventas de ingeniería realizó la estimación de tiempos con un modelo de cálculo diferente a la naturaleza de este proyecto.	Si el tiempo de finalización de las actividades de programación del nuevo software de aplicación está por debajo de la estimación de ventas, habrá un impacto positivo, tanto en el costo como en el cronograma del proyecto.	No aplica	
RA003	El Acta de Constitución del proyecto, no establece el riesgo aceptable que ha definido la empresa.	Si no se establece claramente el apetito del riesgo ni los umbrales adecuados de las actividades, pueden impactar negativamente en el costo, tiempo, calidad y alcance del proyecto.	Acta de Constitución del proyecto.	

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura corresponde a la estructura de desglose de riesgos (EDR), hecha durante la planificación del Proyecto Caso de Estudio, con el objetivo de categorizar los riesgos identificados.

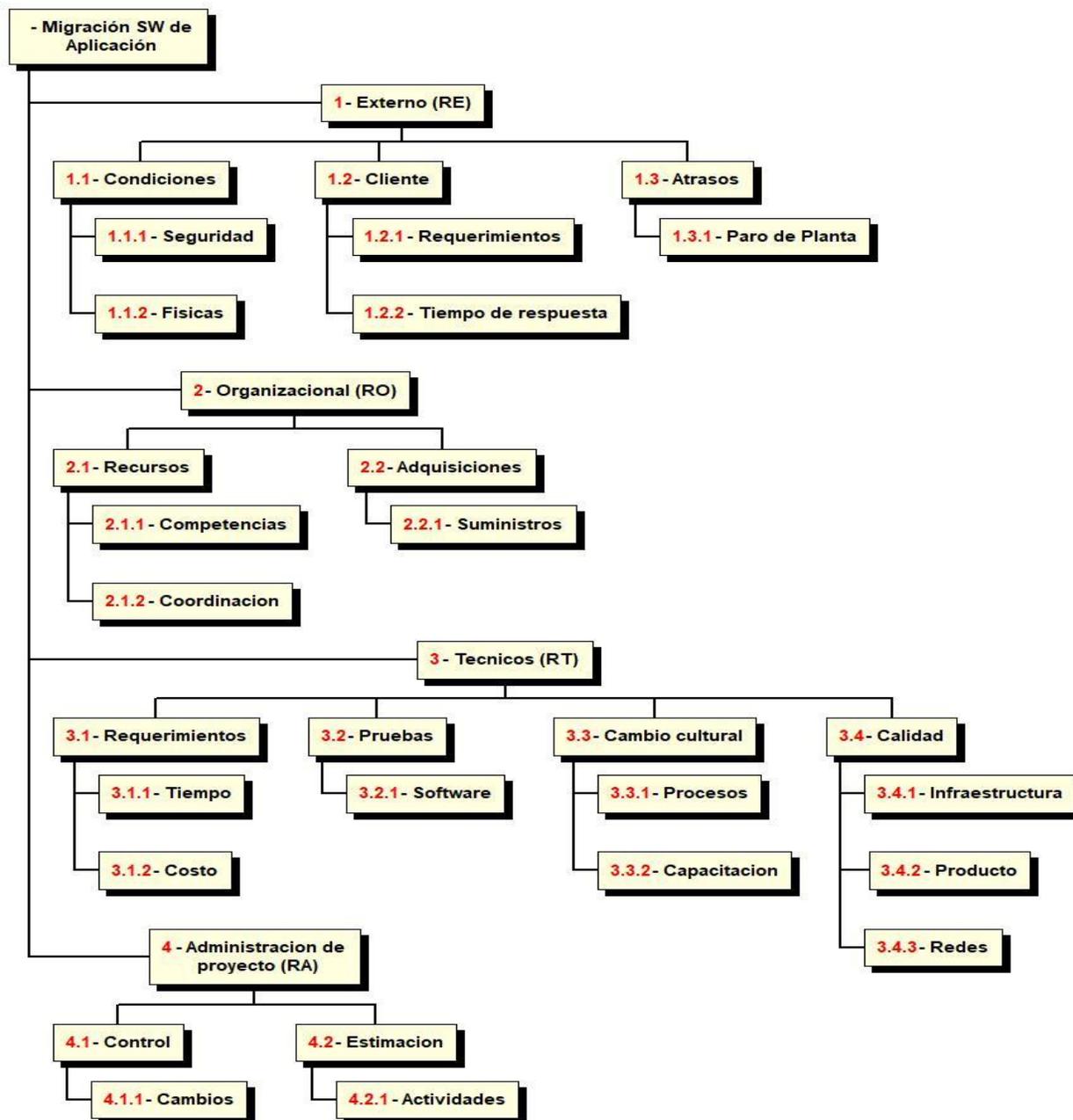


Figura 7. Estructura de desglose de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se definen las escalas de probabilidad e impacto, empleadas para la priorización de los riesgos identificados.

Tabla 38. *Escala de Probabilidad.*

Escala de Probabilidad	
Muy Probable	0.9
Bastante Probable	0.7
Probable	0.5
Poco Probable	0.3
Muy Poco Probable	0.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. *Escala de Impacto.*

Escala de Impacto	
Muy Alto	0.8
Alto	0.4
Moderado	0.2
Bajo	0.1
Muy Bajo	0.05

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla describe la evaluación del impacto de un riesgo sobre los cuatro objetivos principales del proyecto: costo, cronograma, alcance y la calidad.

Tabla 40. *Evaluación del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto.*

Objetivo del proyecto	Muy Bajo 0.05	Bajo 0.1	Moderado 0.2	Alto 0.4	Muy Alto 0.8
Costo	Insignificante incremento del costo	Incremento del costo < 5%	Incremento del costo entre el 5 – 10%	Incremento del costo entre el 10 – 20%	Incremento del costo > 20%
Cronograma	Insignificante variación del cronograma	Variación del cronograma < 5%	Desviación general del proyecto 5 – 10%	Desviación general del proyecto 10 – 20%	Desviación general del proyecto > 20%
Alcance	Reducción del alcance apenas perceptible	Áreas menores del alcance son afectadas	Áreas mayores del alcance son afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el cliente	El producto final del proyecto es inservible
Calidad	Degradación de la calidad apenas perceptible	Solo aplicaciones muy específicas son afectadas	La reducción de la calidad demanda la aprobación del cliente	Reducción de la calidad inaceptable para el cliente	El producto final del proyecto es inservible

Fuente: Elaboración propia.

La combinación de las escalas de probabilidad y de impacto permitió obtener la matriz PxI, que se representa en la siguiente tabla, la cual permite determinar para riesgo el valor de rango, con el que califican los riesgos.

Tabla 41. *Matriz de probabilidad x impacto.*

Impacto Probabilidad	Muy Bajo 0.05	Bajo 0.1	Moderado 0.2	Alto 0.4	Muy Alto 0.8
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
0.5	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08

Fuente: Elaboración propia.

Los colores son para categorizar el riesgo: verde implica riesgo bajo, amarillo implica un riesgo moderado, y el color rojo implica un riesgo alto. De esta manera, a cada riesgo se le asignó un valor de probabilidad y un valor de impacto, ambos datos se multiplicaron y se obtuvo un valor de rango, a partir del cual, y con el color asignado, se logró categorizar los riesgos del proyecto. La siguiente tabla corresponde a la priorización de los riesgos del Proyecto Caso de Estudio, hecha durante la planificación y análisis de riesgos del proyecto.

Tabla 42. *Registro de riesgos (priorización).*

Código	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Rango
RA001	Si el tiempo de finalización de las actividades de programación del nuevo software de aplicación está por encima de la estimación de ventas, habrá un impacto negativo, tanto en el costo como en el cronograma del proyecto.	0.7	0.8	0.56
RE001	Si las consultas que se realizan al cliente no son atendidas a tiempo, se puede producir retrasos en la implementación del software de aplicación, y por ende, en el cronograma del proyecto.	0.7	0.8	0.56
RT001	Si durante el comisionamiento y puesta en marcha	0.5	0.8	0.40

Código	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Rango
	del software, los supervisores de producción y operadores solicitan cambios en la interfaz gráfica, debido a que no participaron en las pruebas FAT, puede ocasionar cambios significativos del alcance inicial, que atrasan la fecha de culminación de la puesta en marcha y entrega total del proyecto.			
RO001	Si la curva de aprendizaje es muy larga debido a la poca experiencia de la mitad de los recursos disponibles para el proyecto, puede afectar el cumplimiento oportuno en tiempo de las actividades, así como la calidad de los entregables.	0.5	0.4	0.20
RE002	Si la información sobre requerimientos en el nuevo sistema de control para adaptarlo a las mejoras que el cliente está haciendo en su proceso productivo, es deficiente, podría implicar un impacto directamente en el tiempo, costo y alcance del proyecto.	0.5	0.4	0.20
RT002	La interpretación del código fuente actual podría ser compleja, afectando negativamente el proyecto y el calendario.	0.5	0.4	0.20
RE003	Si el nivel de competencia de los usuarios claves del nuevo software no es la adecuada, puede impactar negativamente la puesta en marcha, y por ende, el cumplimiento de la fecha de finalización del proyecto.	0.3	0.4	0.12
RO002	Si no se realiza la adecuada asignación de los recursos humanos durante la ejecución del proyecto, puede afectar negativamente el cronograma.	0.3	0.4	0.12
RE004	Si hay un atraso en la fecha de paro de la planta debido a un requerimiento especial del departamento de producción, implicaría un atraso en el comisionamiento y puesta en marcha del nuevo software, y por ende en el cronograma del proyecto.	0.5	0.1	0.05
RA002	Si el tiempo de finalización de las actividades de programación del nuevo software de aplicación está por debajo de la estimación de ventas, habrá un impacto positivo, tanto en el costo como en el cronograma del proyecto.	0.1	0.4	0.04
RA003	Si no se establece claramente el apetito del riesgo ni los umbrales adecuados de las actividades, pueden impactar negativamente en el costo, tiempo, calidad y alcance del proyecto.	0.1	0.05	0.01
RIESGO GENERAL DEL PROYECTO: ALTO				0.22

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, los riesgos fueron ordenados de forma descendente de tal manera que los riesgos altos se ubican en la parte superior de la tabla, para bajar hasta los riesgos bajos, obteniendo la lista de riesgos priorizados.

Una vez completada la priorización de los riesgos, se procedió con el cálculo del riesgo general del proyecto, el cual se obtiene sumando todos los rangos de los riesgos identificados y luego dividiendo el resultado por la cantidad de riesgos, es decir, se calculó el promedio general de los rangos.

Para calificar el riesgo general del proyecto, se empleó la siguiente escala.

Tabla 43. *Escala de calificación del riesgo general del proyecto.*

Escala de calificación del riesgo general del proyecto	
Alto	0.99 – 0.18
Moderado	0.17 – 0.05
Bajo	0.04 – 0.01

Fuente: Elaboración propia

A partir de la escala anterior, se determinó que el riesgo general del Proyecto Caso de Estudio es “Alto”.

Con los riesgos priorizados, se procede con la elaboración del plan de respuesta a los riesgos. Este proceso incluye la identificación de la estrategia a aplicar sobre el riesgo, así como las acciones preventivas y de respaldo. Se ha evaluado la posibilidad de emplear planes de contingencia.

La siguiente tabla corresponde al plan de respuesta a los riesgos para el Proyecto Caso de Estudio. Por aspectos de acomodo de la información, la tabla incluye solo el código del riesgo para identificarlo y el rango calculado. A partir de estos datos se establecen las respuestas.

Una vez hecho el plan de respuesta, se determinan los nuevos valores de probabilidad e impacto de los riesgos después de aplicado el plan, y de esta manera determinar el nuevo riesgo general del proyecto post plan de respuesta a los riesgos.

Para el Proyecto Caso de Estudio, el riesgo general pasó de alto a una calificación de moderado, aplicando el plan.

Tabla 44. *Plan de respuesta a los riesgos.*

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
RA001	0.56	Mitigar	Los ingenieros de perfil “senior” realizarán un estudio más detallado del alcance, previo al inicio de la implementación, para determinar la desviación real con respecto a la estimación. Si la desviación es muy significativa, el director del proyecto deberá gestionar la solicitud de trabajar con contratistas, donde el costo por hora de ingeniero es mucho más barato, de esta forma puede incluir más recursos sin afectar el presupuesto del proyecto.	De no poder adquirir contratistas, tendrá que asignar más recursos de la empresa, para cubrir el alcance, pero asumiendo el costo.				Tiempo real de actividad mayor que el tiempo estimado + 25% de este tiempo	Director del proyecto	0.7	0.2	0.14
RE001	0.56	Mitigar	Se programarán con suficiente tiempo reuniones bajo el protocolo de sesiones					Luego de dos intentos de solicitud de respuesta y no	Líder técnico	0.3	0.8	0.24

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
			remotas por internet entre representantes del cliente y miembros del equipo de trabajo de la empresa, para mostrar avances en los trabajos y tratar consultas que hasta la fecha se han generado. Se pretende que estas sesiones sean al menos cada dos semanas. Si en la primera solicitud al cliente no hay respuesta, se iniciará el proceso de escalamiento con nuestro gerente.					obtener respuesta por parte del cliente.				
RT001	0.40	Mitigar	De parte del cliente, el responsable del proyecto coordinará con el departamento de operaciones, para establecer horarios en los cuales, los operadores pueden conocer e interactuar con el software que		Incluir más recursos durante la puesta en marcha para cubrir las actividades de cambios sobre la interfaz gráfica, lo que	0 h	\$300.00	Personal de operaciones, por algún motivo no logra acceder a la base de datos para revisar el avance del software	Departamento de operaciones. Líder técnico	0.1	0.8	0.08

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
			<p>se va desarrollando, previo a la fecha de las pruebas FAT de software. Por tanto, de parte de la empresa, el líder técnico coordinará con el departamento de TI de la empresa, para habilitar cuentas y sesiones especiales de ingreso a los servidores virtuales con el ambiente de desarrollo y pruebas del software, para que, a través de ellas, los operadores vean el trabajo que se está realizando, y compartan sus observaciones durante el desarrollo. De esta forma, durante la puesta en marcha, el departamento de operaciones no tendría la necesidad de solicitar cambios</p>		<p>implica un costo adicional que debe asumir el cliente, y quien está de acuerdo con ello.</p>							

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
RO001	0.20	Mitigar	de última hora. El líder técnico junto a los recursos de perfil “senior”, se coordinarán para implementar tareas de “mentoring” que permitan dar formación a los recursos de menor experiencia, mientras desarrollan su trabajo, con el objetivo de reducir la curva de aprendizaje y garantizar la calidad de los entregables		Se adicionarán horas extras para que el personal de mayor experiencia asuma la continuidad del proyecto. Los recursos que asimilaron la capacitación adecuadamente se mantendrán	36 h	\$1000.00	El % de avance en las actividades asignadas a los recursos de menor experiencia, es menor en un 25% con respecto al tiempo consumido al momento de la revisión.	Líder técnico	0.3	0.4	0.12
RE002	0.20	Mitigar	El cliente se compromete a trabajar, junto al líder técnico, en las especificaciones técnicas para el software de aplicación, para que cubra lo necesario según las mejoras en el sistema productivo. Se estima que la fecha máxima de	Llegando a la fecha estimada de inicio de las pruebas de aceptación del software (FAT), y considerando la lista de ajustes necesarios para incorporar en el software para cubrir las				Primera versión de la documentación de requisitos enviada por el cliente es muy ambigua, poco detallada, y no contempla las mejoras del proceso productivo.	Líder técnico Departamento de automatización del cliente	0.1	0.1	0.01

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
			finalización de esta documentación debe ser justo cuando el tiempo para el desarrollo del software ha consumido un 30%, para garantizar incluir los ajustes al software y no afectar el cronograma del proyecto	mejoras en el proceso productivo, el cliente estaría de acuerdo en mover la fecha de las FAT, siempre y cuando este tiempo no sea más de dos semanas. Si se supera este tiempo, pondría en riesgo el inicio de la puesta en marcha del proyecto								
RT002	0.20	Mitigar	Realizar un estudio completo de las posibles incompatibilidades que se pueden presentar y el plan de respuesta inmediato para responder al requerimiento		Involucrar un ingeniero de perfil "senior" con mucha experiencia en el mismo código fuente del cliente para apoyar en las modificaciones encontradas	12 h	\$650.00	Modificaciones encontradas en el código fuente sin documentación apropiada, y que no fueron contempladas durante la labor de venta.	Líder técnico	0.5	0.4	0.20

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
RE003	0.12	Mitigar	Coordinar con el cliente para promover la capacitación previa de los operadores nuevos, con respecto al proceso productivo y al uso de las plataformas de control industrial	El cliente se compromete a asignar, durante la puesta en marcha del software, a operadores con experiencia, quienes después tendrán la responsabilidad de formar al resto de sus compañeros, según se requiera				Departamento de operaciones del cliente ha asignado para el uso del nuevo software de aplicación a un cierto número de operadores nuevos	Departamento de operaciones. Director del proyecto	0.3	0.2	0.06
RO002	0.12	Mitigar	Los recursos humanos para el proyecto serán identificados y reservados, sin embargo mientras esperan ser asignados al proyecto, realizarán otras actividades dentro de la empresa, para lo cual se deberá		Emplear recursos humanos en su modalidad de contratistas	0h	\$4000.00	Los recursos humanos reservados para el proyecto están realizando otras actividades en otros proyectos y su transferencia no será	Director del proyecto. Administrador del departamento de ingeniería de la empresa. Supervisores de los recursos	0.1	0.4	0.04

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
			implementar un plan de monitoreo de horas y asignaciones para garantizar que, en el momento de ser requeridos en el proyecto, puedan ser transferidos inmediatamente sin afectar las actividades que estaban realizando					inmediata				
RE004	0.05	Mitigar	Confirmar con el cliente la fecha de paro de la planta, con el fin de evitar atrasos en el comisionamiento y puesta en marcha del software de aplicación		Una vez que se realice el paro de la planta en fecha no prevista, asignar tiempo extra para realizar la instalación, y así minimizar el impacto en el cronograma	16 h	\$320.00	No confirmación de la fecha de paro programado de planta	Director del proyecto	0.3	0.1	0.03
RA002	0.04	Aceptar	Aprovechar al máximo la oportunidad de reducción de tiempo del proyecto, invirtiendo ese					Estimación final de las duraciones de las actividades, menor que lo determinado	Director del proyecto	0.1	0.4	0.04

Código	Rango	Estrategia	Acciones preventivas	Respaldos	Plan Contingencia	Reserva T(h)	Reserva \$	Disparador	Responsable	Probabilidad post-plan	Impacto post-plan	Rango post-plan
			tiempo en otras actividades que lo requieran, para terminar el proyecto antes del plazo acordado.					durante la etapa de venta				
RA003	0.01	Mitigar	Ajustar el Acta de Constitución para definir el nivel de riesgo máximo aceptable para el proyecto					Acta de Constitución sin datos sobre riesgo aceptable	Director del proyecto	0.1	0.05	0.01
Riesgo General	0.23			Total de reservas para contingencias:	64	\$6,270.00	Riesgo general del proyecto post plan	Moderado			0.09	

Fuente: Elaboración propia

4.8 Plan de Gestión de las Adquisiciones

4.8.1 Introducción.

El Plan de Gestión de las Adquisiciones establece los procesos y procedimientos necesarios para identificar los recursos y productos que se deben adquirir, ya sea internamente en la empresa, o bien externamente. También establece las actividades que se deben cumplir para garantizar que el proyecto obtenga de manera oportuna los bienes y servicios necesarios para el seguimiento y cumplimiento de los objetivos planteados.

4.8.2 Guía.

La empresa cuenta con la exclusividad de venta y distribución de la principal marca del sistema de control distribuido con el cual se desarrollan nuestros proyectos de automatización.

La empresa tiene un departamento de adquisiciones encargado de gestionar las compras de producto tanto de software como de hardware. Maneja los contratos con los clientes finales y con los proveedores de productos y/o servicios.

El director del proyecto debe estar siempre en contacto y con relación directa con el representante del departamento de adquisiciones asignado al proyecto.

Una vez que la orden de compra es recibida, el vendedor contactará al supervisor del departamento de adquisiciones para nombrar un representante, y entregará la información generada durante la labor de venta, la orden de compra y el Acta de Constitución del proyecto.

Los datos que el representante del departamento de adquisiciones genera para preparar las adquisiciones necesarias, los tiene que actualizar, cuando el director del proyecto ha finalizado la planificación del proyecto. En este momento, la planificación del proyecto y la gestión de las adquisiciones se enlazan para iniciar sus procesos durante la ejecución del proyecto.

Para proyectos de migración de software de aplicación, es muy normal que, las adquisiciones se limitan a la compra del software de desarrollo y base de datos del sistema de control distribuido, así como de las licencias que soportan el software de aplicación.

4.8.3 Insumos.

El director del proyecto debe establecer un Plan de Gestión de las Adquisiciones que luego será enlazado con los procedimientos del departamento de adquisiciones de la empresa.

Para elaborar este plan es necesario el Acta de Constitución del proyecto, la minuta de reunión de inicio del proyecto, la matriz de requerimientos de los involucrados, y el cronograma del proyecto.

4.8.4 Plan de Gestión de las Adquisiciones.

A continuación, se desarrollará el Plan de Gestión de las Adquisiciones para un proyecto de migración de software de aplicación, en el cual la información contenida está relacionada con la planificación del Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 45. *Plan de Gestión de Adquisiciones.*

Artículo o servicio	Justificación	Descripción o criterio de éxito	Cantidad	Necesidad para	Tipo de compra	Restricción	Inicio de compra	Costo Aprox.
Licencias del software	El cliente final en su planta tiene instalado el software del sistema de control distribuido, sin embargo para poder importar el nuevo	Una licencia para 200 señales de entrada analógica. Una licencia para 100 señales de salida analógica. Una licencia para 1500	4	6 de julio 2020	Directa	No presenta	8 de junio 2020	\$28000.00

Artículo o servicio	Justificación	Descripción o criterio de éxito	Cantidad	Necesidad para	Tipo de compra	Restricción	Inicio de compra	Costo Aprox.
Ingeniero programador	software de aplicación, es necesario actualizar la versión instalada en planta con las nuevas licencias. En caso de presentarse algún inconveniente con la asignación de recursos humanos durante la ejecución del proyecto. Para cubrir alguna asignación en caso de que algún miembro del equipo deba dejar el proyecto por un imprevisto	señales de entrada discreta. Una licencia de 200 señales de salida discreta. El ingeniero programador debe conocer muy bien el lenguaje de programación. Deberá ser capaz de adaptarse a los lineamientos de ejecución. Deberá cumplir con los requisitos de calidad del trabajo y las fechas de entrega.	1	El inicio de la implementación del software. Fecha estimada 2 de marzo 2020	Compra de servicio	Horario de 6am a 4pm, de lunes a viernes.	24 de febrero 2020	\$4000.00

Fuente: Elaboración propia.

Basado en los artículos identificados en el Plan de Gestión de las Adquisiciones, se identificaron los tipos de contratos que aplican para el Proyecto Caso de Estudio.

Tabla 46. *Tipos de contrato.*

Artículo o servicio	Tipo de contrato	Descripción del tipo de contrato
Licencias del software	Contrato por precio fijo del tipo FFP (precio fijo cerrado)	Se refiere al tipo de contrato en donde, por un alcance definido, se tiene un monto unitario y/o global establecido. Este tipo de contrato permite proyectar los costos para el evento, de acuerdo con las solicitudes inicialmente pactadas.
Ingeniero programador	Contrato por precio fijo del tipo FFP (precio fijo cerrado)	Se refiere al tipo de contrato en donde, por un alcance definido, se tiene un monto unitario y/o global establecido. Este tipo de contrato permite proyectar los costos para el evento, de acuerdo con las solicitudes inicialmente pactadas.

Fuente: Elaboración propia.

4.8.5 Aclaraciones de los precios.

La oferta comercial de la empresa está basada en las siguientes clarificaciones y suposiciones, considerando la naturaleza del Proyecto Caso de Estudio:

1. Los cambios en el Plan de Gestión del Proyecto pueden derivar en un impacto comercial y/o en la programación. Cualquier retraso en el aprovisionamiento de información suministrada por el cliente a la empresa podría tener como consecuencia un subsecuente atraso en cualquier tarea programada, en este caso, la empresa no tendría ninguna responsabilidad en dicho atraso.
2. Los costes de viaje y estancia del cliente a las oficinas de la empresa serán asumidos exclusivamente por el contratista.
3. Cualquier facturación será por el trabajo realizado y costes incurridos en la realización de los trabajos.

4.8.6 Procedimiento de modificación.

Con la recepción de una solicitud de cambio por parte del cliente, la empresa presentará un anota de cambio apropiada dentro de un plazo razonable posterior a la recepción de la solicitud, detallando cualquier impacto técnico, comercial, y/o de entrega sobre el cronograma del proyecto.

En la revisión por parte del cliente, la empresa solicitará una confirmación y una modificación de la orden de compra en la que se acepte el acuerdo mutuo de las modificaciones y ajustes de entrega. La empresa seguirá adelante con el trabajo de modificación tras la recepción y aceptación de la modificación formal de la orden de compra asociada al cambio solicitado.

Los impedimentos en el horario y el impacto comercial asociados a demoras en la resolución de las cuestiones de una orden de cambio serán responsabilidad del cliente.

4.8.7 Hitos de pago.

La remuneración a la empresa por los materiales y servicios ofertados se realizará de acuerdo con los siguientes hitos de pago.

Tabla 47. *Hitos de pago.*

Hito	Descripción	Porcentaje de pago
1	Adjudicación del contrato	15%
2	Finalización del prototipo	30%
3	Finalización pruebas FAT de software	45%
4	Finalización de la puesta en marcha o seis meses después de la entrega de todo el material	10%

Fuente: Elaboración propia

4.9 Plan de Gestión de los Interesados

4.9.1 Introducción.

Este plan permite identificar las estrategias de gestión necesarias para involucrar a los interesados de manera eficaz en el proyecto. Por tanto, es sumamente importante analizar sus necesidades, intereses e impacto potencial en el éxito del proyecto.

4.9.2 Guía.

El director del proyecto es el responsable de elaborar el Plan de Gestión de los Interesados, sin embargo, se recomienda emplear el apoyo del líder técnico, tanto para la identificación de los interesados, como de las estrategias de gestión.

En proyectos de migración de software de aplicación, los interesados prácticamente se dividen en dos grupos importantes: el cliente, que adquiere el servicio o producto final, y la empresa, en especial el equipo de trabajo, que realiza los trabajos necesarios para generar este producto final. Considerando lo anterior, la identificación de involucrados se enfoca principalmente en los diferentes interesados, directos e indirectos al proyecto, que representan diferentes departamentos de la estructura organizacional de la compañía del cliente. En prácticamente todos los proyectos de esta naturaleza, es el departamento de proyectos o ingeniería el responsable de poner en marcha iniciativas de este tipo, para cumplir con uno o varios objetivos estratégicos que la compañía del cliente requiere cumplir para mejorar su situación actual. Es el departamento de proyectos, quien solicita a la empresa una propuesta de solución a los requerimientos y una cotización formal, para evaluar y decidir si realizan el proyecto con la empresa.

En estos proyectos, aunque el departamento de proyectos se define como el cliente del proyecto, en la realidad existe un interesado o grupo de interesados, que también forman parte de la

compañía del cliente, que se identifican apropiadamente como el cliente final, este es el departamento de operaciones. Este grupo de interesados son los que realmente utilizarán el producto final. Su trabajo está ligado a la funcionalidad del producto final. Por esta razón, es muy importante identificarlos y revisar detalladamente sus necesidades particulares sobre el proyecto.

La reunión de inicio del proyecto le permitirá al director del proyecto, identificar a los primeros interesados del proyecto, sin embargo, deberá tener presente que en la reunión no todos los posibles interesados estén presentes, y esto obligará a coordinar posteriores visitas y reuniones, para conocerlos y analizar sus intereses. La matriz de requerimientos es una herramienta importante, no solo para identificar involucrados, sino también para registrar las necesidades particulares de ellos.

4.9.3 Insumos.

Para la elaboración del Plan de Gestión de los Interesados, es importante contar con la minuta de la reunión de inicio del proyecto, la matriz de requerimientos, el Acta de Constitución del Proyecto, la orden de compra y las primeras versiones de documentos de referencia sobre requerimientos y especificaciones técnicas facilitadas por el departamento de proyectos del cliente.

4.9.4 Plan de Gestión de los Interesados.

A continuación, se desarrollará el Plan de Gestión de los Involucrados para un proyecto de migración de software de aplicación, en el cual la información contenida está relacionada con la planificación del Proyecto Caso de Estudio.

La primera etapa del plan implicaba la identificación de los involucrados, sus intereses y su enfoque con respecto al proyecto. El resultado se muestra en la siguiente tabla correspondiente a una matriz de involucrados.

Tabla 48. *Matriz de involucrados del proyecto.*

Involucrados	Intereses	Enfoque del problema	Recursos y mandatos
Jefe de proyectos de la planta	Modernizar el sistema de control distribuido del proceso productivo.	Costos elevados en repuestos y en servicios de mantenimiento.	Dinero (presupuesto para el proyecto y reserva de contingencia)
Jefe de automatización del área BPA	Software de aplicación que permita un monitoreo y control eficientes del proceso productivo.	Las opciones de control del software actual son muy limitadas. La implementación de estrategias es muy complicada y requiere de mucho tiempo. La incompatibilidad entre la interfaz gráfica y las nuevas versiones de sistemas operativos generan que los sistemas de cómputo de la red de control se quedan sin soporte técnico, ni permiten las actualizaciones de pantallas.	Base de datos de la plataforma existente para la instalación del nuevo software de aplicación. Equipo de cómputo necesario para ampliar la red de control. Hardware para ampliar la arquitectura actual del sistema de control distribuido. Aprueba la funcionalidad requerida del nuevo software de aplicación.
Ingeniero asistente de automatización del área de BPA	Software de aplicación documentado, flexible a cambios y de fácil mantenimiento.	Un ajuste o cambio en el software de aplicación implica un paro temporal del proceso productivo.	Documentos sobre narrativas de control, matrices de enclavamientos, código fuente actual, especificaciones funcionales, y listados de señales.
Jefe de operaciones en el área de BPA	Acceso sin restricciones a la información que se produce en el piso de planta. Capacitación en el manejo de la nueva interfaz gráfica que	El registro de la información producida en el piso, no se realiza de forma automática ni en los momentos más apropiados de los turnos de trabajo.	Documentación relacionada con la recopilación de datos durante los turnos de fabricación. Documentos sobre el manejo apropiado de

Involucrados	Intereses	Enfoque del problema	Recursos y mandatos
Operadores del proceso de BPA de la planta	interacciona con el nuevo software de aplicación. Interfaz gráfica de fácil navegación, con representación exacta del proceso productivo. Capacitarse en nuevas plataformas de control industrial. Mejorar sus tiempos de respuesta ante eventos en el proceso productivo.	La información del proceso productivo que se monitorea y controla desde una pantalla de operación es muy limitada	alarmas de sistema y de proceso. Aprueba la funcionalidad de la nueva interfaz gráfica. Conocimiento en la operación actual del software de aplicación sobre el proceso productivo. Recurso humano para la puesta en marcha del nuevo software.
Instrumentistas y técnicos del área de BPA	Optimizar el cableado de señales de campo.	La sustitución, intercambio, incorporación y eliminación de señales de campo es muy poco flexible con la actual plataforma de control.	Documentación relacionada con planos de cableado, arquitectura de red de control, cabinas de control y distribución de equipos en planta. Recurso humano para la fase de comisionamiento durante la puesta en marcha.

Fuente: Elaboración propia.

4.9.5 Estrategias de gestión de los involucrados.

Para lograr la participación eficaz de los involucrados en las decisiones y en la ejecución del proyecto, se definieron las siguientes estrategias para gestionar su involucramiento:

- a. *Desarrollar comunicación continua y efectiva con todos los involucrados:* Parte de los acuerdos tomados durante la reunión de inicio del proyecto fue la definición de los métodos de comunicación más apropiados para todos los involucrados, con formatos y medios accesibles para todos. La matriz de las comunicaciones, componente del Plan de

Gestión de las Comunicaciones, establece en detalle los métodos de comunicación que se deben aplicar para garantizar que la información es recibida por todos, y al mismo tiempo, es de entendimiento para todos. Entre los métodos de comunicación más relevantes están: los reportes de avance y las consultas técnicas.

- b. *Establecer reuniones de seguimiento del proyecto:* De carácter más administrativo, pero sumamente importante para informar, analizar y evaluar el desempeño general del proyecto. Se utilizarán los formatos y la información previamente acordados durante la reunión de inicio, para presentar durante estas sesiones. Las reuniones pueden ser presenciales, o bien por el uso de plataformas virtuales en caso de circunstancias especiales. A través de estas reuniones, es posible generar las solicitudes de cambio, así como su valoración y posible acuerdo de implementación del cambio.
- c. *Demostraciones presenciales del avance del producto final:* Con esta estrategia se busca que los interesados conozcan, interactúen, prueben, y tomen decisiones, sobre el avance de los trabajos, y en especial, sobre porcentajes de trabajo terminado. El objetivo es determinar antes de hacer la entrega final del producto, si éste va cumpliendo con los requerimientos de los involucrados. Para implementar esta estrategia se ha coordinado la demostración de un prototipo, y el desarrollo de las pruebas de aceptación del software (FAT). También se valorará con el departamento de TI de la empresa, la viabilidad de generar accesos remotos a personal exclusivo del cliente, para que pueda acceder a la base de datos de desarrollo del software, para revisar el avance de los trabajos de configuración.

4.9.6 Acciones de monitoreo del involucramiento.

Para determinar el nivel de interés y de involucramiento de los interesados en el proyecto, así como la necesidad de aplicar ajustes en las estrategias de involucramiento, se han definido las siguientes acciones de monitoreo:

1. Registrar el nivel de participación en las reuniones de seguimiento, en las demostraciones, y a través de los otros métodos de comunicación previamente acordados.
2. Monitorear el tiempo de respuesta ante la formulación de consultas técnicas.
3. Contabilizar el número de solicitudes de cambio.
4. Analizar el nivel de entendimiento de la información que se transmite en las comunicaciones, en especial atención a los casos de correo electrónico. Se aplicará la retroalimentación como técnica, y el seguimiento de la cantidad de correos emitidos sobre un mismo tema.
5. Verificar el cumplimiento de los acuerdos tomados durante la reunión de inicio y posteriores. En especial atención, al cumplimiento de los entregables parciales y las fechas hito.

5 CONCLUSIONES

1. El Plan de Gestión del Alcance desarrollado permitió detallar el alcance inicial definido durante la labor de venta, limitado a solo migrar el código fuente del sistema de control obsoleto, sino a identificar necesidades específicas de los involucrados sobre el proyecto y sobre el producto final.
2. El Plan de Gestión del Cronograma elaborado demostró, lo que normalmente sucede con proyectos de este tipo y que no se determina en las etapas iniciales, que casi todas las tareas son parte de la ruta crítica. Con el plan, se ha obtenido una herramienta importante para planificar mucho mejor la asignación de recursos y controlar mejor el desempeño del proyecto.
3. El Plan de Gestión del Costo realizado facilitó la distribución de los costos en las actividades definidas, la identificación de las reservas de contingencia cuyos costos normalmente no son considerados en la planeación de estos proyectos; y a determinar que tanta holgura a nivel de presupuesto, el proyecto presenta con respecto al presupuesto acordado durante la labor de venta.
4. El Plan de Gestión de la Calidad establecido se convirtió en una herramienta esencial para ofrecerle a nuestros clientes un valor agregado en los proyectos y al producto final, de tal forma que no se limite al cumplimiento del alcance, tiempo y costo. Permitted alinear la política de calidad de la empresa con la gestión del proyecto, e incrementó el involucramiento de los interesados haciéndolos partícipes y responsables por la calidad del producto final.

5. El Plan de Gestión de los Recursos definido ha permitido mejorar la gestión de recursos, no solo en el proyecto, sino también entre los departamentos de la empresa, entre los directores de proyecto y los supervisores de recursos. La identificación temprana de las necesidades específicas en cuanto a recursos, agiliza las negociaciones internas para asignar recursos a los proyectos, sin impactar negativamente el desarrollo de otras actividades de la empresa.
6. El Plan de Gestión de las Comunicaciones elaborado facilitó la identificación del tipo de comunicación y del método más apropiado, para promover la comunicación efectiva entre los involucrados, considerando sus propias opiniones y gustos.
7. El Plan de Gestión de Riesgos realizado expuso en números el nivel de riesgo con el que inicia el proyecto, pero con la opción de establecer un plan de respuesta que permita reducir ese riesgo durante la ejecución del proyecto, y al mismo tiempo conocer previamente, el posible ajuste en tiempo y coste que impactaría el proyecto.
8. El Plan de Gestión de las Adquisiciones desarrollado le ha permitido al director del proyecto obtener un mejor control sobre las adquisiciones para el proyecto, a pesar de que muchas de las funciones las realiza el departamento de adquisiciones de la empresa, pero con este plan, el director del proyecto se mantiene alerta y logra alinear las adquisiciones con el resto de procesos de gestión del proyecto.
9. El Plan de Gestión de los Interesados definido ha permitido canalizar los esfuerzos en las necesidades particulares de cada interesado, buscando un involucramiento efectivo de los mismos en las actividades del proyecto.

6 RECOMENDACIONES

1. Se le recomienda al director del proyecto que, con apoyo del líder técnico, desarrollar una plantilla de revisión de entradas, es decir, registrar el tipo, la cantidad y la versión, de los documentos de referencia que facilita el cliente, especialmente para la elaboración de la configuración del software de aplicación.
2. Al administrador del departamento de ingeniería, se le sugiere crear una base de datos con todos los cálculos de estimación de duraciones de las actividades, que incluya el procedimiento de cálculo, el tipo de actividad, y los resultados obtenidos. Con la idea de que los directores de proyectos no sólo dispongan del juicio de experto sino también de información tangible y aplicada.
3. Se le aconseja al administrador del departamento de ventas, actualizar, al menos cada tres meses, la base de datos de las propuestas de venta de los proyectos, para que los costes estimados durante la labor de venta no muestren variaciones significativas, con respecto a los presupuestos determinados durante la fase de planeación.
4. Se le recomienda al director del proyecto, incluir en el Plan de Gestión de la Calidad, un componente relacionado con un plan de mejora, donde se describa el proceso a mejorar, los focos para la mejora, y las directrices de mejora en el proyecto. Esto promueve el mejoramiento continuo en los procesos de gestión de los proyectos.
5. Al departamento de ingeniería y muy específicamente, al grupo de supervisores de recursos, se les recomienda, desarrollar plantillas de evaluación de desempeño, según el rol del recurso, que incluya la valoración de aspectos técnicos y de capacidades blandas, con el fin

de realizar evaluaciones más objetivas, que generen información importante como insumo de entrada para los desarrollos de carrera profesional dentro de la empresa.

6. Se le recomienda al administrador del departamento de ingeniería, implementar un registro de lecciones aprendidas con respecto al uso del correo electrónico como medio de comunicación, para definir las mejores prácticas y aplicarlas como lineamientos en la planeación de las comunicaciones de proyectos posteriores, considerando el incremento importante en el uso del correo electrónico para los acuerdos entre los interesados del proyecto.
7. Es muy importante realizar un análisis de riesgos cuantitativo, por eso se le recomienda al director del proyecto, utilizar un paquete de software para la gestión de riesgos, que permita el modelado y simulación. Considerar que el software sea versión “Stand-alone” ó “Add-in”, y que se pueda trabajar en conjunto con el Microsoft® Office Project donde se implementa la línea base de medición de desempeño del proyecto.
8. Se le recomienda al director del proyecto, emplear como referencia, el Plan de Gestión de las Adquisiciones desarrollado para aplicarlo en los proyectos de migración de hardware de sistemas de control, con los ajustes necesarios que permitan gestionar posibles relaciones con proveedores.
9. En proyectos de migración de software donde exista una tercer compañía, que opera como intermediaria entre la empresa y el cliente final, se le aconseja al director del proyecto, incluir en el Plan de Gestión de los Interesados los diferentes representantes de esta tercer compañía, no solo con el objetivo de conocer sus intereses, sino también para determinar si éstos están alineados en cierta forma, a los del cliente final.

7 BIBLIOGRAFÍA

- a. Balestrini M. (2006). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Consultores Asociados.
- b. Control Engineering Europe. (2015). *DCS Migration – Planning is Key*. Recuperado de <https://www.controlengueurope.com/article/91078/DCS-migration-planning-is-key.aspx>
- c. Instrumentación, Control y Automatización Industrial (2019). *Introducción a la Arquitectura de un DCS: conociendo su estructura típica*. Lima, Perú: instrumentacioycontrol.net. Recuperado de <https://instrumentacionycontrol.net/introduccion-a-la-arquitectura-de-un-dcs-conociendo-su-estructura-tipica/>
- d. International Electrotechnical Commission. (2019). *Standards for a sustainable world*. Geneva, Switzerland: IEC. Recuperado de <https://www.iec.ch/>
- e. ISA InTech Magazine, International Society of Automation. (2014, September). *Control system migration is a major learning opportunity*. Recuperado de <https://www.isa.org/intech/201410work/>
- f. LeanManufacturing10. (2019). *Sistema de producción por lotes, ventajas y desventajas*. Recuperado de <https://leanmanufacturing10.com/sistema-de-produccion-por-lotes-ventajas-y-desventajas>
- g. Lifeder. (2019). *Los 13 Tipos de Fuentes de Información y sus Características*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/tipos-fuentes-de-informacion/>
- h. Lledó, P. (2017). *Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento*. Victoria: Pablo Lledó.

- i. Morales, V. (2017). *Técnicas de Investigación Documental y de Campo*. Prezi Inc. Recuperado de <https://prezi.com/vt4m7mfxnpav/tecnicas-de-investigacion-documental-y-de-campo/>
- j. Morán, G. & Alvarado D. (2010). *Métodos de Investigación*. Pearson Educación, México. Recuperado de <https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/moran-y-alvarado-metodos-de-investigacion-1ra.pdf>
- k. Pérez, J.L. (2019). *¿Qué es SOFTWARE? Y Tipos de SOFTWARE*. Madrid, España: Comunycarse Network Consultants. Recuperado de <https://www.comunycarse.com/es/que-es-software-y-tipos-de-software/>
- l. Project Management Institute Inc. (2006). *Practice Standard for Work Breakdown Structures*. Newton Square, Pennsylvania, EE. UU.: Project Management Institute.
- m. Project Management Institute Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Guía del PMBOK®). Pennsylvania: Project Management Institute.
- n. Roseke, Bernie. (2017, March). *The Elements of a Project Charter*. Project Engineer. Recuperado de <https://www.projectengineer.net/the-elements-of-a-project-charter-2/>
- o. Silvestrini, M., & Vargas, J. (2008). *Fuentes de Información Primarias, Secundarias y Terciarias*. Recuperado de <http://ponce.inter.edu/cai/manuales/FUENTES-PRIMARIA.pdf>
- p. Tecnología&Informática. (2019). *¿Qué es Hardware y Software?* Recuperado de <https://tecnologia-informatica.com/que-es-hardware-y-software/>
- q. Yokogawa (2019). *Migración/Reemplazo del DCS*. Ciudad de México, México: Yokogawa.com/mx. Recuperado de <https://www.yokogawa.com/mx/solutions/products-platforms/control-system/distributed-control-systems-dcs/dcs-migration-replacement/>

8 ANEXOS

Anexo 1: Acta (Chárter) del PFG

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
16 de setiembre del 2019	Plan de gestión de proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
Grupos de Procesos: Inicio, planeación. Áreas de Conocimiento: Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicación, riesgo, adquisiciones e involucrados.	Sector: Industrial. Actividad: Control de procesos productivos industriales.
Fecha de inicio del proyecto	Fecha estimada de finalización del proyecto
16 de setiembre del 2019	28 de febrero del 2020
Objetivos del proyecto	
<p>Objetivo general Elaborar un plan de gestión del proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido, para actualizar y mejorar el control de procesos productivos industriales.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar un plan de gestión del alcance para describir cómo el alcance del proyecto será definido, estructurado, validado y controlado. 2. Elaborar un plan de gestión del cronograma para administrar la culminación del proyecto en el plazo que se establezca. 3. Realizar un plan de gestión del costo para gestionar el presupuesto aprobado del proyecto. 4. Establecer un plan de gestión de la calidad para cumplir con los requisitos de calidad establecidos del proyecto y del producto final. 5. Definir un plan de gestión de los recursos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión del proyecto. 6. Elaborar un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que las necesidades de información del proyecto y de los interesados se cumplan. 7. Realizar un plan de gestión de riesgos para administrar oportuna y eficientemente los riesgos durante la ejecución del proyecto. 8. Desarrollar un plan de gestión de las adquisiciones para identificar la forma apropiada de comprar o adquirir servicios o productos. 9. Definir un plan de gestión de los interesados para desarrollar estrategias de administración adecuadas para lograr una participación eficaz de los mismos. 	
Justificación o propósito del proyecto	
<p>En la actualidad, es muy común que las empresas industriales inviertan en la migración de sus sistemas de control y automatización de procesos, debido al rápido crecimiento del desarrollo de nuevas tecnologías que permite a los proveedores de sistemas, ofrecer equipos con grandes mejoras y a menor costo, con lo que se detiene la fabricación y soporte de sistemas viejos. Lo anterior, fuerza a las empresas industriales a sustituir sus actuales sistemas de control por versiones más modernas y con mayores capacidades, que les permiten satisfacer sus necesidades tan demandantes y cambiantes, en los mercados en que se desenvuelven.</p>	

ACTA DEL PROYECTO

Los proyectos de migración de los sistemas de control industrial, que implica la sustitución del software como del hardware, pueden llegar a ser bastante complejos, no solo en los aspectos técnicos que involucra, sino también en su propia gestión. En la mayoría de los casos, estos proyectos, cuando logran finalizarse, no cumplen el alcance definido, ni el tiempo, ni el presupuesto establecido. La calidad, tanto del producto como del proyecto no es, al final, la más apropiada ni satisfactoria para los clientes finales. Por tanto, el fracaso en los proyectos, recae en una inexistente o bien mala gestión. Esto ha hecho, que muchas empresas prefieran, a la hora de realizar una migración de sus sistemas, hacerlo de forma separada: un proyecto para sustituir el hardware, y otro para el software, buscando intentar reducir los impactos negativos por atrasos y presupuestos excesivos. Cabe mencionar que, las migraciones de software son las que representan mayores problemas de gestión, debido a la alta complejidad técnica que requiere el trabajo de sustitución y mejora.

Un plan de gestión de proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido permitirá que la ejecución de la sustitución del software obsoleto por uno nuevo se realice apropiadamente colaborando en la consecución exitosa del proyecto. Con el plan de gestión se busca que el alcance cumpla con las necesidades de los interesados, que el nuevo software satisfaga los requerimientos de calidad, y que ofrezca una metodología apropiada para el control y seguimiento de los cambios, ya que es muy común en estos proyectos, la generación de solicitudes de cambio por parte del cliente final, porque se genera la posibilidad, con el nuevo software, de mejorar la funcionalidad existente en sus plantas productivas. Por último, el plan será referencia para otro plan de gestión de proyecto para la migración del hardware de los sistemas de control.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

El producto final de este proyecto consiste en un documento con un plan de gestión de proyecto para la migración del software de un sistema de control distribuido. Este plan está compuesto por los entregables finales del proyecto que corresponden a los planes de gestión subsidiarios: plan de gestión del alcance, del cronograma, de los costos, de la calidad, de los recursos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones, y de los interesados. Cada plan subsidiario contendrá los procesos, procedimientos y herramientas necesarias para gestionar el proyecto de una forma estructurada y apropiada.

Supuestos

Una vez concluido el Seminario del Proyecto de Graduación se estiman dos semanas máximo para dar inicio al Proyecto Final de Graduación.

Se cuenta con los recursos físicos y humanos necesarios para desarrollar el plan de gestión de proyecto.

La información con que se cuenta para la elaboración de los planes subsidiarios de gestión es abundante y detallada.

Restricciones

Cierre de las oficinas de la Universidad para la Cooperación Internacional debido a los días festivos por Navidad y fin de año.

Se cuenta con tres meses para la elaboración del Proyecto Final de Graduación.

Identificación de riesgos

Si el periodo de cierre de las oficinas de la Universidad para la Cooperación Internacional por fiestas de fin de año comprende dos o más semanas, podría desviar el cronograma del proyecto, impactando negativamente el tiempo de culminación del proyecto.

Si se requiere la consultoría de un experto técnico en migraciones de software, podría generar atrasos en la ejecución del proyecto debido a la no disponibilidad inmediata, impactando negativamente el tiempo del proyecto.

Si el tiempo de respuesta del profesor tutor ante consultas es mayor que el establecido, podría hacer que se requiera de más tiempo, afectando la fecha de entrega del Proyecto Final de Graduación.

ACTA DEL PROYECTO

Presupuesto

Para la elaboración del Proyecto Final de Graduación no se destina recurso económico.

Principales hitos y fechas

Nombre hito	Fecha inicio	Fecha final
Entrega del Chárter, EDT y bibliografía del Proyecto Final de Graduación (PFG).	16 de setiembre 2019	20 de setiembre 2019
Entrega de la Introducción y del Cronograma del PFG.	21 de setiembre 2019	25 de setiembre 2019
Presentación del Marco Teórico del PFG.	26 de setiembre 2019	30 de setiembre 2019
Presentación del Marco Metodológico del PFG.	1 de octubre 2019	5 de octubre 2019
Entrega del Resumen Ejecutivo e integración del documento del PFG.	6 de octubre 2019	11 de octubre 2019
Desarrollo de los avances del PFG con guía del tutor.	28 de octubre 2019	2 de febrero 2020
Revisión del Proyecto Final de Graduación por parte de los Lectores.	3 de febrero 2020	21 de febrero 2020
Aplicación de correcciones al PFG.	22 de febrero 2020	1 de marzo 2020
Realizar defensa del Proyecto Final de Graduación.	2 de marzo 2020	6 de marzo 2020

Información histórica relevante

La empresa tiene más de 10 años de experiencia en el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de la implementación de software y hardware de aplicación sobre una plataforma de un control distribuido con el objetivo de ofrecer a los clientes sistemas de monitoreo y control de sus procesos productivos que les permita mejorar su rentabilidad.

Existen muchos tipos de procesos productivos, y de la misma manera, existen diferentes soluciones para automatizarlos apropiadamente.

En los últimos años, se ha dado una creciente demanda de proyectos de migración de sistemas de control, y a pesar de existir una planeación apropiada para la gestión del resto de proyectos de automatización, todavía no se ha logrado consolidar un plan apropiado, que le permita a la empresa, garantizarle a los clientes la calidad que requiere de nuestros productos finales y de la gestión propia del proyecto.

Identificación de grupos de interés (involucrados)

Involucrados Directos:

Profesor del Seminario de Graduación.
 Profesor Tutor del Proyecto Final de Graduación (PFG).
 Lectores del PFG.
 Estudiante Administrador del PFG.

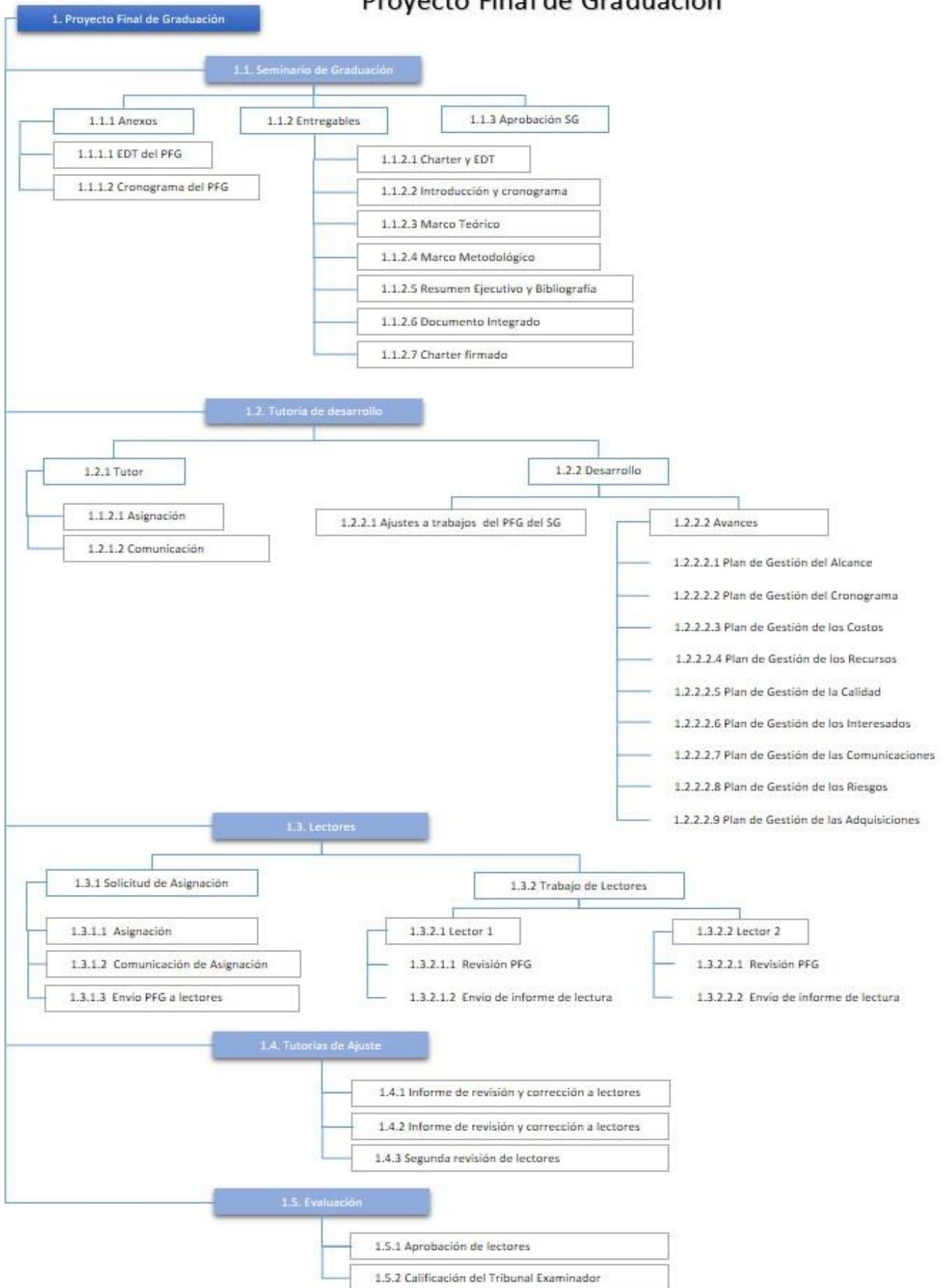
Involucrados Indirectos:

Departamento de Aquisiciones de la empresa.
 Ingeniero Experto en Migraciones de la empresa.
 Asistente académica de la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI).
 Gerente Departamento Ingeniería de la empresa.

ACTA DEL PROYECTO	
Director de proyecto:	Director de proyecto:
Autorización de:	Autorización de:

Anexo 2: EDT del PFG

Proyecto Final de Graduación



Anexo 3: Cronograma del PFG

Cronograma PFG					
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predesoras
1	Proyecto Final de Graduación	173 días	lun 9/16/19	vie 3/6/20	
2	1.1 Seminario de Graduación	28 días	lun 9/16/19	lun 10/14/19	
3	1.1.1 Inicio SG	0 días	lun 9/16/19	lun 9/16/19	
4	1.1.2 Entregables	26 días	lun 9/16/19	vie 10/11/19	
5	1.1.2.1 Charter y EDT	4.75 días	lun 9/16/19	vie 9/20/19	3
6	1.1.2.2 Introducción y cronograma	5 días	sáb 9/21/19	mié 9/25/19	5
7	1.1.2.3 Marco Teórico	5 días	jue 9/26/19	lun 9/30/19	6
8	1.1.2.4 Marco Metodológico	5 días	mar 10/1/19	sáb 10/5/19	7
9	1.1.2.5 Resumen Ejecutivo	6 días	dom 10/6/19	vie 10/11/19	8
10	1.1.2.6 Documento Integrado	6 días	dom 10/6/19	vie 10/11/19	8
11	1.1.2.7 Charter Firmado	6 días	dom 10/6/19	vie 10/11/19	8
12	1.1.3 Aprobación SG	2 días	sáb 10/12/19	dom 10/13/19	9,10,11
13	1.1.4 Seminario de Graduación	0 días	lun 10/14/19	lun 10/14/19	12
14	1.2 Tutoría de Desarrollo	96 días	mar 10/15/19	dom 1/19/20	
15	1.2.1 Tutor	11 días	mar 10/15/19	vie 10/25/19	
16	1.2.1.1 Asignación	4 días	mar 10/15/19	vie 10/18/19	13
17	1.2.1.2 Comunicación	5 días	lun 10/21/19	vie 10/25/19	16
18	1.2.2 Desarrollo del PFG	83 días	lun 10/28/19	dom 1/19/20	
19	1.2.2.1 Ajustes a Trabajos del PFG	5 días	lun 10/28/19	vie 11/1/19	17
20	1.2.2.2 Avances	76 días	lun 11/4/19	dom 1/19/20	
21	1.2.2.2.1 Plan Gestión del Alcance	5 días	lun 11/4/19	vie 11/8/19	19
22	1.2.2.2.2 Plan Gestión del Cronograma	5 días	lun 11/11/19	vie 11/15/19	21
23	1.2.2.2.3 Plan Gestión de los Costos	5 días	lun 11/18/19	vie 11/22/19	22
24	1.2.2.2.4 Plan Gestión de los Recursos	5 días	lun 11/25/19	vie 11/29/19	23
25	1.2.2.2.5 Plan Gestión de la Calidad	5 días	lun 12/2/19	vie 12/6/19	24
26	1.2.2.2.6 Plan Gestión de los Interesados	5 días	lun 12/9/19	vie 12/13/19	25
27	1.2.2.2.7 Plan Gestión de las Comunicaciones	5 días	lun 12/16/19	vie 12/20/19	26
28	1.2.2.2.8 Plan Gestión de los Riesgos	5 días	lun 1/6/20	vie 1/10/20	27
29	1.2.2.2.9 Plan Gestión de las Adquisiciones	5 días	lun 1/13/20	vie 1/17/20	28
30	1.2.2.2.10 Aprobación Tutor	0 días	dom 1/19/20	dom 1/19/20	29
31	1.3 Lectores	22 días	lun 1/20/20	lun 2/10/20	
32	1.3.1 Solicitud de Asignación	5 días	lun 1/20/20	vie 1/24/20	
33	1.3.1.1 Asignación	2 días	lun 1/20/20	mar 1/21/20	30
34	1.3.1.2 Comunicación de Asignación	2 días	mié 1/22/20	jue 1/23/20	33
35	1.3.1.3 Envío PFG a Lectores	1 día	vie 1/24/20	vie 1/24/20	34
36	1.3.2 Trabajo de Lectores	15 días	lun 1/27/20	lun 2/10/20	
37	1.3.2.1 Lector 1	15 días	lun 1/27/20	lun 2/10/20	
38	1.3.2.1.1 Revisión PFG	12 días	lun 1/27/20	vie 2/7/20	35
39	1.3.2.1.2 Envío de Informe de Lectura	1 día	lun 2/10/20	lun 2/10/20	38
40	1.3.2.2 Lector 2	15 días	lun 1/27/20	lun 2/10/20	
41	1.3.2.2.1 Revisión PFG	12 días	lun 1/27/20	vie 2/7/20	35
42	1.3.2.2.2 Envío de Informe de Lectura	1 día	lun 2/10/20	lun 2/10/20	41
43	1.4 Tutorías de Ajuste	18 días	mar 2/11/20	vie 2/28/20	
44	1.4.1 Informe de Revisión y Corrección a Lectores	4 días	mar 2/11/20	vie 2/14/20	42
45	1.4.2 PFG Corregido enviado a Lectores	1 día	lun 2/17/20	lun 2/17/20	44
46	1.4.3 Segunda Revisión de Lectores	11 días	mar 2/18/20	vie 2/28/20	45
47	1.5 Evaluación	5 días	lun 3/2/20	vie 3/6/20	
48	1.5.1 Aprobación de Lectores	2 días	lun 3/2/20	mar 3/3/20	46
49	1.5.2 Calificación	2 días	mié 3/4/20	jue 3/5/20	48
50	1.5.3 Aprobación Final del PFG	1 día	vie 3/6/20	vie 3/6/20	49