

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EJECUCIÓN DE
MANUFACTURA (MES) PARA LA ELABORACIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS”

CARLOS ANDRÉS ZÚÑIGA ARRIETA

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

San José, Costa Rica

Junio 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

Carlos Brenes Mena
PROFESOR TUTOR

Esteban Campos Calderón
LECTOR No.1

Leonardo Morales
LECTOR No.2

Carlos Andrés Zúñiga Arrieta
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

En primer lugar, este proyecto está dedicado a mis padres Carlos y Georgina que me han ayudado a convertirme en la persona que soy en día. Todo su amor, paciencia, cuidado y enseñanzas han generado en mí el deseo de ser mejor cada día. ¡Son mi gran modelo a seguir, los amo!

A mi abuela Cuca que todavía está con nosotros y a mis abuelos Dani, Vico y Nena que desde el cielo me siguen guiando por buen camino.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quisiera darle gracias a Dios por todo su apoyo, guía y sabiduría no solo durante este proceso sino a lo largo de mi vida, y por permitirme cumplir las metas que me he propuesto.

Segundo, quisiera agradecer a la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI) por todo el proceso formativo y el conocimiento que han transmitido a mi persona, todas las enseñanzas y mejores prácticas que me permitirán ser un mejor profesional.

Por último, quisiera agradecer a Carlos Brenes que ha sido mi tutor de proyecto y que sus aportes han sido de gran beneficio para la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FÓRMULAS	x
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Problemática	3
1.3 Justificación del proyecto	5
1.4 Objetivo general	7
1.5 Objetivos específicos	8
2 MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco institucional	9
2.1.1 Antecedentes de la institución	9
2.1.2 Misión y visión	9
2.1.3 Estructura organizativa	10
2.1.4 Productos que ofrece la compañía	11
2.2 Teoría de administración de proyectos	12
2.2.1 Proyecto	12
2.2.2 Administración de proyectos	13
2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto	14
2.2.4 Procesos en la administración de proyectos	15
2.2.5 Áreas del conocimiento de la administración de proyectos	16
2.3 Definiciones de un software MES	16
2.3.1 Software MES	16
2.3.2 Container	17
2.3.3 Split container	17
2.3.4 Reporte	17
2.3.5 Workflow	17
2.3.6 Spec	18
2.3.7 Bill of materials	18
3 MARCO METODOLÓGICO	18
3.1 Fuentes de información	18
3.1.1 Fuentes primarias	18
3.1.2 Fuentes secundarias	19
3.2 Métodos de investigación	20
3.2.1 Método cualitativo (interpretativo)	20
3.2.2 Método descriptivo	21
3.2.3 Método inductivo	21
3.3 Herramientas	23

3.4	Supuestos y restricciones	25
3.5	Entregables.....	26
4	DESARROLLO	28
4.1	Plan de gestión de los interesados.....	28
4.1.1	Identificar a los interesados.	28
4.1.2	Planificar el involucramiento de los interesados.	29
4.1.3	Gestionar el involucramiento de los interesados.	32
4.1.4	Monitorear el involucramiento de los interesados.....	33
4.2	Plan de gestión del alcance	33
4.2.1	Planificar la gestión del alcance.....	33
4.2.2	Recopilar requisitos.	34
4.2.3	Definir alcance.....	36
4.2.4	Crear la EDT (estructura de desglose de trabajo).	37
4.2.5	Validar el alcance.....	40
4.2.6	Controlar el alcance.	41
4.3	Plan de gestión del cronograma	41
4.3.1	Definir las actividades.....	41
4.3.2	Secuenciar las actividades.....	46
4.3.3	Estimar las duraciones.	49
4.3.4	Desarrollar el cronograma.....	51
4.3.5	Controlar el cronograma.	55
4.4	Plan de gestión de los costos.....	55
4.4.1	Estimar los costos.	56
4.4.2	Determinar el presupuesto.	58
4.4.3	Controlar los costos.....	59
4.5	Plan de gestión de la calidad.....	59
4.5.1	Planificar la gestión de la calidad.	60
4.5.2	Gestionar la calidad.....	62
4.5.3	Controlar la calidad.....	63
4.6	Plan de gestión de los recursos	63
4.6.1	Planificar la gestión de recursos.	64
4.6.2	Estimar los recursos de las actividades.	67
4.6.3	Adquirir recursos.	68
4.6.4	Desarrollar el equipo.....	71
4.6.5	Dirigir al equipo.....	72
4.6.6	Controlar los recursos.	72
4.7	Plan de gestión de las comunicaciones	73
4.7.1	Planificar la gestión de las comunicaciones.....	73
4.7.2	Gestionar las comunicaciones.....	74
4.7.3	Monitorear las comunicaciones.	75
4.8	Plan de gestión de los riesgos	78
4.8.1	Planificar la gestión de los riesgos.....	78
4.8.2	Identificar los riesgos.....	78
4.8.3	Realizar el análisis de los riesgos y planificar la respuesta a los riesgos.....	80
4.8.4	Implementar la respuesta a los riesgos.....	86
4.8.5	Monitorear los riesgos.....	87

4.9	Plan de gestión de las adquisiciones	87
4.9.1	Planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto.....	87
4.9.2	Efectuar las adquisiciones.....	89
4.9.3	Controlar las adquisiciones.....	90
5	Conclusiones.....	90
6	Recomendaciones	93
7	Bibliografía	94
8	Anexos	97
	Anexo 1. Acta (Charter) del Proyecto Final de Graduación.....	97
	Anexo 2. EDT del Proyecto Final de Graduación	100
	Anexo 3. Cronograma del Proyecto Final de Graduación	101
	Anexo 4. Formulario para solicitudes de cambio	102
	Anexo 5. Plantilla para control de reuniones.....	103
	Anexo 6. Control de cambios de alcance del proyecto.....	104
	Anexo 7. Valor ganado (EVM) para control del cronograma y el costo	105
	Anexo 8. Entrevista de usuario final: retroalimentación del sistema de MES.....	107
	Anexo 9. Registro de auditoría del sistema de MES	108
	Anexo 10. Formato A3 para la resolución de problemas.....	109
	Anexo 11. Lista de verificación para control de la calidad.....	111
	Anexo 12. Plantilla de evaluación de desempeño de los integrantes del proyecto.....	112
	Anexo 13. Plantilla para control de riesgos	113
	Anexo 14. Matriz de trazabilidad de adquisiciones	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizacional. Fuente: Elaboración propia.....	11
Figura 2. Ciclo propuesto para un proyecto. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 3. Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos: Fuente: Elaboración propia.	14
Figura 4. Etapas del ciclo de vida de un proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 5. Ciclo Deming aplicado a los procesos de Administración de Proyectos. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura 6. Matriz de Poder-Interés. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 7. Matriz de Poder-Interés con los involucrados del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 8. EDT del proyecto de implementación de MES. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 9. Tipos de relaciones del Método de Diagramación por Precedencias. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 10. Diagrama del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 11. Información presentada en los nodos de actividad. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 12. Estimación de la duración en semanas del proyecto, utilizando el Método de la Ruta Crítica (CPM). Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 13. Cronograma final para la implementación del sistema de MES. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 14. Gráfica de costo (presupuesto) vs tiempo (cronograma). Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 15. Estrategia para planificar la calidad del sistema de MES. Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 16. Estimación de recursos para la implementación del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 17. Cronograma de asignación de recursos del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 18. Determinación de las categorías de riesgos del proyecto, Nivel 1 de la RBS. Fuente: Elaboración propia.	78
Figura 19. EDT del Proyecto Final de Graduación. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura 20. Cronograma del PFG. Fuente: Elaboración propia.	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de la información utilizadas en el proyecto.....	19
Tabla 2. Métodos de investigación utilizados en el proyecto.	21
Tabla 3. Herramientas utilizadas en el proyecto.	24
Tabla 4. Supuestos y restricciones del proyecto.	25
Tabla 5. Entregables del proyecto.....	27
Tabla 6. Identificación de partes interesadas del proyecto.	28
Tabla 7. Plan de gestión de las partes interesadas, de acuerdo con la Matriz Poder-Interés.	31
Tabla 8. Matriz de requisitos.	34
Tabla 9. Definición del alcance del proyecto.....	37
Tabla 10. Validación del alcance del proyecto.	40
Tabla 11. Entregables y paquetes de trabajo del proyecto.....	41
Tabla 12. Listado de actividades del proyecto.....	43
Tabla 13. Cálculo de la duración estimada (tE) para los paquetes de trabajo del proyecto.....	50
Tabla 14. Costo estimado por paquete de trabajo.	56
Tabla 15. Métricas de calidad del proyecto.	60
Tabla 16. Matriz de asignación de responsabilidades del proyecto.....	64
Tabla 17. Entrenamientos sugeridos para desarrollar al equipo del proyecto.	71
Tabla 18. Planificación de las comunicaciones del proyecto.	73
Tabla 19. Matriz de evaluación del involucramiento de los interesados.	76
Tabla 20. Estructura de desglose de riesgos del proyecto de implementación de un sistema de MES.	79
Tabla 21. Probabilidad de ocurrencia de un riesgo.....	80
Tabla 22. Clasificación del impacto del riesgo para el proyecto.	81
Tabla 23. Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.	81
Tabla 24. Clasificación de la Probabilidad x Impacto.	82
Tabla 25. Estrategias propuestas para gestionar los riesgos del proyecto.	83
Tabla 26. Plan de acción ante los riesgos del proyecto.....	83
Tabla 27. Priorización de riesgos del proyecto.....	86
Tabla 28. Criterios de selección de proveedores de la empresa.	88
Tabla 29. Apartados de la declaración de trabajo (SOW).	89

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Cálculo de la duración estimada (tE). Fuente: PMI (2017).....	49
Fórmula 2. Cálculo de la holgura para las actividades. Fuente: Kramer, S. & Jenkins, J. (2006).55	
Fórmula 3. Determinar las variaciones de costo. Fuente PMI (2017.)	105
Fórmula 4. Determinar las variaciones en el cronograma. Fuente: PMI (2017).....	105
Fórmula 5. Determinar el índice de desempeño del costo. Fuente: PMI (2017).	105
Fórmula 6. Determinar el índice de desempeño del cronograma. Fuente: PMI (2017).....	105
Fórmula 7. Estimación el costo al finalizar el proyecto. Fuente: PMI (2017).....	105
Fórmula 8. Estimación de la cantidad de trabajo faltante. Fuente: PMI (2017).	105
Fórmula 9. Cálculo de la variación a la conclusión. Fuente: PMI (2017).	106

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

BOM: Bill of Materials (Lista de Materiales)

CPM: Critical Path Method (Método de la Ruta Crítica)

DHR: Device History Record (Registro de historial del dispositivo)

eDHR: Electronic Device History Record (Registro de historial del dispositivo electrónico)

EDR: Estructura de Desgloce de Riesgos

EDT: Estructura de Desgloce de Trabajo

ERP: Enterprise Resource Planning (Planificación de recursos empresariales)

FFP: Contratos de precio fijo cerrado

FPEPA: Contrato de precio fijo con ajustes económicos de precio

GDP: Good Documentation Practices (Buenas Prácticas de Documentación)

MES: Manufacturing Execution System (Sistema de Ejecución de Manufactura)

PGP: Plan de Gestión del Proyecto

PLC: Product Lifecycle (ciclo de vida del producto)

PMI: Project Management Institute

PMIS: Project Management Information System (Sistema de Información para la Dirección de Proyectos)

RH: Recursos Humanos

SOP: Standard Operating Procedure (Procedimientos Operativos Estándar)

SOW: Enunciado del trabajo relativo a las adquisiciones

Sr: Senior (grado laboral)

SVP: Senior Vicepresidente (Vicepresidente Senior)

VP: Vicepresident (Vicepresidente)

VSM: Value Stream Manager

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto fue realizado en la planta de dispositivos médicos ubicada en la Lima de Cartago conocida como Edwards Lifesciences. Esta empresa se dedica a manufacturar válvulas para el corazón que ayudan a prolongar la vida de los pacientes que tienen ciertas patologías cardiacas. Esta empresa fue fundada hace 60 años en Estados Unidos y las operaciones en Costa Rica empezaron en el 2016. Dada esta situación, la empresa se encuentra en un estado que se le conoce como *startup* o de inicio de operaciones, donde se está trabajando en transferir productos que se manufacturan en otros países a suelo costarricense. Dicho esto, la implementación de un sistema de manufactura (MES) en esta etapa donde se encuentra la organización, permitirá digitalizar los procesos y a reducir drásticamente los errores humanos asociados a la operación.

Presentada la ventaja de la digitalización de los procesos, se expone la oportunidad que se presenta para Edwards Lifesciences como corporación global, que con la implementación del sistema de MES poder virtualmente eliminar los errores de documentación en los lotes de manufactura y, además, promueve el reforzamiento de los controles relacionados al aseguramiento de los entrenamientos de los operadores y la correcta asignación de componentes en los lotes de producción.

Una de las principales razones por las cuales se implementa un sistema de ejecución de manufactura en la planta de Costa Rica es que es una iniciativa global alineada a la eliminación de los procesos basados en la escritura a mano en papel a pasar a un sistema digital. Además, al ser Edwards Lifesciences una empresa que manufactura dispositivos implantables, los diferentes entes regulatorios, clientes y hospitales esperan que la calidad con la que se desarrolla el producto sea inigualable y que toda la información referente al producto utilizado sea trazable y legible. Por lo tanto, un sistema MES permite rastrear el historial de fabricación del producto, es decir que todo componente o material que haya sido utilizado y permanece con el producto que es vendido se va a poder obtener información de este.

El objetivo general de este proyecto fue el de elaborar una propuesta de un plan de implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura para disminuir el potencial de errores de documentación y permitir una utilización más eficiente de los recursos para la línea de producción. Los objetivos específicos de este proyecto fueron: elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto, elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto, elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto, proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES y plantear cómo se planea cumplir con los requisitos calidad del proyecto, efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades, proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto, para describir cómo es que se planificarán, estructurarán y monitorearán las comunicaciones, efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta, proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto para describir cómo se adquirirán los servicios y recursos y elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.

Para la realización de este proyecto, se utilizaron fuentes de información primarias como el charter del proyecto y entrevistas con diferentes stakeholders clave del proyecto. Además, se utilizaron fuentes secundarias tales como la guía del PMBOK, el CAPEX del proyecto, sistemas de manejo de no conformidades, plantillas organizacionales, entre otros. Por último, se utilizaron

tres métodos en este proyecto para ayudar con el cumplimiento de los objetivos del proyecto, los cuales son el cualitativo, descriptivo e inductivo.

En conclusión, uno de los puntos más importantes a rescatar de este proyecto es el hecho de la implementación de una tecnología nueva para la empresa Edwards Lifesciences en Cartago. Dicho esto, es importante que los recursos humanos que sean asignados a la ejecución del proyecto posean, principalmente, la actitud correcta ante la implementación de este proyecto. De esta forma, se busca que el equipo sea capaz de aprender la nueva tecnología, conocer el sistema y guiar al resto de la empresa cuando se haga el despliegue completo. Otro punto importante que se debe tener en mente es el plan de comunicación y la relevancia de este en el proyecto. Debido a que se debe interactuar con grupos que se encuentran fuera del país y se debe de trabajar con la gerencia de la empresa que desconoce esta nueva tecnología, es de vital importancia que los avances, principales hitos y riesgos sean informados a todo el equipo de gerencia. De esta forma, se podrá contar con el apoyo de gerencia y esto brindará el impulso necesario para cerrar el proyecto con éxito.

La principal recomendación que se desprende de este proyecto está dirigida al Project Manager que sea asignado al proyecto. Lo más significativo de este proyecto, entendiendo lo nueva que esta tecnología, es poder alinear los objetivos del proyecto con los objetivos de la empresa, de esta forma toda la organización podrá comprender la importancia de este y cómo su implementación puede favorecer las evaluaciones de desempeño de los recursos involucrados. Por último, se recomienda también que el equipo de Costa Rica sea capaz de comunicarse constantemente con el equipo de Digital Transformation y poder compartir todo el conocimiento y lecciones aprendidas que ellos han recaudado a lo largo de su proceso de implementación del software de MES, de esta forma la transición hacia un ambiente digital será más suave.

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas de manufactura, y en especial las dedicadas a la elaboración de dispositivos médicos, se encuentran reguladas por diferentes normativas y/o entes a nivel internacional, lo que genera que los estandaros bajo los que se rigen este tipo de empresas sean los más altos y los más exigentes.

Las empresas que laboran en un ambiente regulado, requieren que todos los materiales, componentes, equipos, materias primas; entre otros, que forman parte del PLC (*Product Lifecycle*) sean monitoreados y puedan ser trazados hasta el punto de origen, logrando de esta forma, mantener esta información en el historial de fabricación del producto. Esta información, es la que se almacena en el DHR (*device history record*) del producto, y es lo que se conoce en la industria como la *trazabilidad del producto*.

Los sistemas de ejecución de manufactura, le permiten a las organizaciones, digitalizar sus procesos transaccionales y poder almacenar toda la información de su operación en un ambiente digital que se almacena en la nube. Los sistemas de MES le permiten a las organizaciones evitar las variaciones de materiales, mayormente relacionados a la sobreasignación de componentes en las órdenes de producción, ya que este sistema realiza comunicaciones en ambas direcciones con los sistemas de gestión de materiales para deducir las unidades utilizadas en tiempo real del inventario. Además, permite mejorar la calidad ya que virtualmente elimina los errores de GDPs (*good documentation practices*) y los descuidos de los operadores.

La utilización de sistemas como este, permite agilizar y modernizar los procesos y asegura que las empresas se mantengan a la vanguardia y asegurando los estándares de calidad.

1.1 Antecedentes

La planta de dispositivos médicos de Costa Rica es una empresa que se puede clasificar como una startup, ya que tan solo cuenta con tres años de haber sido iniciada en el país. Esta empresa se encarga de la manufactura de dispositivos médicos que se utilizan en el corazón de los pacientes. Como parte de una iniciativa global de la empresa, se desea empezar con la implementación de un sistema digitalizado de MES que permita digitalizar las operaciones y que además, ayude a prevenir los errores de documentación, asegure el cumplimiento de las correctas prácticas de manufactura y asegure la correcta asignación de componentes en los lotes de producción.

Como la empresa se encuentra en una etapa de levantamiento y de crecimiento exponencial, la organización determinó que estratégicamente es más efectivo si se realiza la implementación del sistema al inicio antes de tener la mayor cantidad de las líneas implementadas, ya que esto permite que con el ingreso del nuevo personal, se vayan entrenando en el nuevo sistema y adquiriendo el conocimiento necesario.

Los sistemas de ejecución de manufactura (MES) son soluciones de software que permiten incluir dentro de la manufactura diaria la calidad y la eficiencia integradas al proceso. Estos sistemas permiten la funcionalidad de conectarse con los diversos sistemas ERP que se tengan en la empresa por medio de un layer o interfaz que permite traducir la información de un sistema en las entradas del otro para permitir el intercambio de información.

Se puede decir con un alto grado de confianza que aunque la planta solo tiene 3 años de operación y alrededor de 2,5 años con las líneas de producción, el personal de soporte, posee un alto conocimiento, lo que permite traducir los requerimientos del cuarto de producción en una nueva programación que eventualmente será lo que se ha presentado como un eDHR (*electronic device history record*). Dicho esto, se puede concluir que la utilización de un eDHR o sistema de

MES va a garantizar la calidad del producto por medio del establecimiento de una plataforma virtual para ejecutar las órdenes de producción.

Por lo tanto, el paso que ha decidido dar la organización, de trabajar con un software de MES, permite que las operaciones de producción estén un paso más cerca de lo que se conoce actualmente en el gremio como Industria 4.0, es decir, estar más cerca de esta “nueva revolución industrial” que permitirá a la organización procesos más efectivos, de tecnología más eficiente y más retadores.

1.2 Problemática

La empresa en la que se desarrolla el proyecto cuenta con sesenta años de haber sido fundada. La empresa se dedica a la manufactura de dispositivos médicos que tratan diversas falencias en el corazón de las personas y dispositivos que ayudan con ciertos tratamientos cardiovasculares. Desde el inicio de la empresa, todos los procesos se documentan de forma manual y se lleva el historial de producción de igual forma. El registro manual de información genera que se tenga que invertir mucho tiempo en labores de documentación y de reconciliación de información. Se debe de entender que, los registros e información que se almacena en un DHR o eDHR, se utilizan como registro de todo el proceso productivo, en este caso, los dispositivos médicos fabricados en las áreas de producción, y estos cuentan con un router u hoja de ruta, que enumera los procedimientos operativos estándar (SOP) y otra documentaciones requeridas. Por lo tanto, un buen sistema de software eDHR recopilará todos los datos relacionados con la producción y el control posterior a la comercialización de dispositivos médicos terminados de forma automatizada, conectándose y transfiriendo información con todos los sistemas operativos de la organización.

Desde el año 2017, la empresa ha decidido lanzar un nuevo proyecto global, para agilizar la adaptación del modelo manual (a papel) a pasar a un sistema digital. Esta iniciativa nace ya que históricamente, de la información que se ha recopilado, muchos de los potenciales errores que pueden existir en un proceso de manufactura, son causados por errores relacionados a GDPs, ya que el proceso es dependiente 100% de la atención del operario que este ejecutando la operación. Una de las desventajas principales de utilizar un DHR en papel es que su utilización diaria es engorrosa y además, es muy propenso a errores. Se dice que es engorroso ya que requiere que cada operario debe ejecutar las mismas tareas una y otra vez por las 8 horas de jornada diaria y debido a tanta repetición, puede ocasionar que se pasen por alto detalles importantes. De acuerdo con un análisis realizado a lo interno de la compañía, se determinó que los DHRs a papel son tan extensos y contienen muchas firmas y espacios para escribir, se ha estimado que en la planta se cuenta con un total de 14 millones de oportunidades para error, es decir, una no conformidad que puede comprometer la información trazable y auditable de un lote de producción, es decir, para aumentar la preocupación, son alrededor de 38356 oportunidades de error por día.

Otra de las situaciones presentes en la organización es que, se poseen muchos diseños diferentes entre procesos de manufactura y productos ya que en muchas ocasiones se realizan a la necesidad específica de la línea de producción por más que se trate de estandarizar, lo que significa que el diseño y el formato de la información pueden ser inconsistentes de un registro a otro cuando se analizan varios productos. Con la implementación del sistema de MES, los registros electrónicos tienen un formato consistente al que los operadores pueden acostumbrarse rápidamente y es estandarizado en todos los productos de la planta. Por lo tanto, la implementación de un software de MES virtualmente reduciría las oportunidades para error en la planta y por medio de este mismo análisis, clasificando los fallos de las no conformidades, se

estima que el 40% de estos corresponden a problemas que pueden ser eliminado por el uso del sistema.

Analizando la utilización del DHR a papel a lo interno de la organización, diariamente los operarios de producción y todo el personal directo que forma parte de la elaboración del producto, deben navegar un poco más de 150 páginas diarias con información que deben de llenar, esto se traduce a que son alrededor de 2100 entradas manuales (es decir, información referente a números de lote, firmas del personal, asignación de componentes, inspecciones, etc) y 150 entradas realizadas por medio de algún tipo de computador. Y por último, cada personal directo debe de utilizar su firma alrededor de 460 veces.

Desde el punto de vista del Proyecto Final de Graduación, la creación de un Plan de Gestión del Proyecto, permitirá guiar a la organización a una implementación exitosa. La implementación del sistema MES para los diferentes productos y plantas, no ha sido definido por el equipo Global de MES, por lo que en gran parte depende de cada organización como lo desea realizar. Este PGP, proveerá una estructura basada en los principios y las buenas prácticas del PMI.

1.3 Justificación del proyecto

La justificación de la implementación de este proyecto viene principalmente por el hecho de que es una iniciativa global para la empresa. A través de dos plantas hermanas en Estados Unidos, se ha implementado el sistema de MES y se ha adquirido un nivel de experiencia alto en el funcionamiento de este. Además, al ser una industria de manufactura de dispositivos médicos elaborando un dispositivo que será utilizado en el corazón de los diferentes pacientes, se espera que se cuente con una trazabilidad de todo lote de producción donde se pueda ver cómo fue elaborado. El beneficio de la utilización de un eDHR en la organización es que es una herramienta de gestión para garantizar que se haya seguido el proceso de manufactura a como se

establece en los procedimientos estándar, que los componentes y materiales autorizados para el ensamble del producto se hayan consumido correctamente y además asegurar que las transacciones entre MES y los demás ERPs se hayan ejecutado, que todos los datos, atributos y actividades del proceso se hayan ejecutado y que su cumplimiento sea almacenado en el reporte de producción.

En forma de resumen, una de las razones por las que es tan importante la aplicación de un sistema de MES es que permite rastrear el historial de fabricación del producto, por ejemplo, este tipo de información puede ser referente a los números de parte, BOMs, números de lote, números de serie, resultados de las pruebas de inspección, revisiones de documentos y partes, no conformidades de la orden, equipos utilizados y firmas electrónicas, entre otros, de aquí que toda esta información es muy valiosa y auditable. Desde los inicios de la empresa, que fue hace 60 años, se ha utilizado un DHR a base de papel, lo que permite que exista la posibilidad de muchas fuentes de error que potencialmente pueden significar algún problema de calidad. Como este DHR es hecho a papel, generalmente es específico a cada planta y proceso, lo que evita que exista estandarización de los procesos y genera diversas fuentes de error, es decir, en un lapso de un año se presentan un total aproximado de catorce millones de oportunidades de error, lo cual se estima que, de no existir, se reducirían las no conformidades menores en un 40%.

El eDHR generado por medio de un sistema de MES proporciona una verificación en tiempo real que evita errores en la ejecución del producto, lo que permite aumentar la calidad del producto y reducir la dependencia del ser humano. En la otra parte, si hubiera alguna no conformidad o retrabajo que realizar en el producto el sistema de MES puede contener el lote y aislarlo del ambiente de producción. Usando un sistema de eDHR, se verifica en tiempo real que todos los datos deben estar completos y dentro de las especificaciones antes de que el sistema

permita que cada orden continúe al siguiente proceso. Esta funcionalidad, es lo que permite que utilizar un eDHR en lugar de un DHR a base de papel permita que cada proceso sea mucho más ágil, esto con el beneficio de que muchas actividades de tiempo muerto como por ejemplo revisiones y firmas, se procesen más rápido reduciendo el tiempo de ciclo de la operación.

Dicho esto, los sistemas de ejecución de manufactura (MES) ayudan a eliminar los errores humanos en la fabricación de los productos ya que proporcionan controles a los datos que se consideran críticos para la calidad del producto, y además hace cumplir de forma sistemática las especificaciones y requerimientos de producción requeridas para el cumplimiento de la calidad. Desde el punto de vista del Proyecto Final de Graduación, es importante la creación de un Plan de Gestión del Proyecto para poder controlar de forma correcta el triángulo de la calidad (alcance, costo y tiempo) y poder gestionar de forma correcta la implementación del nuevo sistema de MES. Uno de los principales beneficios de generar este PGP es la alineación estratégica, ya que permite asegurar que el producto que se está entregando estará implementado de forma correcta y que proporcionará un valor real para el negocio. Otro de los beneficios del PGP, es que permite generar enfoque, ya que el plan garantiza una estructura adecuada para el cumplimiento de los objetivos estratégicos. Por último, otro beneficio del PGP es que permite generar una visión realista del proyecto, ya que establece expectativas adecuadas en torno a lo que se puede entregar, cuándo y cuánto le costará a la organización.

1.4 Objetivo general

Elaborar un plan de gestión para el proyecto de implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura que permita guiar la ejecución y los procedimientos de control necesarios para el desarrollo exitoso del proyecto.

1.5 Objetivos específicos

- Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.
- Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.
- Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.
- Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES y plantear cómo se planea cumplir con los requisitos calidad del proyecto.
- Proponer un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.
- Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto, para describir cómo es que se planificarán, estructurarán y monitorearán las comunicaciones.
- Proponer un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.
- Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto para describir cómo se adquirirán los servicios y recursos.
- Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco institucional

2.1.1 Antecedentes de la institución.

La organización tuvo sus inicios en el año 1958, cuando su fundador Miles Edwards, decidió realizar esta incursión luego de haberse jubilado. Su fascinación por la medicina y su gran conocimiento junto con algunas experiencias con padecimientos cardiacos, fueron los detonantes para iniciar la empresa. El primer producto fue una válvula mecánica, la cual luego de un tiempo en desarrollo, fue producida e implantada en un paciente con éxito, y, partir de ese momento, fue el inicio de la primera planta de producción que estaba ubicada en Santa Ana, California.

A lo largo de estos 60 años de incursión en el mercado, la empresa ha crecido y ha logrado convertirse en una organización con presencia global, y contando con más de 8500 empleados en todo el mundo. Todo este crecimiento exponencial, ha llevado que la organización volteara sus ojos hacia Costa Rica, y viera la oportunidad de traer sus operaciones. Durante estos tres años de operación en el país, los costarricenses se han destacado por ser una mano de obra muy especializada, lo que ha significado una gran unión con el producto que se fabrica.

2.1.2 Misión y visión.

La organización en la que se va a desarrollar el trabajo posee una característica diferenciadora de las demás empresas de manufactura de dispositivos médicos. Lo que hace única a esta empresa es el hecho de poner siempre al paciente en el centro de toda decisión, pensando en cómo las acciones que se toman pueden impactar positiva o negativamente la calidad del producto final terminado. Teniendo en cuenta que los dispositivos que desarrolla la organización

son elaborados por medio de procesos manuales y de mucha complejidad se espera que siempre cumplan con su función de salvar vidas.

El efecto diferenciador de esta organización que se mencionaba anteriormente es que se ha decidido unir la misión y la visión dentro de una declaración, que sería:

“Nos dedicamos a proporcionar soluciones innovadoras a personas que luchan contra enfermedades cardiovasculares. A través de nuestras acciones nos convertimos en socios de confianza de los clientes, colegas y pacientes, creando una comunidad unida en su misión de mejorar la calidad de vida en todo el mundo. Nuestros resultados beneficiarán a los clientes, pacientes, empleados y accionistas. Celebraremos nuestros éxitos, aprovecharemos los descubrimientos y estaremos en continua expansión. Actuaremos con valentía, firmeza y determinación en beneficio de las personas que luchan contra las enfermedades cardiovasculares. Ayudar a los pacientes es nuestra misión en la Vida, y la Vida es ahora”.

Fuente: Ewdwards Lifesciences, 2019.

Viendo el enunciado anterior, se puede ver con firmeza el compromiso de la organización por lograr su misión de ser el mejor proveedor de cuidados cardiovasculares y de su visión de ser el socio de preferencia de todos los clientes. Ahora, la implementación de un software de MES proporcionará las herramientas necesarias a la planta de producción de Costa Rica para poder generar un proceso más veloz, ágil y centrado en la calidad.

2.1.3 Estructura organizativa.

La organización cuenta con una estructura tipo funcional, en la que todos los miembros de la organización reportan a un departamento dentro de la organización. Dicho esto, la empresa

ubicada en Costa Rica posee dos divisiones, pero cada una dentro de la misma estructura departamental. Referirse a la Figura 1 para visualizar la estructura organizacional a un alto nivel:

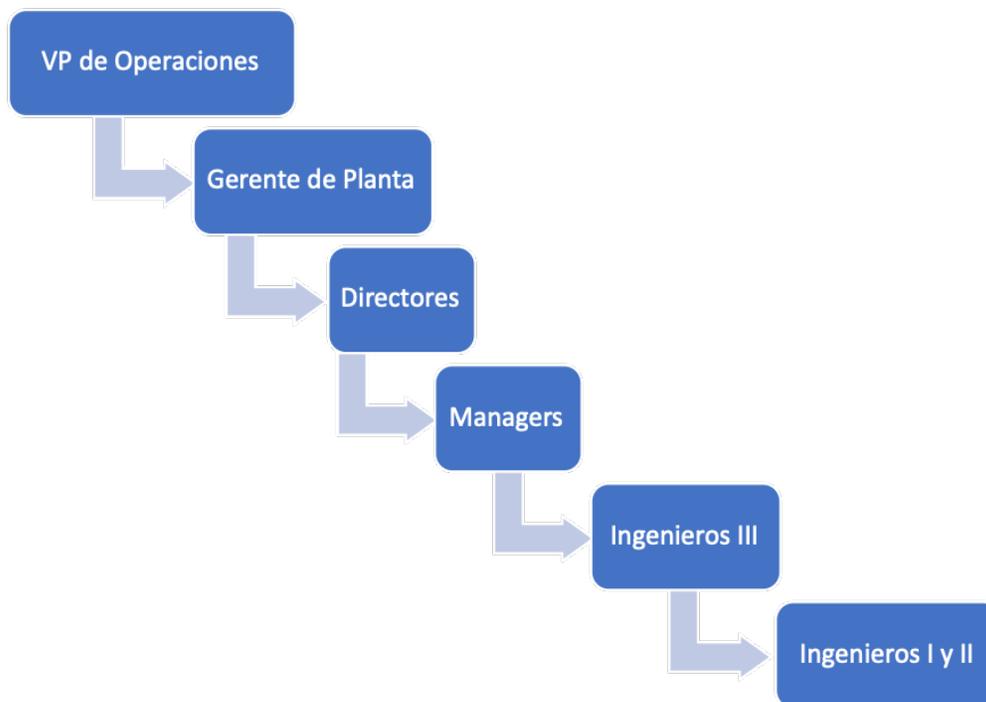


Figura 1. Estructura Organizacional. Fuente: Elaboración propia.

La iniciativa de implementación de este proyecto viene desde el vicepresidente de operaciones, inclusive, es una de las metas establecidas para la organización dentro del plan del SVP, es decir, es un proyecto de mucha visibilidad dentro de la organización y ayudará a cumplir una de las metas que permitirá a la organización incrementar la confianza de los inversionistas y agilizar los procesos.

2.1.4 Productos que ofrece la compañía.

La empresa se dedica a la manufactura de dispositivos médicos que apuntan a tratar los diversos padecimientos del corazón, productos y equipos para el cuidado intensivo y equipo de monitoreo. Por mencionar algunos, la organización cuenta con un gran abanico de productos, entre ellos: anillos de anuloplastía, catéteres, válvulas cardíacas quirúrgicas (operación a corazón

abierto), válvulas cardíacas transcáteter (válvulas posicionadas por medio de un catéter), monitorización hemodinámica, equipos de monitoreo de presión y otros accesorios e instrumentos que se utilizan en el cuidado del paciente.

Como es conocido, las empresas de manufactura de dispositivos médicos son reguladas por muchos entes regulatorios internacionales, que certifican que el producto se manufactura bajo las mejores normas de calidad, y aquí, es donde un software de MES permitiría almacenar toda esta información auditable dentro de un mismo sistema que es accesible en todo momento.

2.2 Teoría de administración de proyectos

2.2.1 Proyecto.

El PMI (2017) define un proyecto como un “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p.721). Para poder explicar mejor esta definición que brinda el PMI, se brinda a continuación la Figura 2.

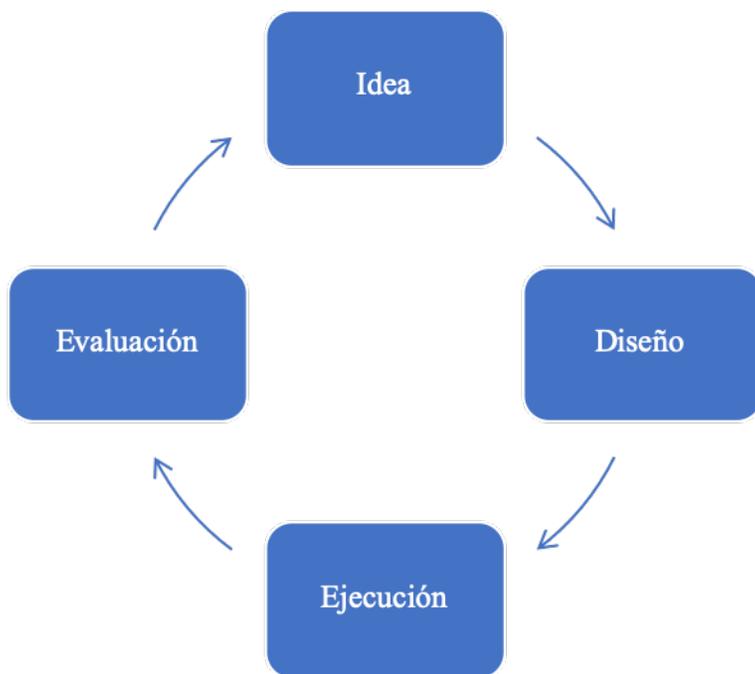


Figura 2. Ciclo propuesto para un proyecto. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se propone dividir un proyecto en cuatro etapas, las cuales son idea, diseño, ejecución y evaluación. Todo proyecto debe empezar por una idea, que se espera sea una necesidad que tenga una empresa, organización o cualquier ente, sobre la que se desee trabajar para generar un entregable nuevo. Luego de tener bien identificada la idea, se debe de diseñar un plan de acción que dicte las pautas necesarias a seguir para poder llegar a cumplir dicha idea. Una vez establecido dicho plan, se debe de ejecutar y trabajar en todos los hitos y tareas necesarias que llevaran al equipo de trabajo a cumplir con su objetivo. Por último, se propone la etapa de evaluación en la que se verifican todos los entregables para asegurarse de que se cumplió con todos los requerimientos establecidos al inicio. Dicho esto, se puede entender a un proyecto como un ciclo de actividades que se deben de realizar para poder generar un entregable de valor.

2.2.2 Administración de proyectos.

La administración de proyectos se puede entender como una metodología que se utiliza para poder llevar a cabo algún tipo de proyecto y cumplir un objetivo en un tiempo determinado. Esta metodología propone elaborar un plan para poder llevar a cabo un set de tareas que permitirán entregar y generar valor a una organización. El PMI propone que la administración de proyectos se puede descomponer en 10 áreas de conocimiento y 47 procesos, que, en conjunto, son un compilado de las mejores prácticas de la industria. Como ejemplo, se puede referir a la Figura 3.



Figura 3. Áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos: Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Ciclo de vida de un proyecto.

El PMI (2017) define el ciclo de vida de un proyecto como “serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión” (p. 701). En la Figura 4 se pueden observar las etapas propuestas del ciclo de vida de un proyecto.



Figura 4. Etapas del ciclo de vida de un proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la importancia del ciclo de vida del proyecto radica en que es una serie de etapas que, utilizadas en conjunto, por medio de un grupo de trabajo, se utilizan para lograr un objetivo final que agregará valor a una organización.

2.2.4 Procesos en la administración de proyectos.

Los procesos de la Administración de los Proyectos son las etapas generales por las que debe pasar un proyecto desde su inicio a su final. Por lo tanto, se propone que este concepto es un método que se utiliza para organizar y planificar el trabajo de una organización para llegar a cumplir los objetivos fundamentales que agregarán valor a la empresa. Para poder tener un entendimiento gráfico de los cinco procesos de la Administración de proyectos, referirse a la Figura 4. Además, una de las bases para poder determinar estas 5 etapas es el Ciclo Deming, referirse a Figura 5.

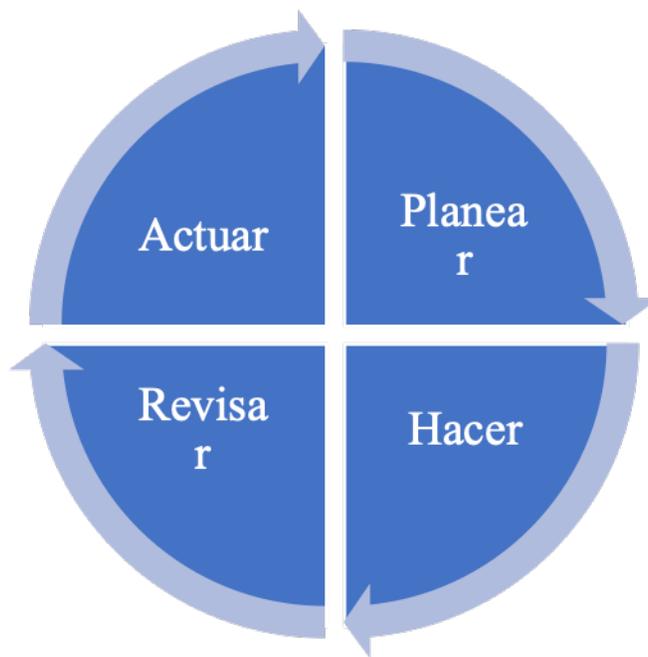


Figura 5. Ciclo Deming aplicado a los procesos de Administración de Proyectos. Fuente:

Elaboración propia.

El Ciclo Deming es la base para los 5 procesos, ya que muestra la estructura básica general que se sigue en todo proyecto: planeo una idea, se elabora un plan de acción, se realiza el control de plan y se ejecuta para obtener resultados.

2.2.5 Áreas del conocimiento de la administración de proyectos.

El PMI (2017) entiende las áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos como un “área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimiento y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que lo componen” (p. 700). Para poder visualizar las 10 áreas del conocimiento, referirse a la Figura 3.

Por lo tanto, se puede entender que estas 10 áreas del conocimiento se pueden entender como un conjunto de directrices y mejores prácticas para poder llevar una idea desde su concepción a la realización, y dentro de cada una de estas áreas se pueden encontrar una gran gama de términos, habilidades y herramientas que cualquier director de proyectos debe de conocer para poder dar estructura a un proyecto.

2.3 Definiciones de un software MES

2.3.1 Software MES.

La definición de un software de un sistema de MES viene de sus siglas en inglés que significan Manufacturing Execution System, que traducido al español sería Sistema de Ejecución de Manufactura. Este software tiene la función de poder digitalizar todas las funciones de una organización para pasar de un sistema de recolección de datos a base de papel a una plataforma digital, que permitirá agilizar los procesos y almacenar toda la información auditable en un mismo sistema.

2.3.2 Container.

En el mundo de MES, un container es lo mismo que una orden de producción o lote de producción. Por lo tanto, toda orden que se procese en el piso de producción es un container o contenedor dentro del ambiente de programación y se usará para darle trazabilidad a la orden dentro del ambiente de MES.

2.3.3 Split container.

Un split container es una orden de producción que se desea procesar one piece flow, es decir, flujo de una unidad a la vez. Por lo tanto, dentro del sistema de MES, se puede programar en una línea de producción que ciertas órdenes de producción se procesen una pieza a la vez en las estaciones que se desee.

2.3.4 Reporte.

Un reporte es un compilado de las características de cualquier objeto de MES que se modela en el sistema. Es decir, el sistema de MES puede generar un reporte en el cual se muestran todos los objetos, comandos y programación que se formuló dentro de cada objeto.

2.3.5 Workflow.

Para MES, el workflow o flujo de trabajo, es un objeto que se modela que muestra todo el flujo de la línea de producción desde su primera operación hasta la última. Un workflow puede tener contener varios specs, pero no al contrario.

2.3.6 Spec.

Para MES, un spec o especificación, es un objeto que describe toda la información específica a una sola operación dentro de la línea de producción. Un mismo spec se puede encontrar dentro de varios workflows, pero no al contrario.

2.3.7 Bill of materials.

Un bill of materials o una lista de materiales es una lista de los componentes que se utilizan para manufacturar un producto. Es decir, todos los componentes que se tienen dentro de una lista de materiales son los que se quedan con el producto y llegan al cliente final.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información son fuentes que proporcionan información a partir de o sobre un documento; el origen de la información y el medio por el que se transmite es el documento, y a veces, la información que proporciona es también sobre un documento.

3.1.1 Fuentes primarias.

Las fuentes primarias son fuentes que contienen información nueva u original, de primera mano. Es decir, son fuentes que tienen información que no ha sido filtrada o resumida o que son la versión original de lo dicho e investigado. Algunos ejemplos de fuentes primarias pueden ser: personas entrevistadas, personal de la empresa, entre otros.

3.1.2 Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias son aquellas que no tienen como objetivo principal ofrecer información sino indicar que fuente o documento nos la puede proporcionar. Algunos ejemplos de fuentes secundarias pueden ser bases de datos, libros, revistas, entre otros.

El resumen de las fuentes de información que se utilizarán en este proyecto se puede observar en la Tabla 1 presentada a continuación.

Tabla 1. Fuentes de la información utilizadas en el proyecto.

Objetivo	Fuentes de la información	
	Primarias	Secundarias
Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Charter del proyecto - Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> - Libro del PMBOK (2017)
Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - EDT del proyecto - Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> - Libro del PMBOK (2017)
Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial - Entrevista con manager de finanzas 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del CAPEX solicitado. - Libro del PMBOK (2017)
Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista con manager de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del sistema de manejo de no conformidades - Libro del PMBOK (2017)
Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial - Entrevista con manager de proyectos globales 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del CAPEX solicitado - Libro del PMBOK (2017)

Objetivo	Fuentes de la información	
	Primarias	Secundarias
Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto	- Entrevista con manager de BEx	- Plantillas de plan de comunicación - Libro del PMBOK (2017)
Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.	- Entrevista con manager de BEx - Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial	- Uso de sistema global de manejo de riesgos en la nube - Libro del PMBOK (2017)
Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto	- Entrevista con <i>sponsor</i> empresarial - Entrevista con manager de proyectos globales	- Revisión del CAPEX solicitado - Libro del PMBOK (2017)
Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.	- Entrevista con manager de BEx	- Plantilla de manejo y priorización de stakeholders - Libro del PMBOK (2017)

La Tabla 1 muestra las fuentes de información utilizadas en el proyecto referentes a cada objetivo, y según sean primarias o secundarias. Autoría propia.

3.2 Métodos de investigación

De forma resumen, se entiende que los métodos de investigación son la estructura o camino que se utiliza en un proyecto formado a base de investigaciones teóricas que ayudan al grupo de trabajo o colaborador individual a lograr los objetivos del proyecto en el tiempo óptimo y presupuestado mediante la elaboración de múltiples tareas. Los métodos de investigación utilizados en este proyecto se presentan a continuación.

3.2.1 Método cualitativo (interpretativo).

Corona Lisboa (2016) define a la investigación cualitativa como un método que “explica descriptivamente la conducta de los sujetos involucrados en la investigación, partiendo de lo

específico a lo general (inductivo), por lo tanto, es subjetiva e interpretativa, ya que toma en cuenta la naturaleza social e individual de los investigados, por ello, es el método de investigación social más relevante por excelencia”.

3.2.2 Método descriptivo.

Abreu (2014) define el método descriptivo como un método que “busca un conocimiento inicial de la realidad que se produce de la observación directa del investigador y del conocimiento que se obtiene mediante la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores. Se refiere a un método cuyo objetivo es exponer con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la realidad en estudio con los criterios establecidos por la academia” (p. 198).

3.2.3 Método inductivo.

Abreu (2014) define el método inductivo como un método que “observa, estudia y conoce las características genéricas o comunes que se reflejan en un conjunto de realidades para elaborar una propuesta o ley científica de índole general” (p. 200).

En la Tabla 2, se pueden apreciar los métodos de investigación que se van a emplear para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 2. Métodos de investigación utilizados en el proyecto.

Objetivo	Métodos de investigación		
	Cualitativo	Descriptivo	Inductivo
Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.	Se realizará una entrevista con el sponsor del proyecto y el equipo global de aplicaciones digitales.	Se analizarán los factores ambientales de la organización y además su cultura.	

Objetivo	Métodos de investigación		
	Cualitativo	Descriptivo	Inductivo
Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.	Se podrán realizar aproximaciones de las duraciones de las actividades basándose en las implementaciones anteriores de las plantas hermanas.	Se analizará la EDT del proyecto y de las actividades se podrán estimar las duraciones de las actividades dependiendo de los recursos disponibles.	Se revisarán los paquetes de trabajo que se desprenden de la EDT.
Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.	Se realizarán aproximaciones de los costos del proyecto utilizando información de implementaciones previas en las plantas hermanas.	Se analizará la EDT del proyecto y se podrán realizar estimaciones de los costos en los que se van a incurrir.	
Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES.			Se analizará el sistema de gestión de no conformidades para determinar que problemas se han tenido en las plantas hermanas.
Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.	Se analizará la guía de buenas prácticas para implementación del software para determinar si se cuenta con todos los recursos necesarios para una correcta implementación.		De ser necesario contar con personal extra para el proyecto se contratarán por medio del proceso implementado en el departamento de recursos humanos.
Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la	Se analizarán todas las plantillas de la empresa y se analizará		

Objetivo	Métodos de investigación		
	Cualitativo	Descriptivo	Inductivo
implementación del proyecto	su uso y funcionalidad para transmitir los mensajes al equipo de trabajo.		
Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.		Se realizará un análisis cualitativo de los riesgos para determinar su probabilidad e impacto en el proyecto.	Se analizarán los riesgos descritos en el sistema de gestión de no conformidades de la empresa.
Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto	Se analizarán guías de procesos de implementación de software para verificar que no falte el hardware necesario.		Se analizará el plan de adquisiciones de la empresa y se tomará como guía para realizar las adquisiciones.
Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.		Se realizará un análisis de interesados por medio de entrevistas con el equipo de implementación global.	

La Tabla 2 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.3 Herramientas

Se expone que una herramienta, desde el punto de vista que aplica a este proyecto, se entiende como algún tipo de recurso, medio, software o cualquier otro tipo de ayuda que permita facilitar la recopilación de información para el tema que se está estudiando.

En la Tabla 3, se definen las herramientas por utilizar para cada objetivo propuesto.

Tabla 3. Herramientas utilizadas en el proyecto.

Objetivo	Herramienta(s)
Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Entrevistas - Reuniones - Votación por unanimidad
Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Descomposición - Lista de hitos - Ruta crítica
Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Reuniones - Análisis de información histórica
Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Entrevistas - Listas de verificación
Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - RACI - Equipos virtuales
Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Conciencia cultural
Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Probabilidad e impacto - Estrategias para amenazas
Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos
Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Juicio de expertos - Matriz de poder/interés

La Tabla 3 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.4 Supuestos y restricciones

El PMI (2017) define que una restricción es un “factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso” (p. 415). Además, el PMI (2017) también define a un supuesto como un “factor del proceso de planificación que se considera verdadero, real o cierto, sin prueba ni demostración” (p. 725). En la Tabla 4 se muestran los supuestos y restricciones del proyecto, relacionados a los objetivos establecidos.

Tabla 4. Supuestos y restricciones del proyecto.

Objetivo	Supuesto(s)	Restricción(es)
Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.	- El inicio de implementación del sistema en cada línea de producción se dará de acuerdo con lo establecido en cada plan de transferencia.	
Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.	- El porcentaje de asignación de los recursos al proyecto es suficiente para evitar retrasos en la fecha de implementación.	- El proyecto debe ser implementado para el 2024.
Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.	- Cambiar de un sistema a base de papel a uno electrónico no afectará el tiempo de ciclo de las líneas de producción.	
Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES.	- La implementación del sistema de MES reducirá los errores humanos.	
Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.	- El total de seis recursos es suficiente para hacer la integración del sistema en toda la planta	- Esta es la primera implementación de este sistema en Costa Rica, por lo que el conocimiento en la herramienta es limitado.
Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la		- Una parte del equipo de implementación se

Objetivo	Supuesto(s)	Restricción(es)
<p>implementación del proyecto</p> <p>Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.</p> <p>Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto</p> <p>Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.</p>	<p>- El equipo de implementación del sistema será autosuficiente luego de dos semanas de entrenamiento y de certificación.</p> <p>- La planta de Costa Rica utilizará la información del sistema ya implementado en una planta hermana y los cambios serán mínimos para ajustar el sistema.</p> <p>- El hardware y los recursos que son transferidos a la planta de Costa Rica son suficientes y no se requieren comprar más.</p> <p>- Se cuenta con el soporte del director de ingeniería y del gerente de planta para eliminar cualquier <i>roadblock</i> que dificulte el avance del proyecto.</p>	<p>encuentra fuera del país, por lo que las comunicaciones deben ser constantes.</p> <p>-Esta es la primera implementación de este sistema en Costa Rica, por lo que el conocimiento en la herramienta es limitado.</p>

La Tabla 4 muestra supuestos y restricciones utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.5 Entregables

El PMI (2017) define un entregable como “cualquier producto, resultado o capacidad única y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto” (p. 4). En la Tabla 5 se muestran los entregables relacionados a los objetivos del proyecto.

Tabla 5. Entregables del proyecto.

Objetivo	Entregable(s)
Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto.	- Plan de gestión del alcance del proyecto
Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto.	- Plan de gestión del cronograma del proyecto
Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto.	- Plan de gestión de los costos del proyecto
Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES.	- Plan de gestión de la calidad del proyecto
Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades.	- Plan de gestión de los recursos del proyecto
Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto	- Plan de gestión de las comunicaciones del proyecto
Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.	- Plan de gestión de los riesgos del proyecto
Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto	- Plan de gestión de las adquisiciones del proyecto
Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.	- Plan de gestión de los interesados del proyecto

La Tabla 5 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

4 DESARROLLO

4.1 Plan de gestión de los interesados

El plan de gestión de los interesados se puede identificar como una estrategia para comprometer a todos los interesados con el proyecto y reducir su impacto negativo. Además, se busca gestionar sus expectativas y requisitos.

4.1.1 Identificar a los interesados.

Como parte integral de este proyecto, es de vital importancia identificar las partes interesadas que pueden influir y determinar el rumbo del proyecto. En la Tabla 6 se muestra la identificación de las partes interesadas del proyecto.

Tabla 6. Identificación de partes interesadas del proyecto.

Parte Interesada	Planta	Código de identificación
Director, Digital Transformation	Estados Unidos	G.O
Associate Manager, Global MES	Estados Unidos	K.W
Engineer II, Global MES SME	Estados Unidos	A.M
VP, Manufacturing Operations	Estados Unidos	C.Z
Sr Program Manager, PMO	Estados Unidos	B.L
Sr Director, Plant Manager	Costa Rica	J.P
Sr Director, Quality	Costa Rica	M.S
Director, Engineering	Costa Rica	G.C
Director, Manufacture	Costa Rica	J.C
Sr Manager, Engineering	Costa Rica	E.C
Sr Manager, Manufacture VSM	Costa Rica	P.C

Parte Interesada	Planta	Código de identificación
Supervisor, Documentation Specialist	Costa Rica	C.Q
Associate Project Manager, PMO	Costa Rica	M.P
Sr Engineer, Lead MES Modeler	Costa Rica	C.A

La Tabla 6 muestra la identificación de partes interesadas del proyecto. Autoría propia.

4.1.2 Planificar el involucramiento de los interesados.

Para poder determinar el nivel de involucramiento de las partes interesadas del proyecto, se hace uso de una Matriz Poder-Interés. Para poder entender mejor el uso de esta herramienta, es importante entender las dos variables que representa. El poder se puede entender como la capacidad que posee la parte interesada para detener o influenciar el avance del proyecto. En la otra mano, el interés se puede entender como el traslape que hay entre los objetivos del proyecto y los objetivos de la parte interesada, es decir, qué tan en sincronía se encuentran. A continuación, en la Figura 6 se muestra la Matriz Poder-Interés utilizada.

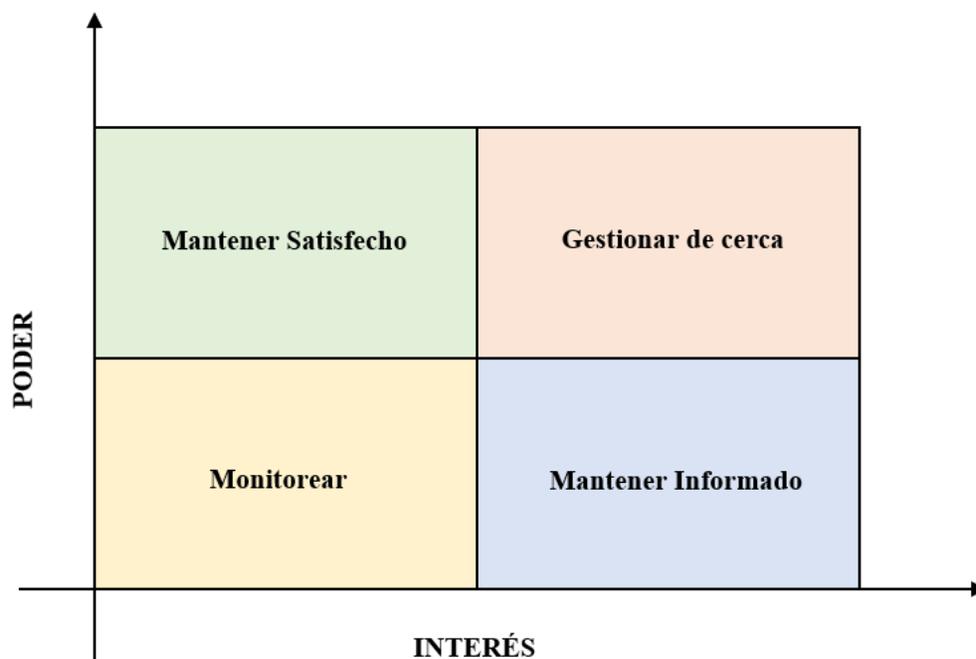


Figura 6. Matriz de Poder-Interés. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se explican cada una de las variables de la Matriz Poder-Interés:

- Gestionar de cerca: son partes interesadas con mucho interés y mucho poder, es decir, son los principales interesados que están fuertemente invertidos en el proyecto, se les debe involucrarlos al máximo en el proyecto y mantenerlos satisfechos.
- Mantener satisfecho: son partes interesadas con mucho poder y bajo interés. Este tipo de parte interesada es de mucho cuidado, ya que puede llegar a impactar de forma muy negativa al proyecto. Es importante mantenerlos informados de forma activa para que se hagan aliados del proyecto.
- Monitorear: son partes interesadas con poco poder y bajo interés, por lo tanto, se procura mantenerlos bajo radar para monitorear su estado y percepción del proyecto.
- Mantener informado: son partes interesadas con bajo poder, pero mucho interés. Este grupo de personas se deben de mantener informadas para que generen tracción en el proyecto y promuevan su beneficio a la organización.

Tomando en cuenta la información prevista en la Tabla 6 y la Figura 6, se procede a completar la matriz de poder-interés mostrada en la Figura 7 con las partes interesadas del proyecto.

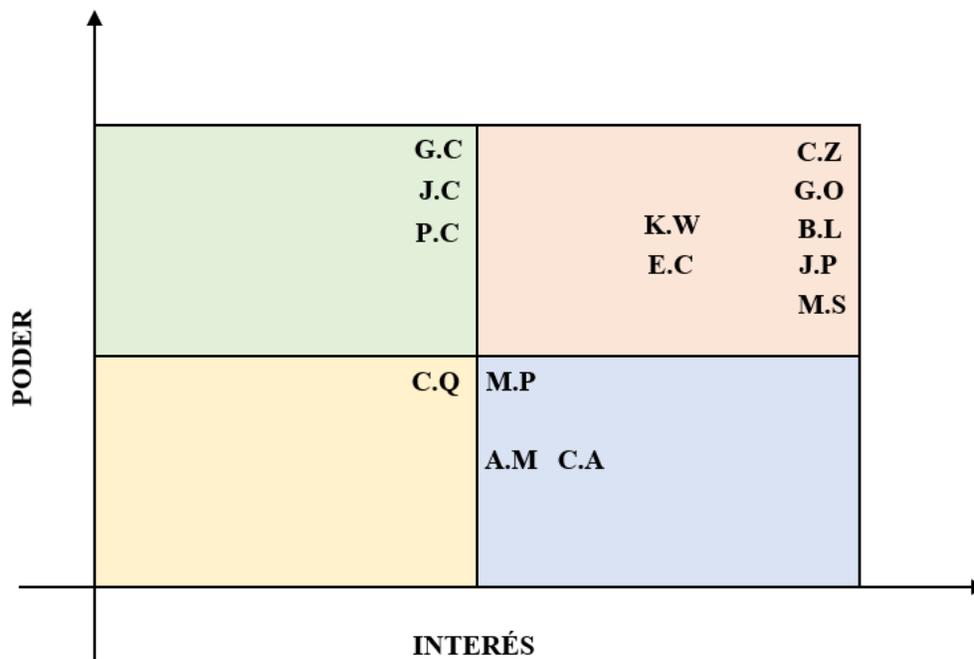


Figura 7. Matriz de Poder-Interés con los involucrados del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el plan de gestión de cada uno de los interesados de acuerdo con la información de la Figura 7.

Tabla 7. Plan de gestión de las partes interesadas, de acuerdo con la Matriz Poder-Interés.

Parte Interesada	Cuadrante Matriz Poder-Interés	Plan de gestión
Director, Digital Transformation Associate Manager, Global MES Sr Manager, Engineering VP, Manufacturing Operations Sr Program Manager, PMO Sr Director, Plant Manager Sr Director, Quality	Gestionar de cerca	Para las partes interesadas que muestran alto poder y alto interés, se realizarán reuniones bisemanales, en las cuales este comité es el que tomará las decisiones del rumbo del proyecto dependiendo del nivel de avance del proyecto y de cumplimiento de hitos. Además, en estas reuniones, se dictará la estrategia de implementación a seguir para las diferentes plantas.

Parte Interesada	Cuadrante Matriz Poder-Interés	Plan de gestión
Director, Engineering Director, Manufacture Sr Manager, Manufacture VSM	Mantener satisfecho	Para las partes interesadas que muestran alto poder y bajo interés, se les mantendrá informadas por medio de comunicaciones escritas (correo electrónico) sobre los principales logros y los beneficios de dichos logros para las áreas que lideran. Además, se les involucrará en las reuniones de toma de decisiones para tomar en cuenta sus inputs y cómo esto afecta sus áreas.
Engineer II, Global MES SME Associate Project Manager, PMO Sr Engineer, Lead MES Modeler	Mantener informado	Para las partes interesadas que muestran bajo poder y alto interés, se les tomará en cuenta en las reuniones diarias del equipo de implementación para poder involucrarlos con todo el equipo y generar tracción. Además, se les otorgará responsabilidad extendida, es decir, será líderes dentro del equipo para poder impulsar a los demás integrantes.
Supervisor, Documentation Specialist	Monitorear	Para las partes interesadas que muestran bajo poder y bajo interés se les involucrará en las reuniones semanales del equipo de implementación, con el fin de poder determinar las prioridades del proyecto y como balancearlas con las del departamento de documentación.

La Figura 7 muestra la estrategia a seguir para cada una de las partes interesadas del proyecto dependiendo de su nivel de poder e interés. Autoría propia.

4.1.3 Gestionar el involucramiento de los interesados.

Para poder gestionar el involucramiento de las partes interesadas, se realizará por medio de las solicitudes de cambio. El PMI (2017) define una solicitud de cambio como “una propuesta formal para modificar cualquier documento, entregable o línea base” (p. 96).

En el Anexo 4 se muestra el formato propuesto para las solicitudes de cambio de este proyecto. En la primera sección del formulario se piden los datos generales de la solicitud de

cambio para poder llevar un registro de todas las solicitudes y de las personas que las solicitan. Luego, se debe de seleccionar la(s) categoría(s) de cambio con el fin de poder determinar el impacto que va a generar. Por último, se debe determinar el tipo de cambio que se está solicitando y proveer una descripción detallada con el fin de decidir si se acepta o rechaza la solicitud de cambio.

4.1.4 Monitorear el involucramiento de los interesados.

Monitorear el involucramiento de los interesados es el proceso de monitorear las relaciones de los interesados del proyecto y adaptar las estrategias para involucrar a los interesados a través de la modificación de las estrategias y los planes de involucramiento (PMI, 2017, p.530).

Para poder monitorear el involucramiento de los interesados de este proyecto, se propone la información presentada en el Anexo 5. Por medio de este formulario se planea mantener un seguimiento de todos los temas que se discutan y que requieran de decisiones importantes que afecten el rumbo del proyecto.

4.2 Plan de gestión del alcance

El plan de gestión del alcance es un componente del plan del proyecto que describe cómo será definido, desarrollado, monitoreado, controlado y verificado el alcance. Es importante definir correctamente el alcance del proyecto, ya que una de las principales razones por la que los proyectos no se consideran exitosos, es por no definir correctamente el alcance sobre cual el proyecto se va a desarrollar.

4.2.1 Planificar la gestión del alcance.

Para poder planificar y definir el alcance del proyecto, se realizará por medio de juicio de expertos de los integrantes del equipo de Digital Transformation, pero también se realizará una

sesión de planeamiento intensivo en la planta de Costa Rica, utilizando información de proyectos similares que han sido implementados en plantas hermanas por parte del equipo Global de MES. De acuerdo con la información analizada de los otros proyectos, se establece que los siguientes enunciados definen el alcance del proyecto:

- Para el año 2020, se implementará el nuevo sistema de ejecución de manufactura en cuatro líneas del producto Ultra, iniciando la implementación del sistema el 1 octubre 2019.
- El sistema de ejecución de manufactura debe de comunicarse por medio de la capa de integración con el resto de los sistemas ERP, mantenimiento, calibración y entrenamiento de la planta.
- El sistema de ejecución de manufactura debe ser integrado en español para ser usado en Costa Rica.

4.2.2 Recopilar requisitos.

Para poder recopilar los requisitos de las partes interesadas, se procede a realizar una matriz de requisitos, referirse a la Tabla 8.

Tabla 8. Matriz de requisitos.

Id Parte Interesada	Descripción del requisito	Tipo de requerimiento
G.O	El sistema se debe de implementar sin realizar mejoras en la programación del sistema MES.	De la parte interesada
	Se deben de alinear los modelos electrónicos entre plantas en todos los aspectos posibles, es decir, que sean casi idénticos entre plantas de manufactura.	Del negocio
K.W	Basar la creación del modelo electrónico de la planta de Costa Rica, en el desarrollado en la planta de California, USA.	Del negocio

Id Parte Interesada	Descripción del requisito	Tipo de requerimiento
	No se deberán de generar mejoras en la programación del sistema MES.	De transición y preparación
A.M	La interfaz del sistema debe ser fácil de utilizar para el operario y las áreas de soporte.	Funcional
	El modelo electrónico de MES debe de representar correctamente la línea de producción.	Funcional
C.Z	Implementación del sistema MES en 4 líneas de producción para finales de diciembre del 2020.	Del negocio
B.L	Implementar el sistema MES de acuerdo con la fecha acordada por el equipo, con máximo un 10% de atraso en tiempo sobre el tiempo de <i>management reserve</i> .	Del proyecto
J.P	Implementación del sistema MES en 4 líneas de producción para finales de diciembre del 2020.	Del negocio
	Una vez implementado el sistema MES, no se deben de generar paros de línea por un mal funcionamiento del sistema.	Del negocio
M.S	La implementación del sistema MES no deberá impactar la calidad ni la trazabilidad del producto.	Del negocio
	El sistema de MES no deberá de generar ningún impacto negativo en la estrategia regulatoria de la empresa.	Del negocio
	El sistema debe de mostrar evidencia, por cualquier medio necesario, de las personas que realizaron alguna operación y la trazabilidad de los materiales usados en la fabricación de la válvula.	De calidad
G.C	El sistema debe ser accesible para todos los niveles de la organización: operarios, áreas de soporte e ingenieros.	Funcional
	La información que se almacena en el sistema de MES debe de estar respaldada en la nube para evitar pérdida de información.	No funcional
J.C	El sistema de MES debe de garantizar los requerimientos de los operarios, es decir, quien no esté entrenado no podrá ingresar al sistema.	Del negocio

Id Parte Interesada	Descripción del requisito	Tipo de requerimiento
	El entrenamiento de los operarios no debe de afectar la producción normal.	De la parte interesada
E.C	La implementación del sistema de MES no debe de afectar en más de un 50% la eficiencia de la primera línea por un lapso de 6 semanas.	Del negocio
	Implementar el sistema en las cuatro líneas de producción para noviembre, de tal forma Diciembre puede ser utilizado para cualquier eventualidad.	De la parte interesada
P.C	La implementación del sistema de MES no debe de afectar en más de un 50% la eficiencia de la primera línea por un lapso de 6 semanas.	Del negocio
	Para la implementación de las líneas 2, 3 y 4, el impacto en la eficiencia se debe reducir a un lapso de 4 semanas cada una.	Del negocio
C.Q	Toda documentación requerida, debe de pasar por un proceso de colaboración, para ser aprobada por el equipo de trabajo antes de los aprobadores finales.	De la parte interesada
M.P	Implementación del sistema de MES a tiempo, consumiendo únicamente los tiempos de <i>management reserve</i> previstos para el proyecto.	Del proyecto
C.A	Mantener un cumplimiento del proyecto promedio (<i>schedule adherence</i>) mayor igual a un 88%	Del proyecto
	Probar el modelo electrónico de la línea de producción, dos semanas antes de la implementación de la primera línea, para asegurar que no presenta ningún fallo	Del negocio

La Tabla 8 muestra los requisitos de las partes interesadas de este proyecto. Autoría propia.

4.2.3 Definir alcance.

El PMI (2017) menciona que “el enunciado del alcance del proyecto es la descripción del alcance, de los entregables principales, de los supuestos y de las restricciones del proyecto” (p. 154). Por lo tanto, para poder definir el alcance de este proyecto, se propone la información de la Tabla 9, la cual contiene toda la información de acuerdo con el PMI.

Tabla 9. Definición del alcance del proyecto.

Descripción del alcance del producto
El sistema de MES debe ser capaz de capturar todos los requerimientos actuales de la línea de producción, y traducirlos al lenguaje de programación del sistema. El sistema debe de representar en su el flujo de proceso actual que se corre bajo documentación a papel.
Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Certificación del personal de ingeniería en el uso del sistema. - Modelo electrónico completo. - Órdenes de cambio para los requerimientos de entrenamiento, procedimientos y modelo electrónico completas. - Entrenamiento de todos los usuarios completo. - Preparación de las líneas de producción. - Implementación del sistema.
Criterios de aceptación
<ul style="list-style-type: none"> - Implementación del sistema de MES en cuatro líneas de producción del producto Ultra para diciembre del 2020. - Estabilización de la eficiencia en 6 semanas de implementada la primera línea, de acuerdo con el valor base antes de iniciar la implementación del sistema MES. - Estabilización de la eficiencia en 4 semanas de implementadas las líneas 2, 3 y 4 de acuerdo con el valor base antes de iniciar la implementación del sistema MES. - Dos órdenes de producción son suficientes para considerar una línea de producción completamente capaz después de la implementación de MES.
Exclusiones del proyecto
<ul style="list-style-type: none"> - Las líneas de empaque. Estas serán implementadas en MES para el 2022. - Las líneas de esterilización. Estas serán implementadas en MES para el 2022. - Todas las líneas de producción o productos nuevos de la planta. La primera etapa es para cuatro líneas de producción del producto Ultra.

La Tabla 9 muestra los cuatro aspectos importantes para definir el alcance de este proyecto. Autoría propia.

4.2.4 Crear la EDT (estructura de desglose de trabajo).

La EDT es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo de proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. La EDT organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en el

enunciado del alcance el proyecto aprobado y vigente (PMI, 2017, p.157). En la Figura 8 se muestra la EDT realizada para la ejecución de este proyecto.

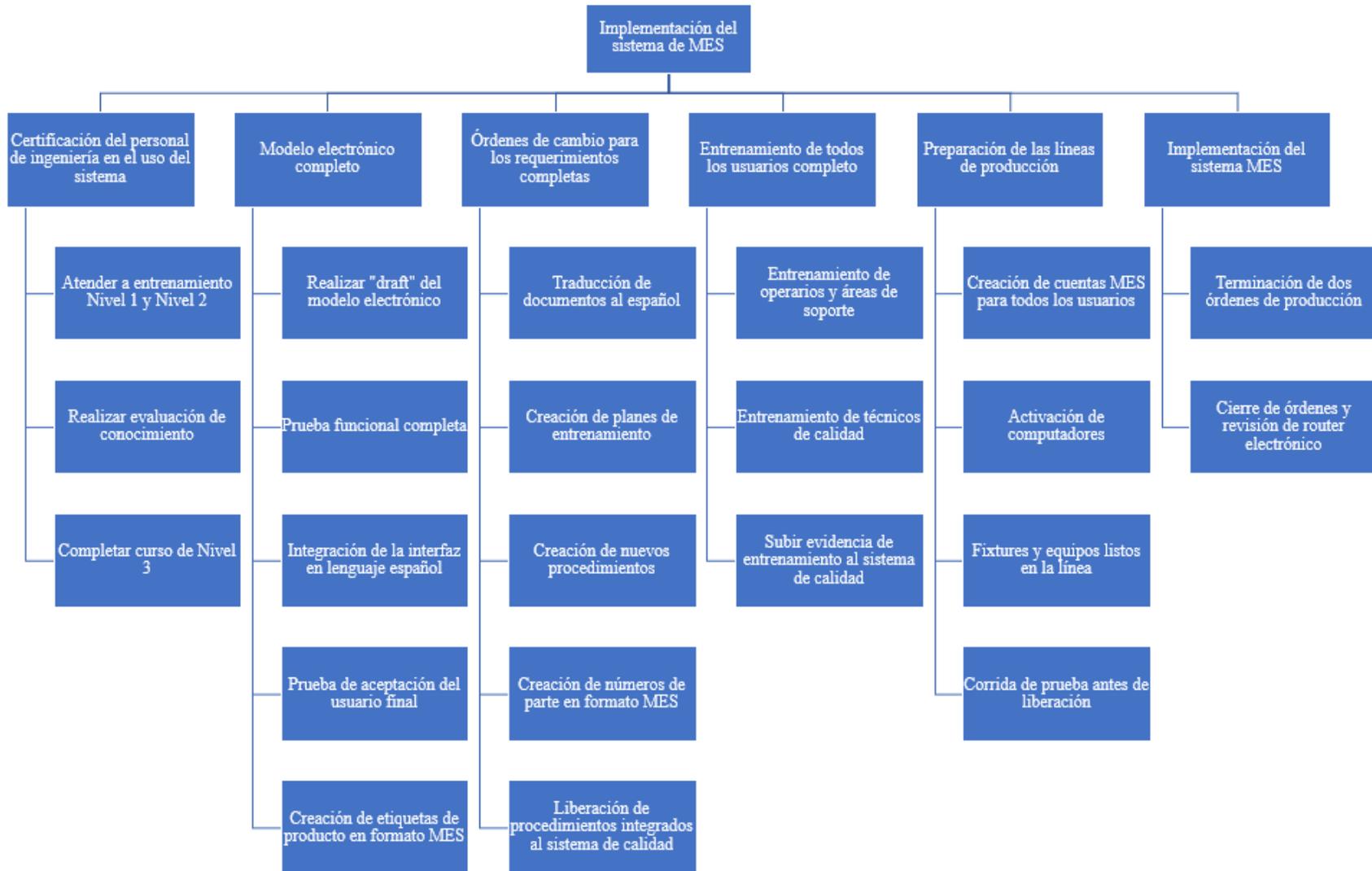


Figura 8. EDT del proyecto de implementación de MES. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Validar el alcance.

El PMI (2017) define validar el alcance como “el proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado” (p. 163). Para poder validar correctamente el alcance del proyecto, se propone monitorear de cerca los criterios de aceptación descritos en la Tabla 10 ya que estos dictan la medida de éxito de la implementación del sistema de MES en la planta.

Tabla 10. Validación del alcance del proyecto.

Criterio de aceptación	Descripción	Responsable
Estabilización de la eficiencia en 6 semanas de implementada la primera línea, de acuerdo con el valor base antes de iniciar la implementación del sistema MES.	Se mide el ritmo de producción de la línea para determinar la cantidad de unidades que se manufacturan por día. Este dato se tomará como base una vez implementado el sistema de MES, ya que su uso significará una baja en la eficiencia por tiempo de ajuste de los operarios al nuevo sistema. Cumplidas las seis semanas, la primera línea deberá llegar al ritmo que tenía antes de la implementación.	C.A
Estabilización de la eficiencia en 4 semanas de implementadas las líneas 2, 3 y 4 de acuerdo con el valor base antes de iniciar la implementación del sistema MES.	Se mide el ritmo de producción de la línea para determinar la cantidad de unidades que se manufacturan por día. Este dato se tomará como base para las siguientes líneas y debido a la experiencia de ya haber implementado una primera línea, se espera que llegar a la base de eficiencia se logre en un periodo menor.	C.A
Dos órdenes de producción son suficientes para considerar una línea de producción completamente capaz después de la implementación de MES.	Se correrán dos órdenes de trabajo en la primera línea a implementar, bajo las condiciones normales de producción. Si el sistema es capaz de correr bajo todas las condiciones y escenarios normales de producción se considera que la implementación ha sido exitosa.	C.A

La Tabla 10 muestra cómo validar el alcance del proyecto referente a los criterios de aceptación. Autoría propia.

4.2.6 Controlar el alcance.

El PMI (2017) define que controlar el alcance es “el proceso en el cual se monitorea el estado del alcance del proyecto y del producto, y se gestionan cambios a la línea base del alcance” (p. 166). Para el desarrollo de este proyecto, se propone el uso del Anexo 6 que provee una plantilla para el control de cambios en el alcance del proyecto.

4.3 Plan de gestión del cronograma

La gestión del cronograma de un proyecto es vital para asegurar la terminación del proyecto a tiempo y que cumpla los requerimientos de las partes interesadas. Es muy importante recordar que cuando se esté elaborando el cronograma, las fechas y tiempos de duración estimados deben ser valorados por los expertos de cada área, sino, será impreciso.

4.3.1 Definir las actividades.

Definir las actividades es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que descompone los paquetes de trabajo en actividades del cronograma que proporcionan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto (PMI, 2017, p.572).

De acuerdo con la información que se determinó en la sección 4.2.4, se determinan las siguientes actividades descritas en la Tabla 11.

Tabla 11. Entregables y paquetes de trabajo del proyecto.

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo
1	Certificación del personal de ingeniería en el uso del sistema
1.1	Atender a entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo
1.2	Realizar evaluación de conocimiento
1.3	Completar curso de Nivel 3
2	Modelo electrónico completo
2.1	Realizar “draft” del modelo electrónico
2.2	Prueba funcional completa
2.3	Integración de la interfaz en lenguaje español
2.4	Prueba de aceptación del usuario final
2.5	Creación de etiquetas de producto en formato MES
3	Órdenes de cambio para los requerimientos completas
3.1	Traducción de documentos al español
3.2	Creación de planes de entrenamiento
3.3	Creación de nuevos procedimientos
3.4	Creación de números de parte en formato MES
3.5	Liberación de procedimientos integrados al sistema de calidad
4	Entrenamiento de todos los usuarios completos
4.1	Entrenamiento de operarios y áreas de soporte
4.2	Entrenamiento de técnicos de calidad
4.3	Subir evidencia de entrenamiento al sistema de calidad
5	Preparación de líneas de producción
5.1	Creación de cuentas MES para todos los usuarios
5.2	Activación de computadoras

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo
5.3	Fixtures y equipos listos en la línea
5.4	Corrida de prueba antes de liberación
6	Implementación del sistema MES
6.1	Terminación de dos órdenes de producción
6.2	Cierre de órdenes y revisión de router electrónico

La Tabla 11 muestra la lista de entregables y paquetes de trabajo de este proyecto. Autoría propia.

Cuando se desarrolla una EDT para un proyecto en específico, lo que se busca es que la EDT no sea general pero tampoco tan detallada, ya que en la gestión de proyectos se busca un balance adecuado entre realizar el trabajo y un monitoreo adecuado para lograr los resultados esperados por las partes interesadas. Por decreto global de la empresa Edwards, en el departamento de Project Management se cuenta con un criterio el que se determina que solo los paquetes de trabajo que se consideren de complejidad media o elevada se desarrollarán de tal forma que se muestren las actividades que lo componen. En la Tabla 12 se muestran las actividades que componen los paquetes de trabajo que el equipo, por medio de juicio de expertos, ha determinado de complejidad media o elevada. Los paquetes de trabajo que son de complejidad baja en la columna de actividades se han descrito como N/A.

Tabla 12. Listado de actividades del proyecto.

Ítem	Paquetes de Trabajo	Actividades
1.1	Atender a entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2	- N/A
1.2	Realizar evaluación de conocimiento	- N/A

Ítem	Paquetes de Trabajo	Actividades
1.3	Completar curso de Nivel 3	- N/A
2.1	Realizar “draft” del modelo electrónico	<ul style="list-style-type: none"> - Definir requerimientos de producción - Oficializar documentos de configuración del sistema de MES - Modelar objetos de MES
2.2	Prueba funcional completa	<ul style="list-style-type: none"> - Habilitar modelo en ambiente de pruebas - Preparar dos órdenes en ambiente de prueba y crear materiales ficticios - Correr modelo de MES
2.3	Integración de la interfaz en lenguaje español	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer un barrido de todos los <i>tags</i> del sistema MES - Descargar los <i>tags</i> del sistema al para traducirlos. - Traducir los <i>tags</i>. - Cargar los <i>tags</i> traducidos al sistema de MES.
2.4	Prueba de aceptación del usuario final	<ul style="list-style-type: none"> - Montar línea de simulación de producción y correr una orden de producción. - Tomar lista de retroalimentación de los usuarios - Realizar correcciones necesarias al modelo de MES.
2.5	Creación de etiquetas de producto en formato MES	<ul style="list-style-type: none"> - Crear nuevas localidades de material en el sistema ERP empresarial. - Asociar las etiquetas a los productos - Realizar pruebas de impresión para verificar la información de las etiquetas.
3.1	Traducción de documentos al español	- N/A
3.2	Creación de planes de entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer barrido de procedimientos existentes para ver si requieren ser actualizados. - Migrar procedimientos de USA para hacerlos aplicables a Costa Rica. - Realizar procesos de cambio para agregar procedimientos a currículas existentes.
3.3	Creación de nuevos procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer listado de nuevos requerimientos de proceso - Crear procedimientos para

Ítem	Paquetes de Trabajo	Actividades
		actividades relativas al procesamiento de MES - Realizar los procesos de cambio para liberar los procedimientos.
3.4	Creación de números de parte en formato MES	- Crear nuevos números de parte en el sistema de cambios. - Habilitar y aprobar nuevos números de parte - Liberar requerimientos.
3.5	Liberación de procedimientos integrados al sistema de calidad	- N/A
4.1	Entrenamiento de operarios y áreas de soporte	- N/A
4.2	Entrenamiento de técnicos de calidad	- N/A
4.3	Subir evidencia de entrenamiento al sistema de calidad	- N/A
5.1	Creación de cuentas MES para todos los usuarios	- N/A
5.2	Activación de computadoras	- N/A
5.3	Fixtures y equipos listos en la línea	- Habilitar todos los fixtures para ser utilizados en MES - Generar nuevas identificaciones con Id MES
5.4	Corrida de prueba antes de liberación	- N/A
6.1	Terminación de dos órdenes de producción	- N/A
6.2	Cierre de órdenes y revisión de router electrónico	- N/A

La Tabla 12 muestra la lista de actividades del proyecto. Autoría propia.

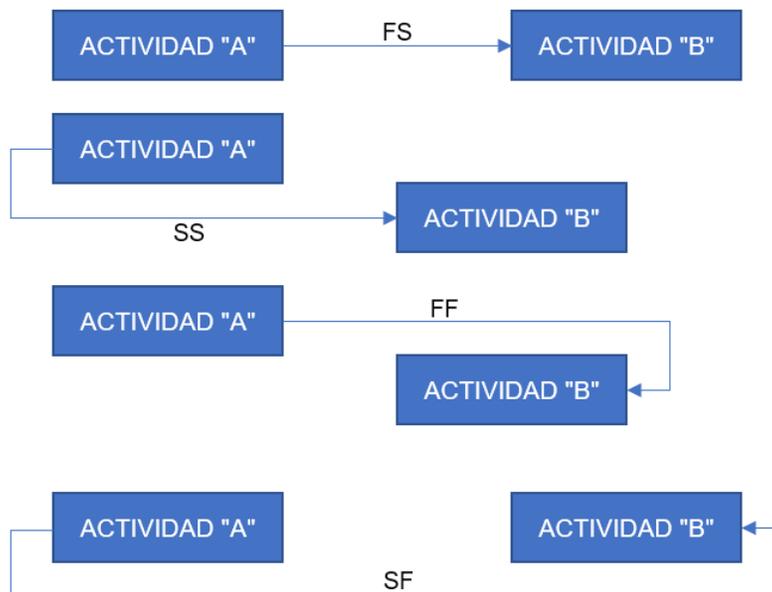
Dicho esto, se considera que la EDT propuesta para este proyecto es lo suficientemente detallada como para poder asignar dueños a cada paquete de trabajo y monitorear correctamente el avance. Además, el nivel al que se ha llegado permite definir con claridad las variables tiempo y costo.

4.3.2 Secuenciar las actividades.

Para poder secuenciar las actividades del proyecto en un orden lógico, se propone utilizar el método de diagramación por precedencias. Este método propone ordenar las actividades en un orden tal que se tomen en consideración los sucesores y predecesores para poder estimar con mayor precisión la duración del proyecto. Por lo tanto, se define que las relaciones de un proyecto pueden ser de cuatro tipos: final a inicio (FS), final a final (FF), inicio a inicio (SS) e inicio a final (SF). Cada una de estas relaciones se explican a continuación.

- Relación Final a Inicio (FS): esta relación implica que la actividad “B” no puede iniciar hasta que la actividad “A” haya finalizado.
- Relación Final a Final (FF): esta relación implica que una actividad “B” no puede finalizar hasta que la actividad “A” haya finalizado.
- Relación Inicio a Inicio (SS): esta relación implica que la actividad “B” no puede iniciar hasta que la actividad “A” inicie.
- Relación Inicio a Final (SF): esta relación implica que una actividad “B” no puede finalizar hasta que la actividad “A” inicie.

La Figura 9 a continuación, muestra de forma gráfica los conceptos explicados anteriormente.



*Figura 9. Tipos de relaciones del Método de Diagramación por Precedencias. Fuente:
Elaboración propia.*

Sabiendo que cada uno de los tipos de relaciones del Método de Diagramación por precedencias, se procede a diagramar la secuencia de los paquetes de trabajo del proyecto en la Figura 10.

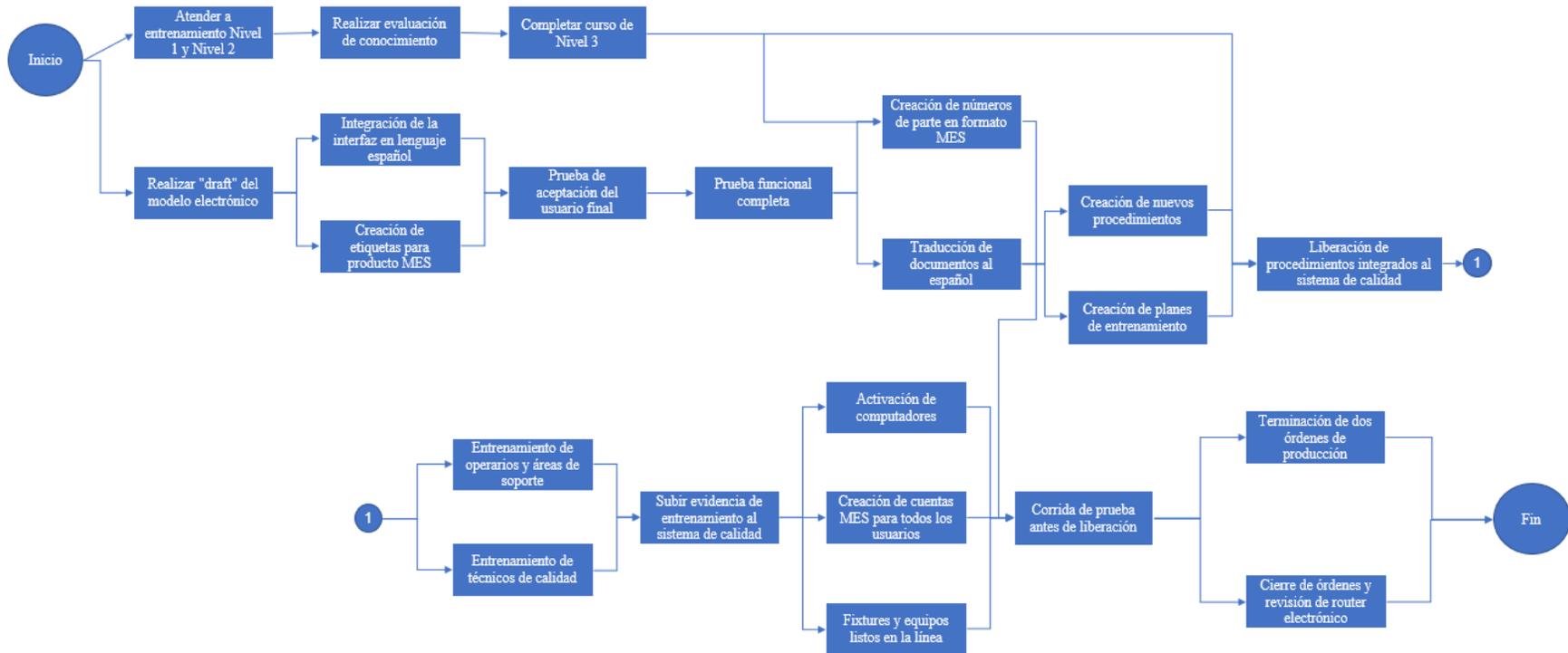


Figura 10. Diagrama del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Estimar las duraciones.

Para poder determinar la duración esperada de los paquetes de trabajo descritos en la sección 4.3.2 se propone utilizar la estimación basada en tres valores. Este método consiste en estimar la duración de una actividad utilizando la duración pesimista, más probable y optimista. Sabiendo que la implementación del sistema MES no ha sido implementado nunca en Costa Rica y se posee información de implementaciones en otras plantas hermanas, se utiliza este método ya que no se dispone de mucha información sobre duraciones para obtener la duración del proyecto.

El PMI (2017), define cada una de las tres duraciones de la siguiente forma:

- Más probable (tM): esta estimación se basa en la duración de la actividad, en función de los recursos que probablemente le sean asignados, de su productividad, de las expectativas realistas de disponibilidad para la actividad, de las dependencias de otros participantes y de las interrupciones.
- Optimista (tO): estima la duración de la actividad sobre la base del análisis del mejor escenario para esa actividad.
- Pesimista (tP): estima la duración sobre la base del análisis del peor escenario para esa actividad.

Por lo tanto, una vez teniendo los tres valores, se puede calcular la duración esperada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$tE = (tO + tM + tP) / 3$$

Fórmula 1. Cálculo de la duración estimada (tE). Fuente: PMI (2017).

Para poder calcular la duración estimada (tE) del proyecto, en la Tabla 13 se proponen los valores de duración más probable (tM), duración optimista (tO) y duración pesimista (tP) por

medio del juicio de expertos, de la información obtenida de las diferentes plantas que han implementado el sistema de MES en sus operaciones. Las duraciones se encuentran en semanas.

Tabla 13. Cálculo de la duración estimada (tE) para los paquetes de trabajo del proyecto.

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	tO	tM	tP	tE
1.1	Atender a entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2	1	2	3	2
1.2	Realizar evaluación de conocimiento	4	5	6	5
1.3	Completar curso de Nivel 3	3	4	5	4
2.1	Realizar “draft” del modelo electrónico	12	20	24	19
2.2	Prueba funcional completa	1	2	3	2
2.3	Integración de la interfaz en lenguaje español	8	12	16	12
2.4	Prueba de aceptación del usuario final	1	2	3	2
2.5	Creación de etiquetas de producto en formato MES	2	4	6	4
3.1	Traducción de documentos al español	5	10	12	9
3.2	Creación de planes de entrenamiento	3	4	5	4
3.3	Creación de nuevos procedimientos	3	4	5	4
3.4	Creación de números de parte en formato MES	3	4	5	4
3.5	Liberación de procedimientos integrados al sistema de calidad	1	1	2	1
4.1	Entrenamiento de operarios y áreas de soporte	1	1	1	1
4.2	Entrenamiento de técnicos de calidad	1	1	1	1
4.3	Subir evidencia de entrenamiento al sistema de calidad	1	1	1	1
5.1	Creación de cuentas MES para todos los usuarios	1	1	1	1
5.2	Activación de computadoras	1	1	1	1

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	tO	tM	tP	tE
5.3	Fixtures y equipos listos en la línea	2	2	3	2
5.4	Corrida de prueba antes de liberación	2	2	3	2
6.1	Terminación de dos órdenes de producción	1	2	3	2
6.2	Cierre de órdenes y revisión de router electrónico	1	2	3	2

La Tabla 13 muestra la lista de paquetes de trabajo de este proyecto y el cálculo de la duración estimada de los mismos. Autoría propia.

4.3.4 Desarrollar el cronograma.

Para poder desarrollar el cronograma del proyecto, se propone utilizar el método de la ruta crítica. El método de la ruta crítica se utiliza para estimar la mínima duración del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del modelo de programación. Esta técnica de análisis de la red del cronograma calcula las fechas de inicio y finalización, tempranas y tardías, para todas las actividades, sin tener en cuenta las limitaciones de recursos y realiza un análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma (PMI, 2017, p.210).

En la Figura 12, se muestran la ruta crítica marcada en color rojo. Cada una de las actividades que se muestra en la Figura 12 cuenta con un total seis valores, de los cuáles cada uno representa un valor diferente, los cuales se pueden referenciar en la Figura 11.

Inicio Temprano	Duración	Finalización Temprana
ACTIVIDAD		
Inicio Tardío	Holgura Total	Finalización Tardía

Figura 11. Información presentada en los nodos de actividad. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se definen cada uno de los términos de la Figura 11:

- Inicio temprano (ES): fecha más temprana en que puede comenzar la actividad.
- Duración: la cantidad de tiempo requerida para completar una actividad programada.
- Finalización temprana (EF): fecha más temprana en que la actividad puede terminar.
- Inicio tardío (LS): última fecha en que la actividad puede comenzar sin causar un retraso en la fecha de finalización del proyecto.
- Holgura total: tiempo de espera planificado entre actividades.
- Finalización tardía (LF): última fecha en que la actividad puede finalizar sin causar un retraso en la fecha de finalización del proyecto.

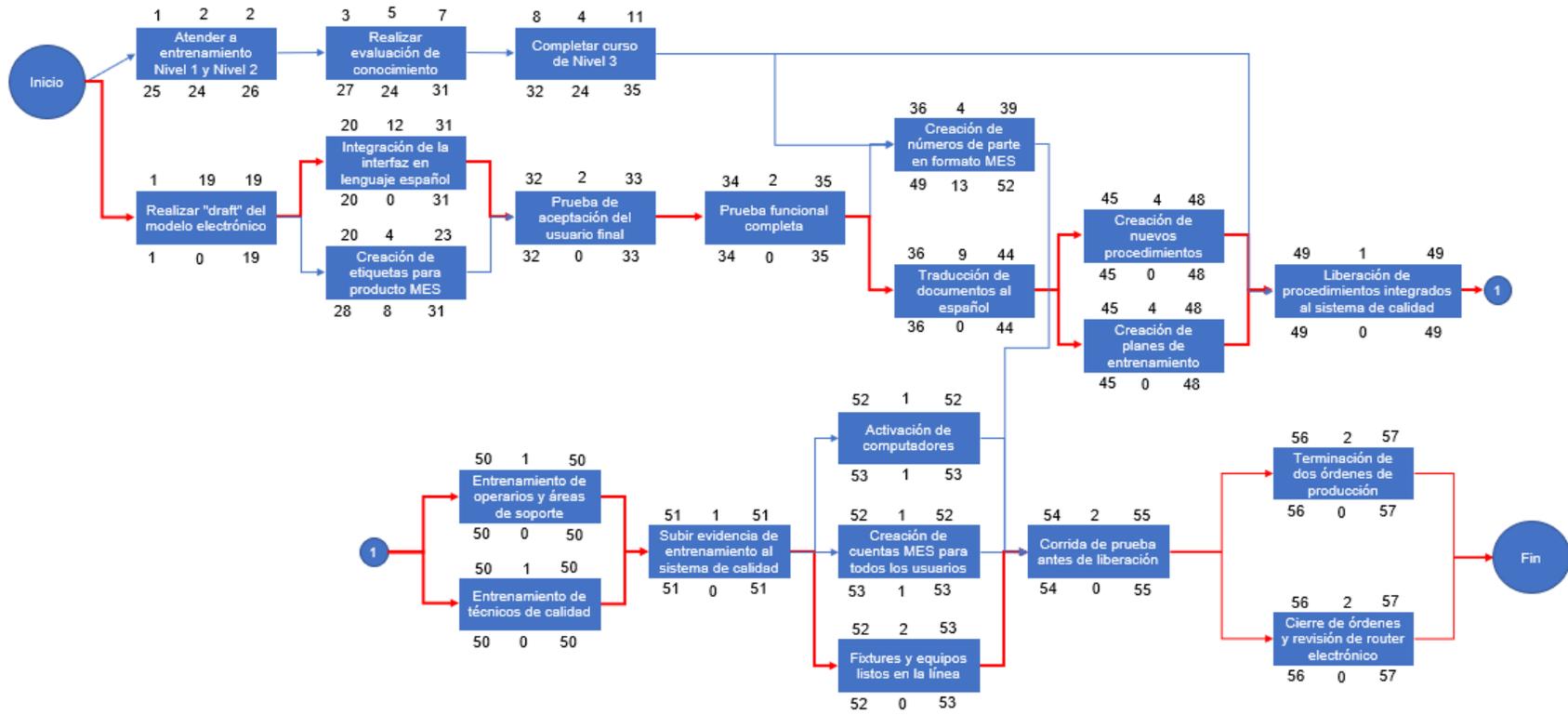


Figura 12. Estimación de la duración en semanas del proyecto, utilizando el Método de la Ruta Crítica (CPM). Fuente: Elaboración propia.

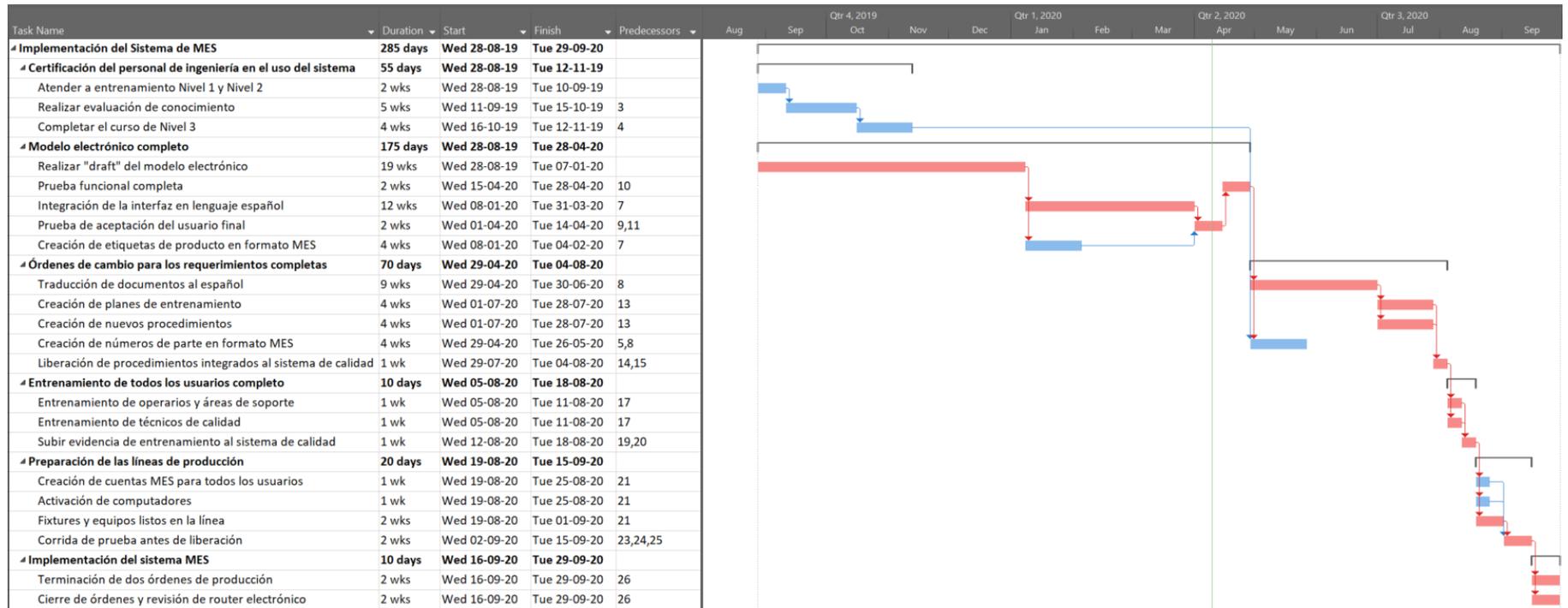


Figura 13. Cronograma final para la implementación del sistema de MES. Fuente: Elaboración propia.

La holgura de las actividades de la Figura 12 se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Holgura} = \text{LS} - \text{ES} = \text{LF} - \text{EF}$$

Fórmula 2. Cálculo de la holgura para las actividades. Fuente: Kramer, S. & Jenkins, J. (2006).

Las actividades que se encuentran en ruta crítica tienen una holgura de cero semanas, ya que son la secuencia continua de actividades críticas desde el inicio del proyecto hasta la finalización del proyecto. La sumatoria de las duraciones de las actividades que se encuentran en la ruta crítica es igual a la duración total del proyecto. Por lo tanto, cualquier retraso en alguna o varias de las actividades que se encuentran en la ruta crítica significa un impacto inmediato en la fecha de finalización del proyecto. En conclusión, en la Figura 13 se puede apreciar el cronograma final para la implementación del sistema de MES.

4.3.5 Controlar el cronograma.

Para poder realizar el control del cronograma, se utilizará un PMIS (sistema de información para la dirección de proyectos), este sistema es desarrollado específicamente para la empresa donde se está realizando el proyecto. Este sistema permite hacer un seguimiento a las fechas planificadas para cada actividad e informa cuando una actividad está cerca de vencerse o cuando ya se encuentra en atraso. Por lo tanto, el PMIS permitirá informar al equipo acerca del avance del proyecto para cumplir con la fecha de finalización por medio del porcentaje de avance. Además de la utilización del PMIS, se propone utilizar la herramienta de valor ganado (EVM) para poder realizar el control del cronograma, referirse al Anexo 7.

4.4 Plan de gestión de los costos

La gestión de los costos del proyecto se ocupa principalmente del costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. La gestión de los costos del proyecto debería de tener en cuenta el efecto de las decisiones tomadas en el proyecto sobre los costos

recurrentes posteriores de utilizar, mantener y dar soporte al producto, servicio o resultado del proyecto (PMI, 2017, p.233).

4.4.1 Estimar los costos.

El PMI (2017) define que estimar los costos “es el proceso de desarrollar una aproximación del costo de los recursos necesarios para completar el trabajo del proyecto” (p. 240). Para poder determinar el presupuesto del proyecto se va a realizar por medio de la estimación análoga, ya que como el sistema de MES ha sido implementado en otras plantas y diferentes productos se puede tomar esta información como referencia. El PMI (2017) define que la estimación análoga de costos “utiliza valores o atributos de un proyecto anterior que son similares al proyecto actual” (p. 244).

Una de las ventajas de utilizar este tipo de estimación es que es una forma rápida y sencilla de estimar el costo del proyecto ya que se usan proyectos similares para determinar el presupuesto. Por otra parte, una desventaja es que la estimación puede ser un poco inexacta, ya que por más que dos proyectos se parezcan no son exactamente iguales, y depende de datos históricos muy exactos. A pesar de esta desventaja, el equipo de Digital Transformation ha decidido que el riesgo de desviarse de gran forma sobre valores históricos es muy poco probable pero aun así se mitigará con un monto de reserva. Por lo tanto, para la ejecución de este proyecto se cuenta con un total de \$285 032. En la Tabla 14 se muestra el estimado de costo por cada paquete de trabajo.

Tabla 14. Costo estimado por paquete de trabajo.

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	Costo estimado
1.1	Atender a entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2	\$5 925
1.2	Realizar evaluación de conocimiento	\$3 239

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	Costo estimado
1.3	Completar curso de Nivel 3	\$5 925
2.1	Realizar “draft” del modelo electrónico	\$69 125
2.2	Prueba funcional completa	\$3 950
2.3	Integración de la interfaz en lenguaje español	\$39 500
2.4	Prueba de aceptación del usuario final	\$3 950
2.5	Creación de etiquetas de producto en formato MES	\$17 143
3.1	Traducción de documentos al español	\$6 320
3.2	Creación de planes de entrenamiento	\$1 580
3.3	Creación de nuevos procedimientos	\$1 580
3.4	Creación de números de parte en formato MES	\$15 800
3.5	Liberación de procedimientos integrados al sistema de calidad	\$3 950
4.1	Entrenamiento de operarios y áreas de soporte	\$19 750
4.2	Entrenamiento de técnicos de calidad	\$15 800
4.3	Subir evidencia de entrenamiento al sistema de calidad	\$1 975
5.1	Creación de cuentas MES para todos los usuarios	\$1 975
5.2	Activación de computadoras	\$1 975
5.3	Fixtures y equipos listos en la línea	\$47 400
5.4	Corrida de prueba antes de liberación	\$3 555
6.1	Terminación de dos órdenes de producción	\$11 850
6.2	Cierre de órdenes y revisión de router electrónico	\$2 765

La Tabla 14 muestra el costo estimado por paquete de trabajo del proyecto. Autoría propia.

4.4.2 Determinar el presupuesto.

El PMI (2017) define esta etapa como “el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada” (p. 248).

Se ha definido en la sección anterior, que por medio de una estimación análoga que el proyecto de implementación del sistema de MES cuenta con un presupuesto de \$285 032. Para tener una contingencia, se procede a estimar un porcentaje del presupuesto total como monto de reserva. Por medio de juicio de expertos, el Sr Program Manager ha determinado que se procederá a contar con una reserva del 22,5% sobre el monto total, por lo tanto, se determina que el presupuesto total del proyecto es de \$285 032 más una reserva \$64 132.

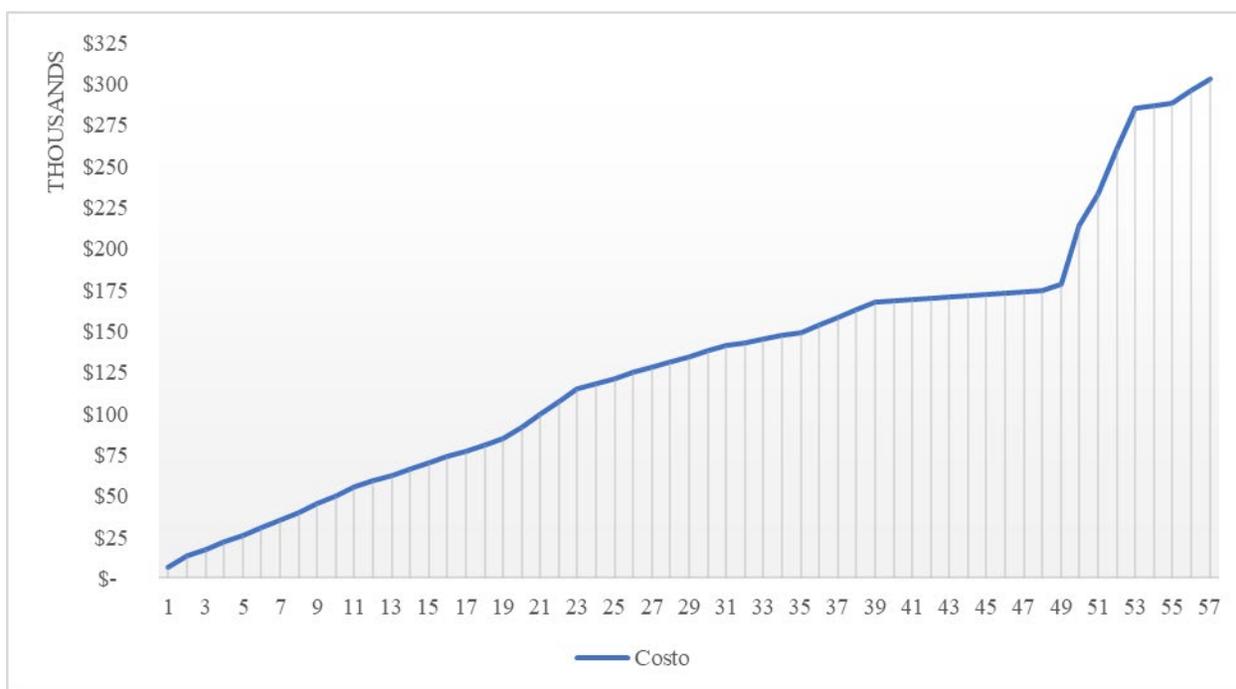


Figura 14. Gráfica de costo (presupuesto) vs tiempo (cronograma). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14; se muestra el gráfico de presupuesto (en el eje y) contra cronograma (en el eje x). Esta figura muestra cómo se van a ir comportando los gastos del proyecto al pasar de las semanas de acuerdo con la información determinada en la Tabla 14 y la Figura 12.

4.4.3 Controlar los costos.

Controlar los costos es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y gestionar cambios a la línea base de costos. El beneficio clave de este proceso es que la línea base de costos es mantenida a lo largo del proyecto (PMI, 2017, p. 257). Para poder realizar el control de los costos se propone utilizar la herramienta del valor ganado (EVM), referirse al Anexo 7.

4.5 Plan de gestión de la calidad

La gestión de la calidad del proyecto incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de la calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados (PMI, 2017, p.271).

Dos puntos muy importantes para tener en mente a lo largo del ciclo de vida de este proyecto son la satisfacción del cliente interno y la asociación mutuamente beneficiosa entre las plantas. En cuanto a la satisfacción del cliente interno, es importante recordar que la implementación de un sistema de MES es para ser utilizado por el personal de operaciones, por lo cual debe de cumplir con todos sus requerimientos y el sistema debe de asegurar que se cumplen todas las políticas de calidad y de regulación. En cuanto a la relación mutuamente beneficiosa entre plantas, es que al estandarizar prácticas entre plantas esto genere menos oportunidades de error y al mismo tiempo permite que soluciones desarrolladas en Costa Rica sirvan de igual forma en plantas de Estados Unidos.

4.5.1 Planificar la gestión de la calidad.

El PMI (2017) define la planificación de la gestión de la calidad como “el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento de los mismos” (p. 277).

Para poder planificar correctamente la calidad del proyecto, se procede primeramente a presentar en la Tabla 15 las métricas de calidad bajo las cuales se va a desarrollar el proyecto. Este conjunto de métricas permite indicar cómo se ajusta la implementación del software con los requisitos de las partes interesadas del proyecto.

Tabla 15. Métricas de calidad del proyecto.

Elemento	Métrica	Descripción
Funcionalidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trazabilidad de materiales 2. Aplicación de requerimientos de entrenamiento 3. Registros de limpiezas de línea 4. Registro de fecha, hora y nombre de la persona al momento de realizar una operación 5. Reducción del número de errores por ingresos manuales de información 	Con este elemento de calidad, se espera que el sistema de MES sea capaz de mejorar las condiciones actuales de manejo de producción disminuyendo los riesgos que afectan la calidad del producto
Procesamiento del producto	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema mantiene el tiempo de ciclo actual del proceso 2. Sistema evita crear cuellos de botella nuevos 3. Sistema responde a los comandos manuales del sistema y procesa los materiales respectivamente 	Por medio de este elemento de calidad, se espera que el sistema de MES no empeore el procesamiento de las órdenes de trabajo, entorpeciendo el flujo.
Ergonomía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de movimientos de los operadores 2. Interfaz de usuario amigable a la vista del operador 3. Uso de tabletas no perjudica el espacio de trabajo cercano de los operadores 	Se espera que el sistema de MES no empeore las condiciones ergonómicas del piso de producción, más bien se espera que disminuya los movimientos de los operadores ya que cuenta con toda la información centralizada dentro del mismo sistema

La Tabla 15 muestra las métricas de calidad asociadas al proyecto. Autoría propia.

Para el desarrollo de este proyecto, se proponen dos herramientas que van a permitir un aseguramiento de la calidad del producto, que en este caso es un sistema de MES. La primera herramienta que se va a utilizar es los estudios comparativos, referirse a la Figura 15. El PMI (2017) define que los estudios comparativos “implican comparar prácticas reales o planificadas del proyecto o los estándares de calidad del proyecto con las de proyectos comparables para identificar las mejores prácticas, generar ideas de mejora y proporcionar una base para medir el desempeño” (p. 281).

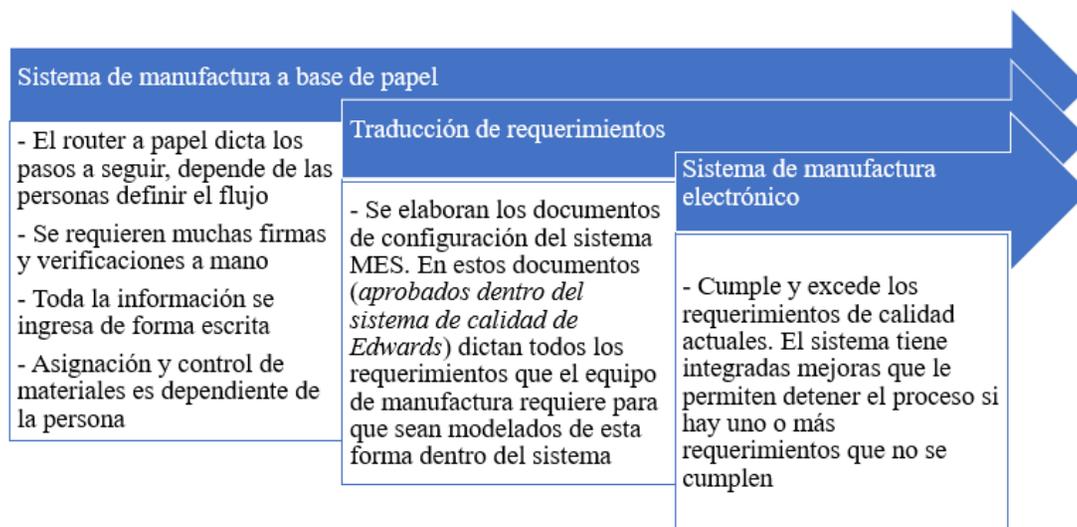


Figura 15. Estrategia para planificar la calidad del sistema de MES. Fuente: Elaboración propia.

La segunda herramienta que se propone utilizar son las entrevistas. El fin de estas entrevistas es poder presentar el modelo electrónico a todos los clientes finales y que ellos den retroalimentación de este, asegurando que cumple con todos los aspectos relacionados a las distintas funciones. Para poder llevar control de esta retroalimentación, se propone el uso del

Anexo 8. Con el uso de la plantilla propuesta en el Anexo 8, se espera recopilar todas las contribuciones de los entrevistados para poder entregar la mejor calidad en el sistema.

4.5.2 Gestionar la calidad.

El PMI (2017) define la gestión de la calidad como “el proceso de convertir el plan de gestión de la calidad en actividades ejecutables de calidad que incorporan al proyecto las políticas de calidad de la organización” (p. 288).

Para poder gestionar la calidad se va a hacer uso de dos herramientas. La primera herramienta que se va a utilizar son las auditorías. En el caso de este proyecto, la auditoría va a buscar por conformidad del nuevo sistema de MES comparándolo contra los requerimientos de calidad del producto y de proceso y para poder llevar registro de estas auditorías se propone el uso del Anexo 9. Por medio de este anexo, se propone que cada registro que se realice durante la auditoría del sistema se clasifique de una de tres formas: hallazgo, oportunidad de mejora y defecto. La clasificación hallazgo se va a utilizar cuando se encuentre algún proceso del sistema que no cumpla las políticas de calidad y por lo tanto requiere de atención inmediata. La clasificación de oportunidad de mejora se va a utilizar cuando surja alguna retroalimentación que determine que hay una opción mejor para realizar cierta función pero que aun así cumple las políticas de calidad, por lo que su prioridad será la más baja. Por último, la clasificación de defecto es cuando se encuentre un fallo en el sistema y que no puede procesar de forma adecuada el producto, por lo tanto, su prioridad es media.

La segunda herramienta que se va a utilizar en conjunto con la auditoría es la de resolución de problemas. Para este caso, se va a hacer uso de una herramienta de Lean Manufacturing conocida como el A3 ya que una de sus principales ventajas es que fuerza al equipo a trabajar y sintetizar

la problemática en una sola hoja y brinda toda la información necesaria para entender el problema, referirse al Anexo 10.

4.5.3 Controlar la calidad.

Controlar la calidad es el proceso de monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de la calidad para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente (PMI, 2017, p. 298).

Para poder llevar el control de la calidad de este proyecto, se va a realizar por medio de listas de verificación, referirse al Anexo 11. Por medio de estas listas de verificación se va a poder llevar trazabilidad del cierre de las acciones y/o observaciones que salen de las auditorías mencionadas en el apartado 4.5.2.

4.6 Plan de gestión de los recursos

La gestión de los recursos del proyecto incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto. Estos procesos ayudan a garantizar que los recursos adecuados estarán disponibles para el director del proyecto y el equipo del proyecto en el momento y lugar indicados (PMI, 2017, p. 307).

4.6.1 Planificar la gestión de recursos.

El PMI (2017) define que planificar la gestión de recursos es el “proceso de definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos físicos y del equipo” (p. 312). Para poder definir los niveles de responsabilidades de los diferentes paquetes de trabajo, se procede a realizar una matriz RACI, referirse a la Tabla 16. El cuadro RACI descompone el proceso en un conjunto de actividades clave, indicando para cada una de estas actividades quién debe ser responsable, accountable, consulted e informed. Cada una de estas características se define a continuación:

- **Responsable:** es la persona que debe de ejecutar la tarea.
- **Accountable:** es la persona sobre la que recae la responsabilidad de que la tarea haya sido ejecutada.
- **Consulted:** es la persona a la que se pregunta sobre temas relevantes a la ejecución de la tarea.
- **Informed:** es la persona a la que solo se le debe de informar el estado de la tarea.

Tabla 16. Matriz de asignación de responsabilidades del proyecto.

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	Nivel de responsabilidad			
		Responsible	Accountable	Consulted	Informed
1.1	Atender a entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2	C.A	K.W	A.M	E.C, B.L, M.P
1.2	Realizar evaluación de conocimiento	C.A	K.W	A.M	
1.3	Completar curso de Nivel 3	C.A	C.A		K.W

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	Nivel de responsabilidad			
		Responsible	Accountable	Consulted	Informed
2.1	Realizar “draft” del modelo electrónico	C.A	E.C	K.W, A.M	
2.2	Prueba funcional completa	C.A	E.C	K.W, A.M	B.L, M.P
2.3	Integración de la interfaz en lenguaje español	K.W	G.O		
2.4	Prueba de aceptación del usuario final	C.A	E.C		B.L, M.P
2.5	Creación de etiquetas de producto en formato MES	Equipo de Trabajo	C.A		
3.1	Traducción de documentos al español	C.A	K.W		E.C
3.2	Creación de planes de entrenamiento	Equipo de Trabajo	C.A		
3.3	Creación de nuevos procedimientos	Equipo de Trabajo	C.A		
3.4	Creación de números de parte en formato MES	Equipo de Trabajo	C.A		
3.5	Liberación de procedimientos integrados al sistema de calidad	Equipo de Trabajo	C.A		E.C
4.1	Entrenamiento de operarios y áreas de soporte	C.A	K.W	A.M	M.P
4.2	Entrenamiento de técnicos de calidad	C.A	K.W	A.M	M.P
4.3	Subir evidencia de entrenamiento al sistema de calidad	Equipo de Trabajo	C.Q		C.A
5.1	Creación de cuentas MES para todos los usuarios	C.A	K.W	A.M	

Ítem	Entregables y Paquetes de Trabajo	Nivel de responsabilidad			
		Responsible	Accountable	Consulted	Informed
5.2	Activación de computadoras	Equipo de Trabajo	G.O		
5.3	Fixtures y equipos listos en la línea	Equipo de Trabajo	C.A		M.P
5.4	Corrida de prueba antes de liberación	C.A	E.C	A.M	B.L, M.P
6.1	Terminación de dos órdenes de producción	C.A	E.C	A.M	B.L, M.P
6.2	Cierre de órdenes y revisión de router electrónico	C.A	E.C	A.M	B.L, M.P

La Tabla 16 muestra una tabla RACI para la asignación de responsabilidades del proyecto. Autoría propia.

4.6.2 Estimar los recursos de las actividades.

El PMI (2017) define estimar los recursos de las actividades es el “proceso de estimar los recursos del equipo y el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto” (p. 320).

Para poder realizar la estimación de los recursos humanos para este proyecto, se va a realizar por medio de la estimación análoga, ya que se cuenta con información de implementaciones del sistema de MES en otras plantas de Edwards. Además, el equipo de Digital Transformation ya cuenta con una estructura de recursos humanos que debe ser implementada para cuando se trabaje en una implementación de un sistema de MES, referirse a la Figura 16.



Figura 16. Estimación de recursos para la implementación del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, de acuerdo con los lineamientos del equipo de Digital Transformation se define que se ocupan recursos por cada una de estas áreas de trabajo. La cantidad de recursos se define de la siguiente forma:

- Production Supervisor (PS): 1 recurso
- Training Coordinator (TC): 3 recursos
- IT Architect (IT): 1 recurso
- Sustaining Engineer (SE): 3 recursos
- Quality Engineer (QE): 2 recursos
- Equipment Engineer (EE): 1 recurso
- Document Specialist (DS): 1 recurso
- Project Manager (PM): 1 recurso
- Local MES Modelers (MES): 2 recursos

Aparte de los recursos humanos, también se ocupa de hardware para la implementación de un sistema de MES, como: tablets, impresoras de etiquetas y scanners de códigos de barras. Las tabletas y scanners se consideran herramientas personales, por lo que cada operador va a requerir de una para realizar sus funciones, caso diferente para las impresoras, ya que se considera que dos por cuarto limpio es suficiente. La cantidad de hardware se estima de la siguiente forma:

- Tablets: 100 unidades
- Scanners: 100 unidades
- Impresoras: 2 unidades

En conclusión, se determina que se requieren un total de 15 personas más la implementación de hardware para poder realizar las operaciones en el sistema de MES.

4.6.3 Adquirir recursos.

El PMI (2017) define que adquirir los recursos es el “proceso de obtener miembros de equipo, instalaciones, equipamiento, materiales, suministros y otros recursos necesarios para completar el trabajo del proyecto” (p. 328).

Para poder adquirir los recursos de este proyecto, se va a hacer uso de tres herramientas que son: negociación, adquisición y equipos virtuales. Cada una de estas se explica a continuación:

- Negociación: se va a convenir con los diferentes gerentes de las áreas funcionales, que asignen de sus recursos a la implementación del proyecto.
- Adquisición: como la empresa no cuenta con todo el personal interno, es necesario buscar talento fuera de la empresa por medio de contratación.
- Equipos virtuales: es de vital importancia, ya que consiste en utilizar las herramientas de la empresa (como Microsoft Teams) para trabajar con integrantes del equipo que se encuentran en otros países y en diferentes zonas horarias.

4.6.4 Desarrollar el equipo.

El PMI (2017) define desarrollar al equipo como el “proceso de mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto” (p. 336).

La implementación de un sistema de MES es una tecnología nueva en la planta de Costa Rica, por lo que es muy importante llevar el nivel de los integrantes del equipo de implementación a un nivel tal que permita que la implementación del sistema se lleve a cabo. En la Tabla 17 se muestran las capacitaciones necesarias para lograrlo.

Tabla 17. Entrenamientos sugeridos para desarrollar al equipo del proyecto.

Tema	Detalles	Instructor	Asistentes
Entrenamiento Nivel 1 y Nivel 2	Este entrenamiento es para conocer las bases técnicas de lo que implica un sistema de MES. Además, se estudian términos y objetos del sistema MES.	K.W	- Sustaining Engineer - Quality Engineer - Documentation Specialist - MES Modelers
Entrenamiento Nivel 3	Este entrenamiento enseña a los asistentes a como realizar la programación de los objetos de MES.	K.W	- Sustaining Engineer - Quality Engineer - Documentation Specialist - MES Modelers
Uso del ERP empresarial	Este entrenamiento va a permitir a los asistentes comprender el software de ERP empresarial para poder conocer como se realizan transacciones de materiales e impresión de etiquetas de material y aplicarlo en el sistema de MES	Departamento IT	- MES Modelers
Generación de órdenes de trabajo	Este entrenamiento le permitirá a los asistentes entender cómo se generan las órdenes de trabajo y cuáles son los pasos para realizarlo	Departamento de Planning	- MES Modelers

La Tabla 17 muestra los entrenamientos requeridos para el equipo de trabajo para la implementación del sistema de MES en Costa Rica. Autoría propia.

4.6.5 Dirigir al equipo.

El PMI (2017) define que desarrollar el equipo es el “proceso de las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto” (p. 336).

Para poder cumplir con la definición descrita anteriormente, se propone realizar un proceso de evaluación de desempeño de los integrantes del equipo, en el cual se generará una evaluación 360°, es decir, todos los integrantes del grupo se evaluarán entre ellos mismos para asegurar que se están cumpliendo los requerimientos del equipo. Se espera que con una frecuencia de un quarter se elaboren las evaluaciones para poder tener tiempos de respuestas prudentes. Referirse al Anexo 12 para la evaluación de desempeño.

4.6.6 Controlar los recursos.

El PMI (2017) define que controlar los recursos es el proceso de “asegurar que los recursos físicos asignados y adjudicados al proyecto están disponibles tal como se planificó, así como de monitorear la utilización de recursos planificada frente a la real y tomar acciones correctivas según sea necesario” (p. 352).

Para poder realizar el control de los recursos de este proyecto se propone el uso de la herramienta de análisis de costo-beneficio y con esta el análisis cuantitativo que se debe desarrollar. La OECD (2019) define que la herramienta de costo-beneficio es “útil para quienes toman decisiones porque les permite ver la magnitud de los beneficios y los costos, analizados y expresados en términos monetarios, al comparar el impacto de las diferentes alternativas” (p. 65). Dicho esto, la empresa está en total disposición para brindar recursos para cuando sea necesario como se ha definido en la sección 4.6.2, pero es requerido por gerencia presentar el caso para

mostrar el impacto que tendría no contar con estos recursos o si se requieren más recursos para poder acceder al presupuesto que se había dispuesto para el año laboral.

4.7 Plan de gestión de las comunicaciones

La 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 (PMI, 2017, p.359).

4.7.1 Planificar la gestión de las comunicaciones.

Planificar la gestión de las comunicaciones es el proceso de desarrollar un enfoque y un plan apropiados para las actividades de comunicación del proyecto con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto (PMI, 2017, p.366). En la Tabla 18 se muestra cómo se planean manejar las comunicaciones del proyecto de implementación del sistema de MES.

Tabla 18. Planificación de las comunicaciones del proyecto.

Medio de comunicación	Tema que comunicar	Frecuencia	Responsable	Audiencia
Reunión presencial	Kick off del proyecto	Una vez al inicio del proyecto	B.L	G.O, K.W, A.M, C.Z, J.P, M.S, G.C, J.C, E.C, P.C, C.Q, M.P, C.A, Equipo de trabajo
Microsoft Teams	Avance Mensual	El primer lunes de cada mes	B.L	K.W, A.M, E.C, M.P, C.A
Reunión presencial	Reunión Diaria	Todos los días por 20 minutos	M.P	C.A, Equipo de trabajo
Microsoft Teams	Revisión del presupuesto	Cada <i>quarter</i>	B.L	G.O, K.W, A.M, E.C, M.P, C.A
Microsoft Teams	Lecciones aprendidas	Dos veces, una al inicio del	A.M	K.W, C.A, Equipo de

Medio de comunicación	Tema que comunicar	Frecuencia	Responsable	Audiencia
		proyecto y otra al final del proyecto		trabajo
Microsoft Teams	Riesgos a escalar	Cuando sea necesario	B.L	K.W, A.M, E.C, C.Q, M.P, C.A
Microsoft Teams	Prueba funcional del sistema	Una vez, al finalizar el <i>draft</i> del modelo electrónico	C.A	B.L, M.P, K.W, A.M, E.C, Equipo de trabajo
Microsoft Teams	Consultas técnicas del sistema MES	Cuando sea necesario	C.A	K.W, A.M
Microsoft Teams	Cierre del proyecto	Al finalizar el proyecto	B.L	G.O, K.W, A.M, J.P, M.S, G.C, E.C, P.C, C.Q, M.P, C.A
Reunión presencial	Cambio cultural	Antes de iniciar la implementación en cada línea de producción	C.A	Operarios de producción y áreas de soporte

La Tabla 18 muestra el plan para las comunicaciones del proyecto. Autoría propia.

4.7.2 Gestionar las comunicaciones.

El PMI (2017) define la gestión de las comunicaciones como “el proceso de garantizar que la recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados” (p. 379).

Para poder gestionar correctamente todas las comunicaciones del proyecto, se va a hacer uso del Anexo 5 para poder llevar un control de todas las reuniones que se realicen en el proyecto. Como medida interna, se ha definido que ninguna reunión es tan mínima que no se ocupe dejar registro de esta, por lo tanto, toda reunión deberá ser registrada en la plantilla del Anexo 5 y esta evidencia será guardada en el sistema de gestión de proyectos (PMIS) de la organización. Este sistema electrónico de manejo de proyectos aparte de permitir subir documentos (evidencia de las reuniones) permite también hacer entradas para cada uno de los ítems mencionados en la

Tabla 18. Por lo tanto, es trabajo del Project Manager local hacer una entrada en el software de manejo de proyectos por cada registro que se realice en el Anexo 5.

4.7.3 Monitorear las comunicaciones.

El PMI (2017) define que monitorear las comunicaciones es “el proceso de asegurar que se satisfagan las necesidades de información del proyecto y de sus interesados” (p. 388). Para poder proporcionar información sobre el buen funcionamiento de las comunicaciones, se propone realizar una matriz de evaluación del involucramiento de los interesados, para que a lo largo del ciclo de vida del proyecto se pueda revisar si hay cambios entre la participación deseada contra la actual de los interesados.

Tabla 19. Matriz de evaluación del involucramiento de los interesados.

Parte Interesada	Código de identificación	Nivel de Participación (Actual vs Deseado)				
		Desconocedor	Reticente	Neutral	De Apoyo	Líder
Director, Digital Transformation	G.O				A	D
Associate Manager, Global MES	K.W					A D
Engineer II, Global MES SME	A.M			A	D	
VP, Manufacturing Operations	C.Z					A D
Sr Program Manager, PMO	B.L					A D
Sr Director, Plant Manager	J.P					A D
Sr Director, Quality	M.S					A D
Director, Engineering	G.C				A D	
Director, Manufacture	J.C	A			D	
Sr Manager, Engineering	E.C					A D
Sr Manager, Manufacture VSM	P.C	A		D		
Supervisor, Documentation Specialist	C.Q			A D		
Associate Project Manager, PMO	M.P					A D

Parte Interesada	Código de identificación	Nivel de Participación (Actual vs Deseado)				
		Desconocedor	Reticente	Neutral	De Apoyo	Líder
Sr Engineer, Lead MES Modeler	C.A					A D

La Tabla 19 muestra la matriz de evaluación del involucramiento de las partes interesadas del proyecto, donde la letra “A” identifica el estado actual y la letra “D” el estado deseado. Autoría propia.

De acuerdo con la evaluación realizada en la Tabla 19, se logra determinar que hay ciertas brechas para algunas partes interesadas entre su estado actual (A) y el deseado (D), por lo tanto, requerirán de acciones y planes de comunicación más detallados por parte del administrador de proyectos, alineados con la información que se muestra en la Figura 7.

Para el resto de las partes interesadas en el que se estado actual (A) y el deseado (D) se encuentran al mismo nivel, se procede a mantener los mismos planes de comunicación y de monitoreo descritos en la Figura 7.

4.8 Plan de gestión de los riesgos

El PMI (2017) define que “los objetivos de la gestión de los riesgos son aumentar la probabilidad y/o impacto de los riesgos positivos y disminuir la probabilidad y/o impacto de los riesgos negativos, a fin de optimizar las posibilidades de éxito del proyecto” (p. 395).

4.8.1 Planificar la gestión de los riesgos.

El PMI (2017) define que planificar la gestión de los riesgos “es el proceso de definir como realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto” (p. 401). Debido a la familiaridad del equipo de Digital Transformation con el enfoque de ejecución de los proyectos de implementación de MES, se definen las siguientes categorías que engloban la totalidad de riesgos asociados al proyecto en la Figura 18.



Figura 18. Determinación de las categorías de riesgos del proyecto, Nivel 1 de la RBS. Fuente:

Elaboración propia.

4.8.2 Identificar los riesgos.

El PMI (2017) define que identificar los riesgos es “el proceso de identificar los riesgos individuales del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y documentar sus características” (p. 409).

Para poder identificar los riesgos del proyecto, se procede a elaborar una estructura de desglose de riesgos (EDR) como la que se muestra en la Tabla 20. La EDR es una herramienta que permite mostrar los riesgos del proyecto, en la cual se identifican y organizan por distintos niveles, los cuales identifican las distintas áreas y causas de posibles riesgos.

Tabla 20. Estructura de desglose de riesgos del proyecto de implementación de un sistema de MES.

Tema	Nivel 1 RBS	Nivel 2 RBS
Implementación del sistema de MES	1. Riesgo Técnico	1.1. Requerimientos de partes interesadas pueden cambiar durante el proceso de implementación
		1.2. Conocimiento en tecnología del sistema de MES nueva para Costa Rica
		1.3. Cambio del alcance del proyecto durante el proceso de implementación
		1.4. Prueba funcional del sistema no reta la mayoría de los escenarios posibles
		1.5. Interconexión del sistema MES con todos los sistemas ERP de Edwards sea deficiente
	2. Riesgo de Gestión	2.1. Disponibilidad de recursos insuficientes para el proyecto
		2.2. Disponibilidad del PM del proyecto disminuida por asignación a múltiples proyectos
		2.3. Aumento del costo de ejecución del proyecto
		2.4. Aumento de la duración del proyecto
	3. Riesgo de Calidad	3.1. Integración del idioma español realizada de forma incorrecta
		3.2. Entrenamientos insuficientes
	4. Riesgo Externo	4.1. Riesgos ambientales
		4.2. Dificultades de viajes en avión

La Tabla 20 muestra la EDR del proyecto de implementación de un sistema de MES. Autoría propia.

4.8.3 Realizar el análisis de los riesgos y planificar la respuesta a los riesgos.

Realizar el análisis de riesgos de un proyecto, es de vital importancia ya que puede determinar el éxito del fracaso. Un correcto mapeo de todos los potenciales riesgos positivos o negativos puede impulsar el proyecto o puede generar retrasos y contratiempos que finalmente llevarán a un cierre insatisfactorio.

Es de suma importancia calcular la probabilidad de la ocurrencia y del impacto que puede tener cada uno de los riesgos, ya que de esta forma será posible para el equipo del proyecto poder priorizar los recursos en los riesgos más latentes del proyecto.

El primer factor que se va a definir es la probabilidad de ocurrencia del riesgo. Se entiende por probabilidad de ocurrencia de un riesgo a la cantidad de incertidumbre asociada a que suceda tal evento. En la Tabla 21 se describen los valores para este proyecto.

Tabla 21. Probabilidad de ocurrencia de un riesgo.

Probabilidad de Ocurrencia	Valor Asignado
Muy alta	90%
Alta	70%
Media	50%
Baja	30%
Muy Baja	10%

La Tabla 21 muestra la probabilidad de ocurrencia de los riesgos propuesta para este proyecto. Autoría propia.

El segundo factor que se debe de definir para poder realizar el análisis cualitativo de los riesgos es el impacto que ocasionarían en el proyecto. En la Tabla 22 se describen los valores y las características para cada clasificación de impacto de los riesgos.

Tabla 22. Clasificación del impacto del riesgo para el proyecto.

Designación de Impacto	Descripción	Valor Asignado
Muy alto	- Impacto en la duración del cronograma $> 25\%$ y $\geq 35\%$ - Impacto en los costos del proyecto $> 25\%$ y $\geq 35\%$	40%
Alto	- Impacto en la duración del cronograma $> 15\%$ y $\leq 25\%$ - Impacto en los costos del proyecto $> 15\%$ y $\leq 25\%$	30%
Medio	- Impacto en la duración del cronograma $> 5\%$ y $\leq 15\%$ - Impacto en los costos del proyecto $> 5\%$ y $\leq 15\%$	25%
Bajo	- Impacto en la duración del cronograma $> 2\%$ y $\leq 5\%$ - Impacto en los costos del proyecto $> 2\%$ y $\leq 5\%$	10%
Muy Bajo	- Impacto en la duración del cronograma $\leq 2\%$ - Impacto en los costos del proyecto $\leq 2\%$	5%

La Tabla 22 muestra el impacto que puede tener un riesgo si este ocurriera. Autoría propia.

Utilizando los valores de la Tabla 21 y la Tabla 22, se obtiene una clasificación de los valores de probabilidad e impacto para la ejecución de este proyecto. Esto se obtiene mediante la multiplicación de cada uno de los valores asignados referirse a la Tabla 23.

Tabla 23. Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.

		Impacto				
		0.05	0.10	0.25	0.30	0.40
Probabilidad	0.90	0.05	0.09	0.23	0.27	0.36
	0.70	0.04	0.07	0.18	0.21	0.28
	0.50	0.03	0.05	0.13	0.15	0.20
	0.30	0.02	0.03	0.08	0.09	0.12
	0.10	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04

La Tabla 23 muestra la matriz de probabilidad e impacto que puede tener un riesgo si este ocurriera. Autoría propia.

Por último, se procede a determinar la clasificación de los códigos de colores de la Tabla 23 de acuerdo con el valor del producto de probabilidad multiplicado por impacto, referirse a la Tabla 24.

Tabla 24. Clasificación de la Probabilidad x Impacto.

Valor de Probabilidad x Impacto	Clasificación
$\leq 10\%$	Bajo
$> 10\%$ y $\leq 25\%$	Medio
$> 25\%$	Alto

La Tabla 24 muestra la clasificación de la Probabilidad x Impacto de los riesgos. Autoría propia.

Habiendo definido en la Tabla 24 las clasificaciones de los riesgos del proyecto, se procede a determinar la estrategia que se desea realizar para gestionar adecuadamente cada uno de los riesgos del proyecto, para eso se presenta la información de la Tabla 25. Es importante mencionar que las cuatro estrategias de la Tabla 25 se encuentran en orden, es decir, la primera acción que se debe de buscar es evitar/eliminar el riesgo. Dependiendo de las diferentes condiciones bajo la empresa se encuentre o las condiciones internas y externas bajo las que se desarrolla el proyecto no siempre es posible, por lo que se debe de seguir bajando a transferir el riesgo, luego a mitigar el riesgo y como última opción se procede a aceptar el riesgo.

Tabla 25. Estrategias propuestas para gestionar los riesgos del proyecto.

Estrategia para los riesgos	Descripción
Evitar / Eliminar	En esta estrategia se implementan las acciones para hacer que las condiciones o los factores que pueden generar el riesgo desaparezcan, y con ellos, el riesgo.
Transferir	En esta estrategia se traslada el impacto negativo del riesgo hacia un tercero.
Mitigar	Esta estrategia implica que se acepta que el riesgo puede tener un impacto en el proyecto, por lo que se procede a implementar acciones para reducir el impacto y/o su probabilidad de ocurrencia.
Aceptar	En esta estrategia se procede a aceptar el riesgo y su impacto en el proyecto.

La Tabla 25 muestra las estrategias propuestas para gestionar los riesgos del proyecto. Autoría propia.

Ya habiendo determinado los valores de probabilidad de ocurrencia de un riesgo en la Tabla 21, y la clasificación del impacto del riesgo para el proyecto en la Tabla 22, se procede a desarrollar la Tabla 26 para desarrollar el plan de acción ante los riesgos del proyecto.

Tabla 26. Plan de acción ante los riesgos del proyecto.

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Estrategia	Plan de Acción	Responsable
Requerimientos de partes interesadas pueden cambiar durante el proceso de implementación	0.30	0.40	0.12	Mitigar	Se procederá a controlar los intereses de las partes interesadas por medio de las reuniones y el plan de comunicación, para reducir la probabilidad de que este error se materialice	M.P

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Estrategia	Plan de Acción	Responsable
Conocimiento en tecnología del sistema de MES nueva para Costa Rica	0.70	0.40	0.28	Eliminar	Se procederá a transmitir el conocimiento de la planta de USA hacia los integrantes del equipo de Costa Rica, con el fin de llegar al mismo conocimiento y poder reducir tanto el impacto como la probabilidad de este riesgo.	C.A
Cambio del alcance del proyecto durante el proceso de implementación	0.10	0.40	0.04	Aceptar	N/A	N/A
Prueba funcional del sistema no reta la mayoría de los escenarios posibles	0.10	0.30	0.03	Aceptar	N/A	N/A
Interconexión del sistema MES con todos los sistemas ERP de Edwards sea deficiente	0.50	0.40	0.20	Mitigar	Se procederá a realizar pruebas funcionales de la implementación de los nuevos modelos de MES, para asegurar que su conexión con los demás sistemas funciona de la forma esperada	C.A
Disponibilidad de recursos insuficientes para el proyecto	0.50	0.25	0.13	Mitigar	Se realizará un trabajo cercano con los gerentes o jefes de cada recurso del proyecto para asegurar que su participación no se vea interrumpida, determinando la importancia de ejecución del proyecto.	M.P

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Estrategia	Plan de Acción	Responsable
Disponibilidad del PM del proyecto disminuida por asignación a múltiples proyectos	0.90	0.30	0.27	Eliminar	Se procederá a signar a un segundo PM de la planta de USA para que de soporte al PM local en tareas de gestión, comunicación y seguimiento de ejecución de tareas.	B.L
Aumento del costo de ejecución del proyecto	0.10	0.05	0.01	Aceptar	N/A	N/A
Aumento de la duración del proyecto	0.10	0.05	0.01	Aceptar	N/A	N/A
Integración del idioma español realizada de forma incorrecta	0.30	0.10	0.03	Aceptar	N/A	N/A
Entrenamientos insuficientes	0.10	0.10	0.01	Aceptar	N/A	N/A
Riesgos ambientales	0.50	0.10	0.05	Aceptar	N/A	N/A
Dificultades de viajes en avión	0.70	0.07	0.05	Aceptar	N/A	N/A

La Tabla 26 muestra el plan de acción ante los riesgos del proyecto Los riesgos cuya estrategia es *Aceptar* no se les generará un plan de acción ya que el valor de probabilidad por impacto es tan bajo que la empresa decide asumir el riesgo. Autoría propia.

A continuación, en la Tabla 27 se muestra una tabla resumen donde se priorizan los riesgos del proyecto que poseen un plan de acción.

Tabla 27. Priorización de riesgos del proyecto.

Prioridad	Clasificación	Riesgo
1	0.28	Conocimiento en tecnología del sistema de MES nueva para Costa Rica
2	0.27	Disponibilidad del PM del proyecto disminuida por asignación a múltiples proyectos
3	0.20	Interconexión del sistema MES con todos los sistemas ERP de Edwards sea deficiente
4	0.13	Disponibilidad de recursos insuficientes para el proyecto

La Tabla 27 muestra la priorización de los riesgos del proyecto. Autoría propia.

4.8.4 Implementar la respuesta a los riesgos.

De acuerdo con la información suministrada en la sección 4.8.3, se procede en esta sección a documentar la propuesta de cómo es que se va a manejar el proceso de respuesta a los riesgos. Cada vez que se presente un riesgo nuevo al proyecto, este debe ser ingresado al sistema por medio del Anexo 13 descrito en la sección 4.8.5 para poder estudiar las causas de aparición de los riesgos, así como las consecuencias que estos pueden ocasionar.

Obteniendo esta información, se procederá a desarrollar las acciones que permitirán atacar este riesgo, alineadas a la información de la Tabla 25. Cada una de estas acciones deberá llevar un estudio por parte del Project Manager, el Project Lead y el Sponsor del proyecto para determinar cómo están estructurados los planes de acción, si va a tener impacto o no en el presupuesto y si se deben designar recursos para su ejecución, así como nombrar a la persona encargada de implementar la respuesta a dicho riesgo.

4.8.5 Monitorear los riesgos.

Monitorear los riesgos el proceso de monitorear la implementación de los planes acordados de respuesta a los riesgos, hacer seguimiento a los riesgos identificados, identificar y analizar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a lo largo del proyecto (PMI, 2017, p. 453). Para poder realizar el monitoreo de los riesgos de este proyecto se propone el uso de la herramienta que se presenta en el Anexo 13.

Por medio de la información que propone el Anexo 13, cualquier integrante del equipo va a poder ingresar riesgos que surjan a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Además, cada uno de estos ingresos va a poder ser monitoreado por medio del PMIS que utiliza la empresa por medio de un ingreso dentro de la plataforma digital.

4.9 Plan de gestión de las adquisiciones

El PMI (2017) define que el plan de gestión de las adquisiciones del proyecto “incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir los productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto” (p. 459).

4.9.1 Planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto.

El PMI (2017) define que planificar la gestión de las adquisiciones del proyecto es “el proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales” (p. 466).

Para poder planificar correctamente la gestión de las adquisiciones del proyecto, se debe de determinar primeramente cuáles son los recursos externos al equipo del proyecto que se deben de comprar. Recordando los puntos descritos en las secciones 4.2.4 y 4.6.2 los únicos recursos externos al equipo del proyecto que se requieren adquirir son el hardware que es necesario para el correcto funcionamiento del sistema de MES y fixtures para montar el hardware en las líneas

de producción. La empresa ha decidido que estos recursos se manejan por medio de un contrato con una distribuidora nacional la cual los entrega cuando sean necesarios.

La empresa Edwards y la distribuidora de hardware han trabajado en un contrato de precio fijo con ajustes económicos de precio (FPEPA). Las dos razones por las que un FPEPA es requerido para la adquisición de hardware es:

- El contrato abarca un periodo considerable de años, en total el contrato rige por tres años
- Los pagos se efectúan en dólares, lo cual está sujeto a fluctuaciones debido a bajas y altas en el costo del dólar.

En la otra mano, para el caso de la adquisición de fixtures la empresa Edwards trabaja con contratos de precio fijo cerrado (FFP) con diferentes vendedores preaprobados. La razón por la que un FFP es preferido para adquirir los fixtures es porque el precio de cada fixture es fijado al inicio de las negociaciones y se mantiene igual hasta la entrega del producto, asumiendo que no cambie el alcance del trabajo. La empresa utiliza varios criterios para la selección de estos vendedores preaprobados y se enlistan en la Tabla 28.

Tabla 28. Criterios de selección de proveedores de la empresa.

Criterio	Descripción
Calidad de la solución técnica	Se busca que la incertidumbre asociada al diseño sea mínima, es decir, que la solución cubra la necesidad de la empresa y que no genere otros inconvenientes en el producto. Se califica en dos escalas: cumple y no cumple.
Costo del servicio	Se busca es que la solución propuesta por el proveedor no sea de un precio excesivo. Por experiencia del equipo de trabajo, se sabe por dónde rondan los precios para soluciones tales como fixtures, por lo que precios excesivos serán rechazados inmediatamente. Se califica en cuatro escalas: bajo, medio, alto y excede.
Propuesta técnica	Se busca que la solución propuesta sea ingeniosa, que resuelva la necesidad la necesidad con el menor uso de materiales. Además, se busca que la tecnología utilizada sea las más actualizada, lo que permite más tiempo de vida para

Criterio	Descripción
	el equipo. Se califica en tres escalas: no cumple, cumple y excede.

La Tabla 28 muestra los criterios de selección de aprobadores al momento de realizar una compra por medio de un contrato FFP. Autoría propia.

4.9.2 Efectuar las adquisiciones.

El PMI (2017) define que efectuar las adquisiciones es el proceso “de obtener respuestas de los proveedores, seleccionarlo y adjudicarles un contrato” (p. 482). Para poder efectuar las adquisiciones se realizará por medio de un enunciado del trabajo relativo a las adquisiciones (SOW). En la Tabla 29 se muestran las partes que componen un SOW y que será presentado por la compañía:

Tabla 29. Apartados de la declaración de trabajo (SOW).

Apartado	Descripción
Antecedentes	En esta sección se explica el contexto en el cual se va a desarrollar el proyecto y se documentan los objetivos que se deben de cumplir para el proyecto.
Alcance del trabajo	En esta sección se documenta el trabajo que se debe de realizar y quién es el responsable de cada una de estas tareas. Esta sección es muy importante, desde la perspectiva de Edwards, ya que se debe de enunciar todo el trabajo, especificaciones y aspectos técnicos que se consideren necesarios para que el proveedor cumpla con los requerimientos de la empresa.
Tareas y entregables	Esta tarea define cuáles son las tareas específicas que el proveedor debe de realizar, asociadas a fechas de entrega que fueron de mutuo acuerdo entre ambas compañías.
Medidas de desempeño	En esta sección, se detallan los aspectos con los que Edwards medirá el desempeño del proveedor, referirse a la Tabla 28.
Pago	Esta sección documenta cómo se va a realizar el pago y en qué fechas se va a realizar.

La Tabla 29 muestra las características o apartados que componen un SOW. Autoría propia.

4.9.3 Controlar las adquisiciones.

El PMI (2017) define que controlar las adquisiciones es “el proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y efectuar cambios y correcciones, según corresponda; y cerrar los contratos” (p. 492). Para poder realizar un correcto control de las adquisiciones de este proyecto se propone utilizar una matriz de trazabilidad la cual se puede referenciar en el Anexo 14. Esta herramienta va a ser de gran importancia ya que a permitir hacer visible cuáles contratos están abiertos, a cuál requerimiento de parte interesada estaría impactando y a cuál paquete de trabajo está asociado, entre otra información. Por medio de esta herramienta, será posible para el Project Manager y para el departamento de compras, poder dar seguimiento a las fechas establecidas en el SOW.

5 Conclusiones

- Unos de los aspectos más importantes de un plan de gestión de proyectos, es identificar correctamente todas las partes interesadas. Muchas veces la razón por la que los proyectos fallan es porque no se identificaron todas las personas o grupos internos y externos que pueden llegar a impactar drásticamente el alcance del proyecto, al igual que puede ocurrir que existan grupos que puedan beneficiar e impulsar el proyecto hacia el éxito.
- El alcance del proyecto puede determinar el éxito o el fracaso del proyecto, ya que encierra todo el “terreno” donde se va a desarrollar el proyecto. Si se abarca más de lo que se puede manejar el proyecto puede generar retrasos y un incremento en los costos. Mientras que si se demarca un alcance muy pequeño es posible que no se llegue a cubrir la necesidad principal del proyecto.

- Gestionar el cronograma del proyecto permitirá influir sobre los factores que crean cambios para preventivamente generar acciones que prevengan una desviación. Las desviaciones se deben de identificarse y analizarse, para determinar si son favorables o desfavorables. Las acciones que se tomen deben garantizar que las variaciones desfavorables no afectan a los objetivos del proyecto.
- Poder gestionar los costos del proyecto correctamente ayudará a la rentabilidad del proyecto, importante recordar que todo proyecto que se realice debe ser rentable para la organización. Por lo tanto, los costos deben ser superados por los beneficios que se obtendrán por la implementación del sistema de MES y un correcto control de los costos garantiza un uso eficiente de los recursos.
- La calidad de un proyecto se puede medir en el grado de que una empresa pueda desarrollar sus actividades de forma estandarizada y constante obteniendo los resultados esperados. Esta prácticas estándares, basadas en los criterios de calidad definidas para el proyecto permitirán mitigar la mala calidad, para no afectar los criterios de éxito ni tampoco los requerimientos de las partes interesadas.
- Desarrollar un plan de gestión de recursos del proyecto es de vital importancia para poder optimizar el personal, los materiales y otros recursos que sean asignados al proyecto. Se debe tener especial consideración de la gestión de recursos en las etapas tempranas de un proyecto por si existieran posibles limitaciones que impacten directamente los objetivos del proyecto y las métricas de la organización.
- En la gestión de todo proyecto, es importante que el Project Manager planifique los modelos de comunicación que se utilizarán en el proyecto, para que puedan ofrecer

información clara, concisa y oportuna para siempre estar alineado a los objetivos del proyecto, a los criterios de éxito y a los requerimientos de las partes interesadas.

- Una correcta gestión de riesgos permitirá al gestor de proyectos identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del proyecto, así se podrá estar listo si se llegaran a materializar estos eventos para poder contribuir al logro de los objetivos estratégicos.
- La importancia de la gestión de las adquisiciones radica en que las actividades desarrolladas buscan optimizar los costos asociados al proyecto y así evitar que se haga mal uso de los recursos de la empresa.

6 Recomendaciones

- Es importante que tanto el Project Manager y el equipo del proyecto comprendan el objetivo que quieren lograr con la implementación del sistema de MES en la empresa. Al hacer esto, los recursos y todos los esfuerzos que se generen estarán orientados hacia el plan estratégico.
- Se espera del Project Manager y del Sponsor del proyecto, que cuando realicen las comunicaciones del proyecto, sean capaces de vincular los objetivos del proyecto con los objetivos de la empresa, así se logrará transmitir mayor compromiso y participación de las diferentes áreas funcionales que participarán del proyecto.
- La asignación de recursos tiene un papel importante en la ejecución de este proyecto. Se debe recordar que la tecnología del sistema de MES es nueva para la empresa, por lo que el Project Manager se debe asegurar que los recursos tengan la actitud y aptitudes necesarias, de acuerdo con la sección 4.6.1 de este proyecto.
- Se debe de compartir o hacer visible el cronograma y el grupo de paquetes de trabajo y actividades del proyecto, como el descrito en la sección 4.3, de esta forma el equipo de trabajo conocerá las fechas en las que los entregables deben de estar completos.

7 Bibliografía

- Abreu, J. L. (2014). *El Método de la Investigación*. International Journal of Good Conscience.
- Corona Lisboa, J. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación*. Cuba: Medi Sur.
- Elliott, R. (June de 2013). Manufacturing Execution System (MES) An Examination of Implementation Strategy. San Luis Obispo, California, USA.
- Engineering, USA*. (10 de November de 2019). Obtenido de Siemens Opcenter Execution Medical Device and Diagnostics (Camstar): <https://www.engusa.com/es/product/camstar>
- Herszon, L. & Keraminiyage, K. (2014). Dimensions of project complexity and their impact on cost estimation. Paper presented at PMI® Global Congress 2014—North America, Phoenix, AZ. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Invensis Global Learning Services*. (28 de Marzo de 2020). Obtenido de What is Precedence Diagramming Method in Project Management?: <https://www.invensislearning.com/resources/pmp/precedence-diagramming-method>
- Kramer, S. W. & Jenkins, J. L. (2006). Understanding the basics of CPM calculations: what is scheduling software really telling you? Paper presented at PMI® Global Congress 2006—North America, Seattle, WA. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Naedele, M., Chen, H.-M., Kazman, R., Cai, Y., Xiao, L., & Silva, C. (2014). Manufacturing execution systems: A vision for managing software development. *El Sevier*, 59-63.
- OECD (2019), *Implementación del Análisis de Impacto Regulatorio ene l Gobierno Central del Perú: Estudios de caso 2014-16*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264305809-es>.

Obonaga Rubiano, J. S., & Guerrero Mena, J. D. (2018). Desarrollo de una plataforma para la ejecución de manufactura (MES), acorde al estandar internacional, para el laboratorio de control de procesos 20A del centro de electricidad y automatización industrial CEAI-SENA. Santiago, Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

OBS. (23 de Noviembre de 2019). Obtenido de ¿Cuáles son las etapas de un proyecto?:

<https://www.obs-edu.com/int/noticias/innovacion/cuales-son-las-etapas-de-un-proyecto-te-lo-contamos-en-esta-infografia>

OBS. (22 de Noviembre de 2019). Obtenido de Tipos de estructuras organizativas.Cuál es la mejor para tu empresa: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/tipos-de-equipos-de-trabajo/tipos-de-estructuras-organizativas-cual-es-la-mejor-para-tu-empresa>

PMI. (2009). *Practice Standard for Project Risk Management*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2013). *Managing Change in Organizations: A Practice Guide*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2014). *Navigating Complexity: A Practice Guide*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2016). *Requirements Management*. Pensilvania: PMI.

PMI. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2019). *Practice Standard for Scheduling*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2019). *Practice Standard for Work Breakdown Structures*. Pennsylvania: PMI.

PMI. (2019). *The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects*. Pennsylvania: PMI.

Siemens. (10 de Novimebre de 2019). Obtenido de Manufacturing Execution Systems (MES):

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/manufacturing-execution-systems-mes/38072>

Siemens. (10 de Noviembre de 2019). Obtenido de Siemens Opcenter:

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations-center/>

Sistemas de información y bases de datos en consumo. (2018). San Millán: Editorial Tutor Formación.

Waldron, T. A. (June de 2011). Strategic Development of a Manufacturing Execution System (MES) for Cold Chain Management Using Information Product Mapping. Massachusetts, USA.

8 Anexos

Anexo 1. Acta (Charter) del Proyecto Final de Graduación

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
28 de Agosto del 2019	Propuesta de implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) para la elaboración de dispositivos médicos.
Áreas de conocimiento / procesos:	Área de aplicación (Sector / Actividad):
Grupos de Procesos: Iniciación, Planificación Áreas de Conocimiento: Integración, Alcance, Tiempo, Costos, Calidad, Recursos Humanos, Comunicaciones, Riesgos, Adquisiciones, Interesados	Sector: Industria tecnológica, Industria de Manufactura, Industria Médica Actividad: Elaboración de dispositivos médicos, electrónicos, componentes de alto/bajo volumen y bajo/alto mix.
Fecha de inicio del proyecto	Fecha tentativa de finalización del proyecto
01 de Octubre del 2019	15 Diciembre del 2020
Objetivos del proyecto (general y específicos)	
<p>Objetivo general: Elaborar una propuesta de un plan de implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura para disminuir el potencial de errores de documentación y permitir una utilización más eficiente de los recursos para la línea de producción.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar un plan de gestión para definir el alcance del proyecto, que permita recopilar los requisitos y validar el alcance del proyecto. 2. Elaborar un plan de gestión del cronograma, que permita definir la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto. 3. Elaborar un plan de gestión de costos, para estimar los costos y determinar el presupuesto del proyecto. 4. Proponer un plan para medir la calidad del sistema de MES y plantear cómo se planea cumplir con los requisitos calidad del proyecto. 5. Efectuar un plan de gestión de los recursos del proyecto, para determinar si se deben adquirir nuevos recursos y planificar su participación en las actividades. 6. Proponer un plan de gestión de las comunicaciones para la implementación del proyecto, para describir cómo es que se planificarán, estructurarán y monitorearán las comunicaciones. 	

7. Efectuar un plan de gestión de los riesgos del proyecto, que permita identificar los riesgos, determinar el peso de cada uno y el plan de respuesta.
8. Proponer un plan que permita gestionar las adquisiciones del proyecto para describir cómo se adquirirán los servicios y recursos.
9. Elaborar un plan que permita gestionar los interesados del proyecto, para poder determinar su nivel de involucramiento.

Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)

La justificación de la implementación de este proyecto viene principalmente por el hecho de que es una iniciativa global para la empresa. A través de dos plantas hermanas en Estados Unidos, se ha implementado el sistema de MES y se ha adquirido un nivel de experiencia alto en el funcionamiento de este. Además, al ser una industria de manufactura de dispositivos médicos elaborando un dispositivo que será utilizado en el corazón de los diferentes pacientes, se espera que se cuente con una trazabilidad de todo lote de producción donde se pueda ver cómo fue elaborado.

Desde los inicios de la empresa, que fue hace 60 años, se ha utilizado un DHR a base de papel, lo que permite que exista la posibilidad de muchas fuentes de error que potencialmente pueden significar algún problema de calidad. Como este DHR es hecho a papel, generalmente es específico a cada planta y proceso, lo que evita que exista estandarización de los procesos y genera diversas fuentes de error, es decir, en un lapso de un año se presentan un total aproximado de catorce millones de oportunidades de error, lo cual se estima que, de no existir, se reducirían las no conformidades menores en un 40%.

Dicho esto, los sistemas de ejecución de manufactura (MES) ayudan a eliminar los errores humanos en la fabricación de los productos ya que proporcionan controles a los datos que se consideran críticos para la calidad del producto, y además hace cumplir de forma sistemática las especificaciones y requerimientos de producción requeridas para el cumplimiento de la calidad.

Desde el punto de vista del Proyecto Final de Graduación, es importante la creación de un Plan de Gestión del Proyecto para poder controlar de forma correcta el triángulo de la calidad (alcance, costo y tiempo) y poder gestionar de forma correcta la implementación del nuevo sistema de MES. Este PGP le brindará a la organización una estructura para implementar los futuros proyectos de implementación del sistema de MES en los demás productos de la planta.

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

El producto final de este proyecto será la elaboración de un proyecto que presentará la propuesta de implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura que permitirá digitalizar las operaciones de la planta en Costa Rica. Esta propuesta de plan propone la aplicación de las áreas de conocimiento citadas por el PMBOK.

Supuestos

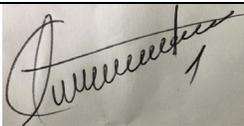
- El inicio de implementación del sistema en cada línea de producción se dará de acuerdo con lo establecido en cada plan de transferencia.
- El hardware y los recursos que son transferidos a la planta de Costa Rica son suficientes y no se requieren comprar más.
- El total de seis recursos es suficiente para hacer la integración del sistema en toda la

<p>planta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo de implementación del sistema será autosuficiente luego de dos semanas de entrenamiento y de certificación. • La planta de Costa Rica utilizará la información del sistema ya implementado en una planta hermana y los cambios serán mínimos para ajustar el sistema. • Cambiar de un sistema a base de papel a uno electrónico no afectará el tiempo de ciclo de las líneas de producción. • El porcentaje de asignación de los recursos al proyecto es suficiente para evitar retrasos en la fecha de implementación. • La implementación del sistema de MES reducirá los errores humanos.
<p>Restricciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proyecto debe ser implementado para el 2024. • Esta es la primera implementación de este sistema en Costa Rica, por lo que el conocimiento en la herramienta es limitado. • Se debe de implementar el proyecto por etapas, y cada etapa la fecha de implementación viene dictada por el plan de transferencia de cada producto.
<p>Identificación riesgos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si los proyectos de transferencia se retasan o se adelantan, pueden impactar significativamente las fechas de implementación. • El sistema fue implementado inicialmente en inglés, si el sistema no se puede actualizar a español, puede dificultar el entendimiento por parte de los operarios. • Si no se posee todo el hardware y equipo necesario dificultará el correcto uso por los operarios y las áreas de soporte. • Si no se contratan a tiempo los restantes 2 integrantes del equipo de implementación de MES, recargará la carga de trabajo de los 4 recursos existentes.
<p>Presupuesto</p> <p>Para el presupuesto y elaboración de este proyecto se cuenta con un total de \$442 000, dividido a lo largo del ciclo de vida del proyecto.</p>
<p>Principales hitos y fechas</p> <p>Para el caso de este proyecto, se determina que lo que se encuentra dentro del alcance es lo que queda cubierto por el tiempo que está cubierto por la elaboración del proyecto para la elaboración del plan de implementación, por lo tanto, se presenta la siguiente propuesta</p>

Nombre hito	Fecha provisional de entrega
Aprobación del Project Charter y la EDT	10 Nov 2019
Aprobación del documento de PFG integrado	08 Dic 2019
Asignación de tutores	18 Dic 2019
Elaboración de avances del PFG	18 Mar 2020
Asignación de lectores	20 Mar 2020
PFG corregido y terminado	01 May 2020
Aprobación del PFG	08 Mayo 2020

Información histórica relevante
<p>La planta de dispositivos médicos de Costa Rica es una empresa que se puede clasificar como una <i>startup</i>, ya que tan solo cuenta con tres años de haber sido iniciada en el país. Esta empresa se encarga de la manufactura de dispositivos médicos que se utilizan en el corazón de los pacientes. Como parte de una iniciativa global de la empresa, se desea empezar con la implementación de un sistema digitalizado de MES que permita digitalizar las operaciones y que, además, permita disminuir los errores de documentación, problemas de malas prácticas de manufactura y errores en la asignación de componentes en los lotes de producción.</p> <p>Los sistemas de ejecución de manufactura (MES) son soluciones de software que permiten incluir dentro de la manufactura diaria la calidad y la eficiencia. Estos sistemas permiten la funcionalidad de conectarse con los diversos sistemas ERP que se tengan en la empresa por medio de un layer o interfaz que permite traducir la información de un sistema en las entradas del otro para permitir el intercambio de información.</p>

Identificación de grupos de interés (involucrados)
<ul style="list-style-type: none"> • Director, Digital Transformation • Associate Manager, Global MES • Engineer II, Global MES SME • VP, Manufacturing Operations • Sr Program Manager, PMO • Sr Director, Plant Manager • Sr Director, Quality • Director, Engineering • Director, Manufacture • Sr Manager, Engineering • Sr Manager, Manufacture VSM • Supervisor, Documentation Specialist • Associate Project Manager, PMO • Sr Engineer, Lead MES Modeler

Director de proyecto: Carlos Andrés Zúñiga Arrieta	Firma 
Autorización de: Fabio Muñoz Jiménez	Firma

Anexo 2. EDT del Proyecto Final de Graduación

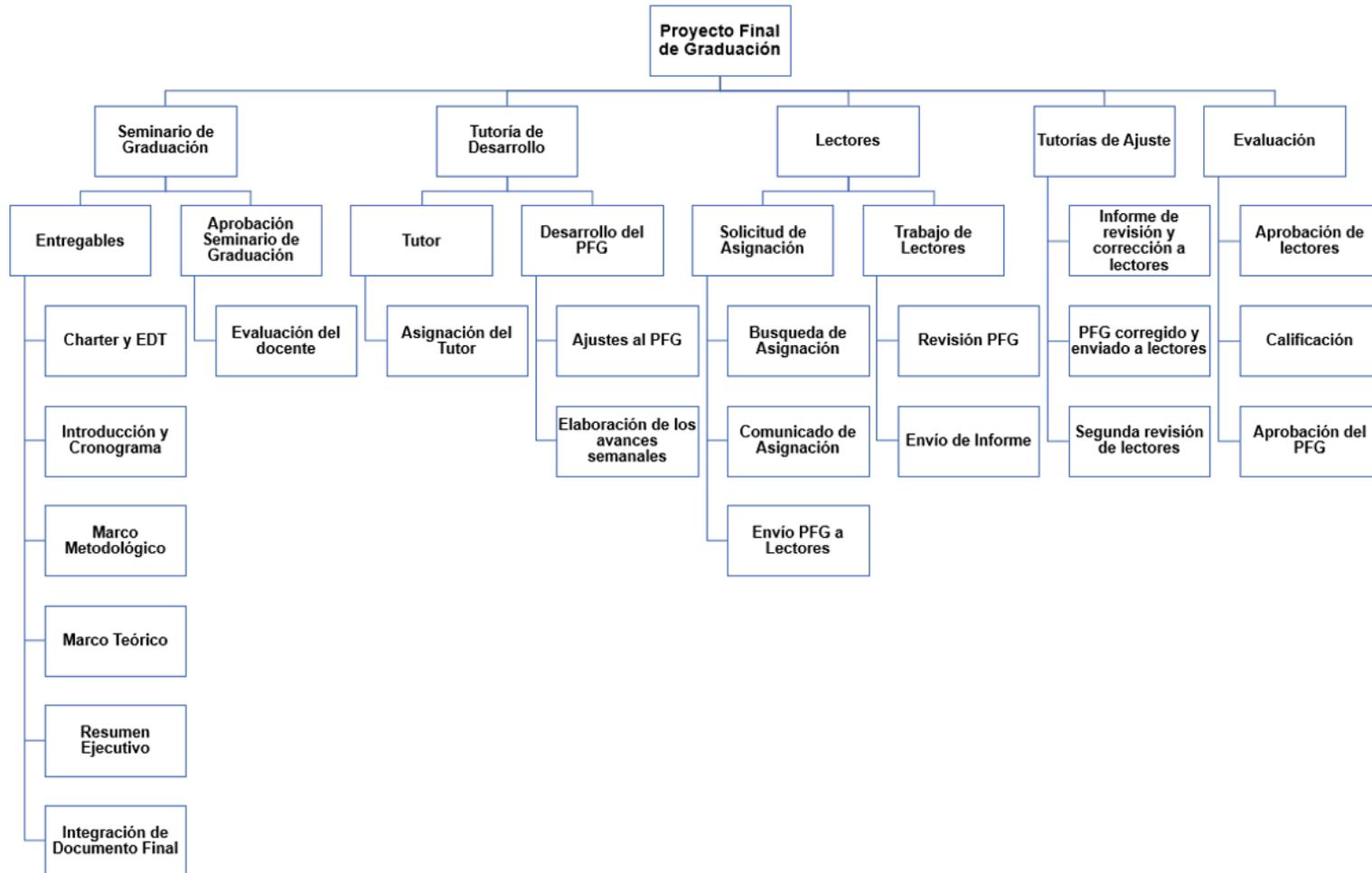


Figura 19. EDT del Proyecto Final de Graduación. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Formulario para solicitudes de cambio

Solicitud de cambio
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

Parte 1. Datos de la solicitud de cambio

ID de solicitud de cambio: _____

Nombre de solicitante: _____

Departamento del solicitante: _____

Parte 2. Categoría del cambio

Marque con una "X" todas las opciones que apliquen

- Alcance Calidad
 Cronograma Recursos
 Costos Otro: _____

Parte 3. Tipo de solicitud

- Acción preventiva Corrección
 Acción correctiva Otro: _____

Parte 4. Descripción de la solicitud de cambio

--

Anexo 5. Plantilla para control de reuniones

Control de Información
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

Parte 1. Información General

Objetivo de la reunión: _____

Fecha: _____ Facilitador: _____

Día y hora: _____ Medio de reunión: _____

Parte 2. Invitados

ID	Nombre	ID	Nombre

Parte 3. Agenda

Ítem	Presentador
Presentación de Agenda	PM
Updates generales del programa	PM
<i>Tema #1</i>	
<i>Tema #1</i>	

Anexo 6. Control de cambios de alcance del proyecto

Control de cambios del alcance
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

Solicitado por	Presentado a
Descripción del cambio	
Razón del cambio	
Entregables que se modifican:	
Modificación del plazo:	Total de días: _____
Modificación en costo:	Total en dólares: \$ _____
Modificación en recursos:	
Consecuencias de no aprobación:	
Beneficios de aprobación	
Resolución	Aprobado () Rechazado ()
Comentarios adicionales	
Firma de responsables de los entregables modificados	
Firma del sponsor	
Firma del director del proyecto	

Anexo 7. Valor ganado (EVM) para control del cronograma y el costo

La herramienta que se va a utilizar para poder realizar el control del cronograma y de los costos del proyecto en la herramienta del valor ganado (EVM). Esta herramienta brinda información referente a:

- Si se ha gastado más o menos de lo planeado en un momento determinado.
- Si se va adelantado o atrasado con el cronograma.
- Si se ha sido eficiente o ineficiente en el proyecto.
- Para poder pronosticar el costo total al finalizar el proyecto usando como referencia el trabajo realizado a cierta fecha
- Conocer la cantidad de trabajo que falta por ejecutar y cuánto presupuesto se tiene disponible

Antes de proponer las fórmulas que se van a utilizar para controlar los costos se brindan las siguientes definiciones:

- PV: valor planificado
- AC: costo real
- EV: valor ganado

Para determinar la variación de costo se utilizará:

$$CV = EV - AC$$

$$CV > 0 = \text{Eficiente con el gasto}$$

$$CV < 0 = \text{Ineficiente con el gasto}$$

Fórmula 3. Determinar las variaciones de costo. Fuente PMI (2017.)

Para determinar la variación en el cronograma se utilizará:

$$SV = EV - PV$$

$$SV > 0 = \text{Adelantado en el cronograma}$$

$$SV < 0 = \text{Atrasado en el cronograma}$$

Fórmula 4. Determinar las variaciones en el cronograma. Fuente: PMI (2017).

Para determinar el índice de desempeño del costo:

$$CPI = EV / AC$$

$$CPI > 1 = \text{Costo inferior al planificado respecto al trabajo realizado}$$

$$CPI < 1 = \text{Costo superior al planificado respecto al trabajo realizado}$$

Fórmula 5. Determinar el índice de desempeño del costo. Fuente: PMI (2017).

Para determinar el índice de desempeño del cronograma:

$$SPI = EV / PV$$

$$SPI > 1 = \text{Cantidad de trabajo efectuada mayor a la prevista}$$

$$SPI < 1 = \text{Cantidad de trabajo menor a la prevista}$$

Fórmula 6. Determinar el índice de desempeño del cronograma. Fuente: PMI (2017).

Para poder estimar cuánto costará el proyecto al finalizar se utiliza:

$$EAC = BAC / CPI$$

Fórmula 7. Estimación el costo al finalizar el proyecto. Fuente: PMI (2017).

Para poder estimar cuánto más trabajo se necesita para terminar el proyecto se utiliza:

$$ETC = EAC - AC$$

Fórmula 8. Estimación de la cantidad de trabajo faltante. Fuente: PMI (2017).

Para calcular la variación a la conclusión, que es la diferencia entre el presupuesto y lo que se espera gastar, se utiliza:

$$VAC = BAC - EAC$$

Fórmula 9. Cálculo de la variación a la conclusión. Fuente: PMI (2017).

Anexo 8. Entrevista de usuario final: retroalimentación del sistema de MES

Control de retroalimentación del sistema de MES
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]

Id	Fecha de ingreso de retroalimentación	Nombre de la persona entrevistada	Descripción	Acción generada	Responsable	Fecha de cierre propuesta
1						
2						
3						
4						
5						
n						

Anexo 9. Registro de auditoría del sistema de MES

Control de auditoría del sistema de MES
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]

Id	Fecha de ingreso de registro	Nombre de auditor	Descripción	Clasificación	Responsable	Fecha de cierre propuesta
AD1				HA		
AD2				OM		
AD3				DF		
AD4						
AD5						
n						

Nota: HA significa hallazgo, OM es oportunidad de mejora y DF es defecto.

Anexo 10. Formato A3 para la resolución de problemas

Problem Solving Template
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

A3 number: _____

Team leader: _____

Stakeholders: _____

A3 Name: _____

Team Members: _____

Departamento: _____

1. Enunciado del problema**2. Análisis y descripción del problema.****3. Establezca las metas****4. Análisis de causa raíz**

5. Determinar acciones e implementarlas

6. Monitoreo y control de acciones

7. Resultados del A3

Anexo 11. Lista de verificación para control de la calidad

Lista de verificación
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha actualizada: [dd/mm/aaaa]

Id	Fecha de ingreso de registro	Descripción	Porcentaje de avance	Ayudas requeridas
AD1				
AD2				
AD3				
AD4				
AD5				
n				

Anexo 12. Plantilla de evaluación de desempeño de los integrantes del proyecto

Plantilla de evaluación de desempeño
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

Nombre			
Fecha			
Puesto			
Instrucciones: para cada uno de los indicadores marque con una “X” en la casilla la calificación que se considera acertada para el nivel de cumplimiento que ha demostrado			
Indicador	No Cumple	Cumple	Excede
Colabora con otros miembros del equipo			
Cuenta con actitud positiva ante el trabajo			
Busca diferentes perspectivas al tomar una decisión			
Cumple con los plazos establecidos			
Es accesible en caso de que otros colaboradores le busquen			
Muestra dominio de los aspectos técnicos de su área			
Muestra liderazgo dentro del equipo			
Propone soluciones para los problemas			
Se comunica adecuadamente con sus colaboradores			
Solicita colaboración cuando se requiere			
Tiene buenas relaciones con todos los colaboradores del equipo			
Trabaja adecuadamente bajo presión			

Anexo 13. Plantilla para control de riesgos

Plantilla para control de riesgos
[Nombre del Proyecto] [Código de proyecto]
Fecha: [dd/mm/aaaa]

Parte 1. Información General

Descripción del riesgo: _____

Actividades afectadas: _____

Parte 2. Clasificación del riesgo

Probabilidad de Ocurrencia: _____ Impacto: _____
Seleccionar estrategia: Evitar/Eliminar () Transferir () Mitigar () Aceptar ()

Plan de acción: _____

Responsable(s): _____

Parte 3. Frecuencia de seguimiento

Seleccionar frecuencia: Semanal () Bisemanal () Mensual () Por cuarto ()

