



**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE LICITACIÓN: ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MEJORA EN LA  
EJECUCIÓN OPERATIVA**

**NOMBRE: MATÍAS GONZÁLEZ**

**PROFESOR/A GUÍA: ANA FUENTES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO Y/O GRADO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.**

**CIUDAD: RANCAGUA**

**PAÍS: CHILE**

**MES: DICIEMBRE**

**AÑO: 2024**

# Índice

RESUMEN .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
OBJETIVO GENERAL .....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
MARCO TEÓRICO .....	9
1. Optimización de Procesos .....	9
2. Estandarización de Procesos .....	11
<b>2.1. Estandarización .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Levantamiento de Procesos .....</b>	<b>11</b>
3. Licitación .....	15
<b>3.1. ¿Qué es una licitación? .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Términos comunes en las licitaciones .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3. Objetivos principales del proceso de licitación .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4. Actividades principales del proceso de licitación .....</b>	<b>17</b>
4. Gestión de Proyectos .....	18
5. Mejora Continua .....	20
6. Análisis Causa-Raíz .....	21
<b>6.1. Ejemplo .....</b>	<b>21</b>
7. Indicadores de desempeño (KPI) .....	21
METODOLOGÍA .....	22
RESULTADOS .....	25
CONCLUSIONES .....	43

REFERENCIAS..... 45

ANEXOS..... 48

## Resumen

ESR Servicios es una empresa privada acreditada y certificada que ofrece servicios integrales de alta calidad para la minería, con 10 años de experiencia en proyectos, mantenimientos mayores, servicios spot, asesorías y diagnóstico de fallas. La empresa destaca por su compromiso con la excelencia (Nosotros ESR, s. f.). [1]

La falta de estandarización y claridad en los procesos de licitación ha generado consecuencias negativas significativas para ESR Servicios LTDA. Esta situación ha provocado retrasos en los tiempos de ejecución y dificultades en la coordinación eficiente de las tareas necesarias para la adjudicación de contratos, afectando la eficiencia operativa y, por ende, la competitividad de la empresa frente a las exigencias normativas y de calidad.

Para abordar esta problemática, se propone implementar flujos de trabajo estandarizados que optimicen la coordinación de tareas y la asignación de roles en el proceso de licitación. A través de un marco normativo claro, ESR Servicios espera reducir los tiempos de ejecución, incrementar la claridad en las funciones y responsabilidades, y mejorar la eficiencia operativa.

Resolver la falta de estandarización y claridad en los procesos de licitación es esencial para garantizar la eficacia y calidad en los servicios ofrecidos por ESR Servicios. La mejora continua y la implementación de flujos de trabajo claros son fundamentales para optimizar la operatividad, cumplir con los plazos y mantener la reputación de la empresa en el sector minero.

**Palabras clave:** Estandarización, Procesos de Licitación, Eficiencia Operativa, Coordinación, Mejora Continua, Competitividad.

## Introducción

En la industria minera, optimizar la eficiencia operativa y gestionar adecuadamente la calidad son factores cruciales para poder asegurar el éxito de los proyectos, así también cumplir con los estándares de seguridad y protección ambiental. ESR Servicios, con 10 años de experiencia en el sector minero, ha fortalecido su prestigio a través de la oferta de servicios como mantenimiento mayor, servicios SPOT, consultorías y diagnóstico de fallas. Su enfoque en la excelencia se refleja en su gestión integrada que destaca la seguridad en el trabajo, la protección ambiental y un enfoque constante en la mejora continua. (Nosotros ESR, s. f.) [1]

En este contexto, las licitaciones públicas son fundamentales para gestionar proyectos mineros, ya que permiten adjudicar contratos a empresas que cumplen con los estándares técnicos de seguridad y medioambiente. La correcta ejecución del proceso de licitación es esencial para garantizar la operatividad y eficiencia de las operaciones mineras, siguiendo una normativa que asegura que las adquisiciones se realicen de manera transparente y competitiva. (ChileCompra, n.d.) [2]

El problema principal que se aborda en esta investigación es la falta de optimización en los procesos internos de licitación dentro de la empresa ESR Servicios. Actualmente, los flujos de trabajos no están bien definidos, lo que genera retrasos y confusión entre los responsables. En esta investigación no se abordarán aspectos externos como las políticas gubernamentales o regulaciones fuera del control de ESR Servicios, ni los procesos que involucran la contratación de terceros. Tampoco se analizarán la gestión de recursos humanos, ni aspectos relacionados con inventarios o logística. Además, se excluirá un análisis financiero profundo, enfocándose únicamente en la optimización del proceso interno de licitación.

Resolver este problema es crucial para mejorar la eficiencia operativa de ESR Servicios. Un proceso de licitación bien estructurado me permite optimizar los recursos, reducir los costos y acortar los tiempos de ejecución, lo que resulta clave para mejorar la competitividad y garantizar el cumplimiento de los plazos. Además, una gestión eficiente contribuye a la reputación y a la estabilidad de la empresa, impactando directamente en la sostenibilidad de los proyectos. Si este

problema no se soluciona, los retrasos continuarán afectando al desempeño general de la empresa, provocando la pérdida de oportunidades de negocio debido a incumplimientos de tiempos, y también ocasionará una confusión persistente entre los empleados, lo que impactará negativamente en la moral y la productividad entre los equipos. Estas consecuencias afectarán principalmente todos los departamentos internos de la empresa, los responsables directos en el proceso de licitación y la empresa en su conjunto.

Para dar un contexto, este problema afecta directamente al equipo de ESR Servicios que son los encargados del proceso de licitación y esto surge debido a la falta de claridad en los flujos de trabajo que regulen la secuencia de actividades, lo que provoca una falta de coordinación y confusión, donde la causa principal radica en la ausencia de procesos estandarizados para la licitación y la comunicación efectiva entre los departamentos involucrados.

Para proporcionar antecedentes relacionados con la problemática se sabe que el trabajo interno no está bien estructurado en cuanto a la licitación, lo que genera retrasos y complicaciones en la asignación de responsabilidades. Además, los empleados han señalado que no hay una claridad en cuanto a los roles y responsabilidades en el proceso. Anteriormente, se han realizado esfuerzos puntuales para mejorar la comunicación y la eficiencia en el proceso mediante reuniones interdepartamentales y capacitaciones básicas en herramientas de gestión como Microsoft Project. Sin embargo, estos esfuerzos no han sido sostenidos ni estructurados. Además, se intentó implementar una metodología ágil para mejorar la asignación de tareas, pero la resistencia al cambio por parte del personal y la falta de seguimiento a estas iniciativas limitaron su impacto. Si bien se ha intentado mejorar la participación en los procesos de licitación, no se ha abordado adecuadamente la estandarización de los procedimientos, lo que sigue siendo el reto central.

### **Objetivo general**

Optimizar los flujos de trabajo de los procesos de licitación de ESR Servicios Ltda., mediante una mejor asignación de responsabilidades, con el fin de mejorar la gestión del tiempo y aumentar la eficiencia operativa, respetando los plazos de adjudicación establecidos.

## **Objetivos específicos**

### **Definir el Proceso actual de licitación:**

Evaluar detalladamente el flujo de trabajo, los tiempos de entrega actuales y los responsables en cada tarea, para así identificar tiempos críticos y las áreas de mejora.

### **Medir el tiempo actual del proceso de licitación.**

Cuantificar los tiempos actuales de cada fase del proceso de licitación con el fin de establecer una línea base y detectar los retrasos más significativos.

### **Analizar el Proceso de Licitación**

Identificar las causas raíz de los retrasos y la falta de transparencia en el proceso de licitación utilizando herramientas de análisis, como el diagrama de Ishikawa (causa-efecto), para priorizar las áreas de mejora y desarrollar un plan de acción efectivo.

### **Mejorar el Proceso utilizando herramientas de seguimiento.**

Implementar flujos de trabajo estandarizados y herramientas de seguimiento, como diagramas de flujo y software de gestión, mediante la implementación de plantillas estandarizadas que permitan mejorar la asignación de responsabilidades y la coordinación de tareas.

### **Controlar el Proceso de Licitación**

Establecer un sistema de monitoreo y auditorías periódicas para garantizar que los tiempos de licitación y la eficiencia alcanzada se mantengan en el tiempo.

## **Marco teórico**

El marco teórico presentado reúne los conceptos y métodos esenciales para mejorar el proceso de licitación en ESR Servicios. Se examinan principios fundamentales como la estandarización de procesos, las metodologías de mejora continua, entre ellas Six Sigma, y herramientas de gestión como BPMN y diagramas de Ishikawa. Estas bases conceptuales facilitarán la identificación y solución de ineficiencias, proporcionando un sustento para desarrollar estrategias que incrementen la eficiencia operativa y optimicen los tiempos en las actividades principales.

### **1. Optimización de Procesos**

La optimización de procesos es el enfoque sistemático para mejorar los procesos de una organización con el objetivo de aumentar su eficiencia, reducir errores y maximizar los resultados. En lugar de solo mantener los procesos existentes, la optimización busca identificar oportunidades para mejorarlos, eliminando actividades que no agregan valor, reduciendo tiempos y costos, y asegurando que los recursos sean utilizados de manera más efectiva. (Aldana Ramírez, 2005) [3]

#### **1.1. Optimización lineal**

La optimización lineal es una técnica matemática utilizada para optimizar procesos, maximizando o minimizando una función objetivo, como ganancias o costos, bajo un conjunto de restricciones lineales. Es ampliamente aplicada en campos como la economía, la ingeniería y la gestión empresarial, siendo clave para resolver problemas de planificación, asignación de recursos y toma de decisiones.

#### **Beneficios de la Programación Lineal**

- Toma de decisiones objetivas: Permite basar decisiones en datos y modelos matemáticos.
- Optimización: Maximiza la eficiencia de recursos en actividades como producción y distribución.

- Eficiencia: Reduce costos mediante la asignación óptima de recursos.
- Innovación: Resuelve problemas complejos con soluciones novedosas.

### **Métodos Comunes**

1. Método gráfico: Para problemas simples con dos variables.
2. Método simplex: Ideal para problemas con múltiples variables y restricciones.
3. Método de los multiplicadores de Lagrange: Aplicado cuando hay restricciones de igualdad.
4. Método de regiones factibles: Trabaja con desigualdades y problemas pequeños.

### **Pasos Generales para Resolver un Problema**

1. Definir el problema: Establecer el objetivo y las restricciones.
2. Identificar las variables: Determinar las incógnitas relevantes.
3. Formular la función objetivo: Representar el objetivo a maximizar o minimizar.
4. Establecer las restricciones: Identificar las limitaciones del sistema.
5. Resolver el sistema: Usar métodos como el simplex para encontrar la solución óptima.
6. Interpretar los resultados: Analizar la solución y realizar ajustes si es necesario.

QuestionPro (s.f.) [4]

Además, para poder implementar el modelo de optimización se utilizará la herramienta de Google colab.

**Google Colab:** Es una herramienta gratuita y accesible que permite a los usuarios programar en Python desde un entorno colaborativo en la nube. Combina facilidad de uso con capacidades avanzadas, como acceso a GPUs y TPUs, y se integra con Google Drive para simplificar la colaboración y el almacenamiento. Esto lo convierte en una solución práctica para proyectos de programación, desde aprendizaje automático hasta análisis de datos. GoDaddy (s. f.)

## **2. Estandarización de Procesos**

La estandarización de procesos se refiere a la implementación de métodos de trabajo estructurados y controlados que permiten uniformar las actividades realizadas dentro de una organización. Este enfoque no solo asegura el cumplimiento de normativas legales y facilita la realización de auditorías, sino que también promueve la consistencia en la documentación y respalda el alineamiento con los objetivos estratégicos establecidos. (Fuentes et al., 2020) [4]

### **2.1. Estandarización**

La estandarización es un proceso clave para la mejora continua dentro de las organizaciones, ya que permite reducir la variabilidad en los procesos mediante la correcta documentación y capacitación del personal sobre la mejor forma de realizar sus actividades. Este proceso, que puede requerir tiempo y compromiso debido a los cambios organizacionales que implica, genera beneficios significativos como el aumento de la productividad, la consistencia en los procesos a lo largo del tiempo y la reducción de pérdidas. Según Productivity Press Development Team (2002), la estandarización sigue cuatro pasos esenciales: definir el estándar, comunicarlo, asegurar su cumplimiento y promover la mejora continua. (Fuentes et al., 2020) [4]

### **2.2. Levantamiento de Procesos**

Cada proceso está compuesto por cinco elementos clave que deben ser correctamente documentados para garantizar su eficacia:

- El objetivo del proceso
- Las actividades
- El producto o resultado final
- Los indicadores de gestión
- Los controles del proceso.

La documentación adecuada de estos componentes es esencial para lograr la mejora continua. Además, es importante establecer indicadores de gestión y KPIs, que serán utilizados

para el control de gestión y para proporcionar retroalimentación que impulse la mejora continua de los procesos.

Para realizar el levantamiento de procesos, se sigue una serie de pasos.

- Primero, se debe entender a fondo los procesos y subprocesos de negocio, describiéndolos detalladamente, lo cual requiere un conocimiento claro obtenido a través de técnicas como la observación, entrevistas y focus groups con los colaboradores clave.
- Luego, se identifican las etapas y actividades específicas de los procesos, asegurando que todo sea registrado.

Finalmente, se generan fichas descriptivas y diagramas de flujo en el estándar BPMN, que detallan cómo se ejecutan los procesos, subprocesos y procedimientos. (Fuentes et al., 2020) [4]

### **2.3 Herramientas para la Gestión y Documentación de Procesos :**

**Slack:** es una herramienta digital que ayuda a las empresas a mejorar la comunicación tanto interna como externa, entre empleados y socios. Su propósito es optimizar los intercambios de información, haciendo más ágiles los procesos de trabajo. Además de ser una aplicación de mensajería, Slack permite integrar otras herramientas como Google Docs y Trello, compartir archivos, administrar proyectos y rastrear el progreso de las actividades, todo en un solo lugar. Su interfaz sencilla favorece una comunicación rápida y efectiva, lo que contribuye a reducir el uso excesivo del correo electrónico. (Terrerros, 2021) [5]

**BPMN:** es una herramienta valiosa que ilustra un proceso interno de la empresa. Su objetivo es proporcionar una representación visual de un procedimiento específico, facilitando así su comprensión por parte de todos los interesados. De esta manera, las distintas unidades de negocio pueden observar la colaboración y las transacciones que ocurren dentro de la organización. (Chakray, s.f.) [6]

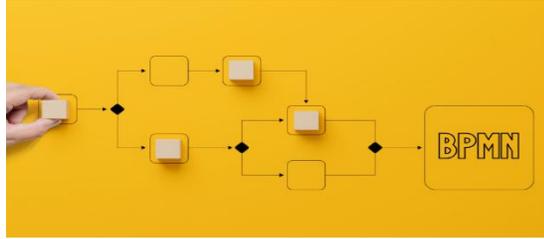


FIG 1 : Ejemplo BPMN

Fuente: Chakray. (n.d.). ¿Qué es el BPMN y para qué sirve?

<https://www.chakray.com/es/que-es-el-bpmn-y-para-que-sirve/>

**Diagrama SIPOC:** El diagrama SIPOC ofrece una visión general de un proceso al documentar a los proveedores, las entradas, el proceso mismo, las salidas y los clientes. Muestra cómo los diferentes participantes en un proceso intercambian materiales o información, y se utiliza comúnmente para mejorar o comprender los procesos que impactan la experiencia del cliente.

Este tipo de diagramas no se enfoca en ofrecer detalles exhaustivos, sino que proporciona un mapa general que ayuda a las partes interesadas a tomar decisiones informadas y generar ideas de mejora. Así, el diagrama SIPOC es solo una herramienta dentro de la gestión de procesos de negocio (BPM), que incluye la investigación de los procesos, la planificación de sus mejoras y la implementación de esas optimizaciones.

El acrónimo SIPOC se refiere a los siguientes cinco elementos:

- Proveedores (Suppliers): Las fuentes de las entradas del proceso.
- Entradas (Inputs): Los recursos necesarios para que el proceso funcione.
- Proceso (Process): Los pasos generales que componen el proceso.
- Salidas (Outputs): Los resultados generados por el proceso.
- Clientes (Customers): Las personas que reciben los resultados o se benefician del proceso.

(MacNeil, 2024) [7]

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo: Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3 ....	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

FIG 2: Ejemplo SIPOC

Fuente: Hernández, J. (2023, 7 septiembre). *Análisis de procesos con SIPOC*. Agile Experience - Curso Scrum Master - Formación Con Certificación Oficial. <https://agileexperience.es/2019/12/30/analisis-de-procesos-con-sipoc/>

**Matriz RACI:** La Matriz RACI es una herramienta clave para gestionar las responsabilidades dentro de un proyecto, proporcionando claridad sobre el rol de cada persona en la ejecución de tareas. Las siglas RACI representan: Responsable, quien realiza el trabajo; Autoridad, quien supervisa y toma decisiones; Consultado, quien ofrece asesoramiento especializado; e Informado, quien se mantiene al tanto del progreso. Esta matriz asegura que las tareas estén claramente distribuidas, previene la duplicación de roles y facilita la comunicación entre los miembros del equipo, aumentando la efectividad y el éxito de los proyectos. (Content, 2021) [8]

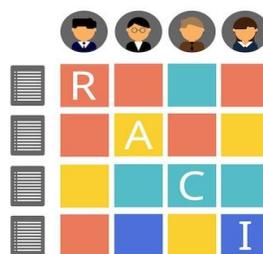


FIG 3: Ejemplo Matriz RACI

Fuente: *La matriz RACI es una herramienta para analizar y presentar responsabilidades / Vector Premium*. (2023, 13 marzo). Freepik. <https://www.freepik.es/vector->

[premium/matriz-raci-es-herramienta-analizar-presentar-responsabilidades\\_39481075.htm](https://www.premium/matriz-raci-es-herramienta-analizar-presentar-responsabilidades_39481075.htm)

**Google Drive:** Google Drive es una plataforma basada en la Nube que facilita el almacenamiento, creación, edición, compartición y acceso a documentos de manera colaborativa y en tiempo real. Es compatible con diversos dispositivos y navegadores, ofreciendo características como sincronización automática, comunicación tanto en tiempo real como diferida, seguimiento de actividades, publicación de contenidos en línea y acceso remoto, promoviendo así la eficiencia y la interacción entre sus usuarios. (Barrios R. & Casadei C., 2014)  
[9]

### 3. Licitación

#### 3.1. ¿Qué es una licitación?

La licitación es un proceso administrativo que tiene como objetivo adquirir un producto o servicio mediante la presentación de propuestas que se evalúan para seleccionar la más adecuada. Existen dos tipos principales de licitación:

- **Pública:** Es el tipo de licitación más común. Es competitiva y abierta, donde se realiza un anuncio público invitando a los interesados a presentar sus propuestas de acuerdo con las bases establecidas. La propuesta más adecuada es seleccionada al final del proceso.
- **Privada:** En este caso, la invitación a participar está dirigida exclusivamente a ciertas empresas o personas. Se asegura la participación de al menos tres proveedores del sector. El proceso se adjudica a quien ofrezca las mejores condiciones una vez finalizado el plazo para presentar las ofertas.

#### 3.2. Términos comunes en las licitaciones

A continuación, se detallan los términos más comunes que aparecen en los documentos de licitación, como el IAP (Instrucciones a los Proponentes), las Bases Administrativas Generales (BAG) y las Bases Específicas de Contratación (BEC):

- **Adjudicatario:** Es el Proponente u Oferente a quien se le adjudica el contrato como resultado del proceso de licitación.
- **Bases de Licitación:** Comprenden las Bases Administrativas Generales (BAG), las Bases Específicas de Contratación (BEC) y las Bases Técnicas (BT), cuyos términos y condiciones se encuentran incluidos en el contrato.
- **Contrato:** Es el documento formal que será suscrito entre Codelco y el Adjudicatario, cuyo borrador se adjunta en las Bases de Licitación.
- **Consortio:** Es la unión de dos o más personas jurídicas (chilenas y/o extranjeras) que, aunque no formen una nueva persona jurídica al momento de presentar su propuesta, pueden participar en la licitación y adjudicarse el contrato, con la obligación de ejecutarlo como responsables solidarios.
- **Participante:** Es cualquier persona o entidad invitada por Codelco a participar en el proceso de licitación.
- **Proponente u Oferente:** Es el participante que presenta una oferta válida dentro del plazo, en la forma y por la vía indicados en el proceso de licitación. Puede ser una empresa nacional, extranjera o un consorcio.

### 3.3. Objetivos principales del proceso de licitación

- **Transparencia:** Garantizar que el proceso de licitación sea claro y accesible para todos los interesados, previniendo la corrupción y favoreciendo una competencia justa y leal.
- **Competitividad:** Fomentar la participación de diversos proveedores para obtener las mejores condiciones en términos de precio y calidad, incrementando la competencia entre las ofertas.
- **Eficacia:** Asegurar que los recursos disponibles se utilicen de manera óptima, seleccionando la oferta que mejor satisfaga las necesidades de la entidad licitante.

- **Cumplimiento normativo:** Garantizar que el proceso de licitación se realice de acuerdo con las leyes y regulaciones aplicables, asegurando el cumplimiento de los estándares legales y normativos correspondientes.

### 3.4. Actividades principales del proceso de licitación

- **Publicación de la licitación:**

Este es el punto de inicio del proceso de licitación, ya que ahí se anuncia oficialmente la licitación. Esta etapa es fundamental ya que los proveedores que están interesados tomen conocimiento del proyecto y que puedan decidir si participar o no.

- **Reunión Explicativa**

En esta etapa, se realiza una reunión para aclarar los aspectos técnicos y administrativos de la licitación. Esta reunión es clave para asegurar que todos los interesados comprendan los requisitos y evitar malentendidos que puedan generar problemas posteriores.

- **Visita a terreno**

En esta etapa, se hace una visita a terreno. Esto permite a los participantes evaluar las condiciones y prepararse adecuadamente.

- **Ronda de consultas**

- **Entrega de aclaraciones y respuestas a los participantes**

Las respuestas y aclaraciones a las consultas se comparten con todos los interesados, lo que asegura que todos los postulantes tienen acceso a la misma información y se mantienen las condiciones de equidad.

- **Conformación de Ofertas (Antecedentes, Técnicas y Económicas)**

El proceso de licitación se divide en tres áreas de evaluación:

- **Conformación de Antecedentes Generales:** Los postulantes presentan documentos básicos o administrativos.
  - **Conformación de Oferta Técnica:** Aquí se presentan los detalles técnicos de la propuesta, asegurando que cumplen con los requisitos establecidos en la licitación.
  - **Conformación de Oferta Económica:** En esta fase se evalúan las propuestas económicas de los postulantes, asegurando que las ofertas sean competitivas y viables financieramente.
- 
- **Recepción Ofertas:**

Es la etapa en la cual los postulantes presentan oficialmente sus propuestas. La recepción debe ser organizada y cumplirse en los tiempos establecidos para asegurar el flujo adecuado del proceso.
  - **Resultado licitación:**

Finalmente, se anuncia el resultado de la licitación. En esta etapa se comunica cuál de las propuestas ha sido seleccionada, concluyendo el proceso de licitación.

(IAP ING, CONST Y MONT rev1, s. f.) [10]

#### **4. Gestión de Proyectos**

La gestión de proyectos consiste en la utilización de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas específicas dentro del contexto de un proyecto, con el fin de incrementar las probabilidades de alcanzar un resultado exitoso. Estas habilidades y técnicas están relacionadas con el management en general, aunque su aplicación difiere de la gestión de operaciones continuas. La principal diferencia radica en que los proyectos son de naturaleza

temporal, con objetivos definidos y plazos específicos, lo que los distingue de las operaciones permanentes o repetitivas. (Centre for European Economic Research, 2013) [11]

Para lograr esto es fundamental contar con herramientas que permitan visualizar de manera clara los flujos de trabajo. En este contexto, el uso de plataformas como Visio resulta esencial, ya que facilita la representación gráfica de procesos.

**Microsoft Visio:** Puede visualizar de manera efectiva ideas complejas utilizando una variedad de plantillas, como diagramas de flujo, escalas de tiempo y planos de planta. Tiene la capacidad de añadir y conectar imágenes, texto y formas para ilustrar las relaciones entre sus datos. Además, puede personalizar sus diagramas con estilos, efectos, fondos y temas profesionales. También es posible crear diagramas interactivos que se vinculan a datos de Excel, Access o SharePoint. (Microsoft, s.f.) [12]

**Oracle Primavera P6:** Es una herramienta de software enfocada en la gestión integral de proyectos, permitiendo una planificación y administración eficiente de proyectos, programas y carteras. Su implementación en la oficina de proyectos de Colombia Móvil tiene como objetivo optimizar el control de los recursos durante el ciclo de vida de los proyectos, ayudando a la compañía a tomar decisiones más informadas y a identificar posibles riesgos asociados a los proyectos ejecutados (Rodríguez Camacho & Forero Vega, 2012) [13]

**Bizagi Modeler:** Permite a ti y a tu equipo colaborar en el diseño de procesos empresariales utilizando el estándar BPMN (Business Process Model Notation), una notación reconocida mundialmente como estándar en la industria para el modelado de procesos de negocio.

Dependiendo de tu rol, como editor podrás modelar, documentar, simular, publicar y compartir procesos. Los colaboradores tendrán la opción de comentar cualquier etapa del proceso para proporcionar retroalimentación, mientras que los usuarios finales de la organización podrán acceder y revisar los procesos publicados. (Bizagi, n.d.) [14]

## 5. Mejora Continua

La mejora continua se define como un proceso recurrente destinado a incrementar la capacidad de una organización para satisfacer requisitos. Según la NTP-ISO 9000:2001, esto incluye un análisis constante de la situación actual, fijación de objetivos para mejorar, implementación de soluciones, medición de los resultados, y formalización de los cambios efectivos. La mejora continua requiere el liderazgo de la dirección, un comité de mejora, formación del personal, un sistema documentado y la retroalimentación constante de los clientes para detectar oportunidades adicionales de mejora. (Vega et al., 2003) [14]

En este contexto, la metodología Six Sigma se presenta como una herramienta poderosa dentro de este enfoque.

**Six Sigma:** es una filosofía de trabajo y estrategia empresarial enfocada en la satisfacción del cliente mediante el uso eficiente de datos y métodos. Su objetivo es eliminar la variabilidad en los procesos y reducir los defectos a un nivel de 3-4 por millón. Proporciona una métrica común para comparar departamentos o empresas y promueve el trabajo en equipo. Como metodología disciplinada, Six Sigma utiliza herramientas probadas para solucionar problemas, mejorando productos y servicios a través de procesos más robustos. (Sánchez & Mieres, 2004). [15].

Para alcanzar estos objetivos, **Six Sigma** se apoya en herramientas avanzadas y sigue un enfoque sistemático basado en la metodología **DMAIC**, que actúa como un mapa de ruta para guiar la implementación práctica de los proyectos de mejora.

Esta metodología estructurada se organiza en cinco fases clave: **Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar**. Estas fases buscan identificar problemas, analizar datos, implementar mejoras y asegurar el control de los cambios en los procesos. (Sánchez & Mieres, 2004). [15]

- **Definir:** Se identifican los procesos clave y los requisitos del cliente para entender qué necesita mejorar.
- **Medir:** Se recopilan datos sobre el rendimiento actual del proceso para evaluar su estado.

- **Analizar:** Se identifican las causas raíz de los problemas mediante análisis detallados.
- **Mejorar:** Se implementan soluciones para optimizar los procesos y reducir variabilidad.
- **Controlar:** Se monitorizan los resultados y se implementan controles para mantener las mejoras a largo plazo.

## 6. Análisis Causa-Raíz

Cuando ocurre una falla, se manifiestan síntomas que pueden llevar a tratar solo sus consecuencias, ignorando la causa raíz, lo que provoca recurrencias. El Análisis de Causa Raíz (RCA) es una herramienta que identifica las causas de falla, abarcando análisis de componentes dañados, causas físicas y errores humanos. Este enfoque integral ayuda a descubrir deficiencias gerenciales que, si no se corrigen, pueden causar que las fallas se repitan en el futuro. (Altmann, 2020). [16]

### 6.1. Ejemplo

**Diagrama de Ishikawa**, también conocido como diagrama de espina de pescado por su forma, es una herramienta que organiza la información de manera gráfica, ayudando a identificar las causas que contribuyen a un problema. Sin embargo, es importante señalar que este diagrama no determina la causa raíz del problema en sí. (González, 2017). [17]

## 7. Indicadores de desempeño (KPI)

Los KPI son fundamentales para aumentar la competitividad, ya que miden el desempeño de una organización en comparación con un estándar. Su valor radica en la medición de estos indicadores, que permite identificar desviaciones y tomar acciones correctivas. Aunque están alineados con la estrategia empresarial, deben comunicarse de manera clara y accesible. Para implementar cambios efectivos, es crucial considerar una "rueda de competitividad" que guíe el proceso. (Universidad Técnica de Ambato, s.f.) [18]

## **Metodología**

Este proyecto utiliza la metodología DMAIC de Six Sigma para optimizar el proceso de licitación en ESR Servicios Ltda., con el fin de mejorar la distribución de responsabilidades, reducir los tiempos de ejecución y mejorar la coordinación interna. Se llevará a cabo un análisis para identificar las causas fundamentales de las ineficiencias actuales, implementando soluciones que incrementen la eficiencia operativa. Asimismo, se definirán indicadores clave de desempeño (KPI) para evaluar los avances. También se establecerán controles que garanticen la continuidad de las mejoras, asegurando el cumplimiento de los plazos de adjudicación y alineando el proceso con los objetivos estratégicos de la organización.

### **Definir (D):**

Se buscará definir el problema de manera clara y estructurada, identificando posibles ineficiencias en el proceso de licitación. Para esto, se utilizarán herramientas como el diagrama SIPOC, que permitirá tener una perspectiva general del proceso de licitación, identificando a los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas y los clientes involucrados. Este diagrama se desarrollará en Microsoft Visio para facilitar su representación visual y garantizar que cada elemento del proceso esté debidamente delimitado.

Adicionalmente, se implementará la metodología RACI para definir las responsabilidades de cada actor en el proceso. Esta herramienta asigna roles específicos (responsable, autoridad para aprobar, consultado e informado), lo que facilitará la coordinación entre los equipos y permitirá optimizar la asignación de tareas y decisiones. La matriz RACI será diseñada en Microsoft Visio para garantizar una visualización clara y funcional de las responsabilidades establecidas.

Por último, en esta sección se presentará un diagrama de flujo detallado que describe las principales etapas del proceso de licitación, elaborado utilizando la plataforma Bizagi. Este enfoque permite mapear el proceso de manera integral, incorporando tanto las actividades

principales como los subprocessos clave, lo que facilita una comprensión más profunda y detallada de cada fase.

Adicionalmente, se contextualizará la situación actual de la empresa en relación con la gestión y almacenamiento de la información utilizada en el proceso. Esto incluye identificar dónde y cómo se almacenan los documentos relevantes, así como los desafíos asociados, como la descentralización de archivos, accesibilidad limitada y falta de actualización oportuna. Este análisis busca proporcionar un panorama claro de los puntos críticos que impactan la eficiencia del flujo de trabajo.

#### **Medir (M):**

Se cuantificará en detalle el alcance del problema mediante la recopilación y análisis de datos clave relacionados con el proceso de licitación. Para ello, se identifican y registran métricas fundamentales, como el número total de licitaciones realizadas anualmente, la cantidad de licitaciones gestionadas de manera simultánea, y los plazos asignados a cada proceso.

La recopilación de esta información es esencial para dimensionar la carga de trabajo, evaluar la capacidad operativa de la organización y detectar posibles cuellos de botella o inconsistencias en la gestión del tiempo. Los datos obtenidos se representarán a través de gráficos que facilitarán la visualización de patrones, tendencias y áreas críticas dentro del proceso.

Este análisis cuantitativo permitirá establecer una línea base sobre la cual se puedan definir objetivos de mejora específicos, apoyar la toma de decisiones fundamentadas y, finalmente, implementar un modelo de optimización que responda a las necesidades reales del proceso de licitación.

#### **Análisis (A):**

Se realizará un análisis exhaustivo de las causas que originan los problemas detectados en la etapa anterior. Para esto, se empleará un diagrama de Ishikawa que permitirá categorizar y

visualizar claramente las causas principales que afectan la eficiencia del proceso de licitación, tales como problemas de comunicación, falta de claridad en los roles, demoras en la respuesta y asignación de recursos. Este diagrama se desarrollará en Microsoft Visio, aprovechando sus herramientas para una representación estructurada y fácil de interpretar.

### **Mejorar (M):**

Se aplicará una metodología estructurada con el objetivo de optimizar el proceso de licitación, centrándose en la reducción de ineficiencias y en la mejora de la gestión de recursos y tiempos.

Se desarrollará un modelo de optimización diseñado para asignar de manera eficiente las tareas y recursos disponibles. Este modelo será implementado en Python y ejecutado en Google Colab, lo que permitirá analizar y visualizar soluciones óptimas. Utilizando técnicas de programación lineal, el enfoque estará en minimizar los tiempos de ejecución de las tareas, garantizando una distribución equitativa y respetando las capacidades de los recursos.

Además, se plantearán iniciativas complementarias que refuercen el modelo y promuevan una mayor colaboración y eficiencia en el trabajo. Estas acciones buscarán mejorar la interacción entre los equipos y optimizar los flujos de trabajo, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos dentro del plazo establecido.

### **Controlar (C):**

El objetivo es garantizar que las mejoras propuestas y generadas a partir del modelo de optimización sean sostenibles y efectivas a lo largo del tiempo. A partir de los resultados obtenidos del modelo, se definirán indicadores clave de desempeño (KPI) que permitan monitorear el rendimiento del proceso y evaluar la aplicabilidad y efectividad de las soluciones implementadas.

## Resultados

Esta investigación se centra en mejorar la eficiencia y la efectividad del proceso de licitación dentro ESR Servicios, una empresa privada acreditada y certificada que ofrece servicios de alta calidad para el sector minero. A medida que la empresa crece y participa en licitaciones de proyectos cada vez más complejos y competitivos, ha surgido una problemática clave: la falta de estandarización y la claridad en el proceso interno de licitación, lo cual impacta directamente en el cumplimiento de los plazos y en la precisión de las propuestas presentadas.

Los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo se organizan conforme a las etapas del ciclo DMAIC, lo que permite presentar de manera estructurada los avances alcanzados en cada fase del proceso de mejora. Este enfoque asegura una comprensión clara de cómo se abordaron las ineficiencias identificadas y las soluciones implementadas para optimizar el proceso de licitación.

### **Definir (D):**

Se identifican los principales problemas que afectan la eficiencia y efectividad del proceso de licitación en ESR Servicios Ltda., los cuales están directamente relacionados con la optimización de los flujos de trabajo. Los problemas detectados incluyen:

- **Demoras significativas en el proceso:** Se observa que las diferentes etapas del proceso de licitación presentan retrasos considerables. Esto afecta la gestión del tiempo y pone en riesgo el cumplimiento de los plazos de adjudicación establecidos.
- **Falta de coordinación y asignación de responsabilidades:** La ausencia de una asignación clara de roles y responsabilidades entre las áreas involucradas genera ineficiencias, lo que dificulta la fluidez del proceso y la correcta ejecución de las tareas necesarias para cumplir con los plazos.

Para analizar estos problemas se aplicaron tres herramientas clave: Diagrama SIPOC, Matriz RACI y Diagrama de flujo.

## Diagrama SIPOC

Proveedores (S)	Entradas (I)	Procesos (P)	Salidas(O)	Clientes(C)
Proponente/ Oferente	Bases de licitación	Publicación de la Licitación	Respuestas a consultas	Proponente/ Oferente
Departamentos Internos	Itinerario de la licitación y requisitos del proyecto	Reunión Explicativa	Oferta Presentada	Clientes Internos
	Documento de Consultas	Visita a terreno	Contrato Adjudicado	Mandante
	Procedimientos y normativas del mandante	Ronda de Consultas		
	Herramientas de Software	Entrega de aclaraciones y respuestas a los participantes		
		Conformación de Ofertas (Antecedentes, Técnicas y Económicas)		
		Recepción de Ofertas		
		Resultado Licitación		

Fig 4: Diagrama SIPOC del proceso de licitación  
Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Visio)

**Proveedores (S):** Aquí se puede identificar las partes que proporcionan insumos para el proceso de licitación. Esto incluye al proponente u oferente y a los departamentos internos de la organización, quienes suministran los recursos y el conocimiento necesario para llevar a cabo el proceso de licitación.

**Entradas (I):** Las entradas del proceso de licitación son los elementos esenciales que se requieren para su ejecución. Entre ellos se encuentran las bases de licitación, que establecen los lineamientos y reglas del proceso; el itinerario y los requisitos, detallados en un cronograma que especifica los plazos a cumplir; los documentos relacionados con consultas, procedimientos y normativas del mandante, que incluyen las normas y políticas establecidas por la entidad; y, finalmente, las herramientas de software, que facilitan la gestión y el análisis de las ofertas mediante el uso de programas especializados.

**Procesos (P):** El proceso de licitación se desarrolla en varias etapas clave. Comienza con la publicación de la convocatoria, seguida de una reunión explicativa y una visita a terreno para aclarar detalles del proyecto. En la etapa de consultas, los participantes pueden plantear dudas, las cuales se responden y distribuyen formalmente como aclaraciones. Posteriormente, los oferentes preparan y entregan sus propuestas técnicas, económicas y documentales dentro del plazo establecido. Finalmente, las ofertas son evaluadas, y se adjudica el contrato al postulante que cumpla con los criterios definidos,

**Salidas (O):** Las salidas del proceso de licitación son los resultados obtenidos durante su desarrollo. Entre ellas se encuentran las respuestas a las consultas realizadas por los participantes, las aclaraciones emitidas para resolver dudas específicas y la oferta presentada, que corresponde a la propuesta formal entregada por cada oferente.

**Clientes (C):** Los clientes son los beneficiarios de las salidas del proceso de licitación e incluyen al proponente u oferente, quien participa presentando su oferta; los clientes internos, representados por los departamentos de la organización interesados en el éxito del proceso; y el mandante, que corresponde a la entidad o cliente final que solicita y financia el proyecto.

El SIPOC proporciona una visión general del proceso, pero no detalla etapas críticas ni tiempos específicos. Esto señala la importancia de complementar este análisis con herramientas más específicas, como estudios temporales o evaluaciones basadas en datos históricos.

## Matriz RACI

Tarea/Actividad	Aministrador de Contrato	Jefe Oficina Técnica	Ingeniero de la oficina técnica	Otros departamentos
Publicación de la licitación	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
Reunión Explicativa	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>I</b>
Visita a Terreno	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>I</b>
Rondas de Consultas	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>I</b>
Entrega de aclaraciones y respuestas	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>I</b>
Conformación de ofertas (Ant, Técnicas y Económicas)	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>C</b>
Recepción de Ofertas	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
Adjudicación y comunicación de resultados	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>I</b>	<b>I</b>

Fig 5: Matriz RACI del proceso de licitación  
Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Visio)

La matriz RACI muestra la distribución de responsabilidades, aprobaciones, consultas e información para cada tarea en el proceso de licitación. Si bien cumple con la asignación básica de roles, presenta oportunidades de mejora significativas. En particular, algunas tareas tienen asignaciones que podrían ser más claras o redistribuirse de manera más eficiente, lo que actualmente podría generar ineficiencias, retrasos en la toma de decisiones y falta de coordinación entre los participantes. Por ejemplo, en muchas tareas, los "Otros departamentos" están repetidamente asignados como "Informados", lo que limita su participación en etapas clave. Asimismo, el Jefe de Oficina Técnica asume una cantidad excesiva de responsabilidades, lo que puede llevar a una sobrecarga de trabajo y dificultar la gestión eficiente del proceso. Estas situaciones podrían estar afectando la eficiencia del proceso y la calidad en la ejecución de las tareas. Es necesario profundizar en la evaluación de cómo las responsabilidades están distribuidas actualmente y cómo esto impacta en el rendimiento del equipo.

## **Diagrama de flujo**

Se ha desarrollado un diagrama de flujo que representa de manera clara y secuencial las etapas del proceso de licitación, desde la publicación de la convocatoria hasta la adjudicación del contrato. Esta representación facilita la comprensión general del flujo de actividades y proporciona una visión estructurada de cómo se desarrolla el proceso.

Este diagrama, que se encuentra en el anexo 1, será una herramienta clave para visualizar el proceso y sentar las bases para la identificación de mejoras en la eficiencia y distribución de tareas a lo largo del proceso de licitación.

## **Contexto Actual del Proceso de Licitación en ESR Servicios Ltda.**

En la actualidad, los documentos necesarios para llevar a cabo el proceso de licitación en ESR Servicios Ltda. se almacenan en discos duros físicos que están instalados en ciertos computadores dentro de la empresa. Esta modalidad de almacenamiento genera una serie de ineficiencias, ya que no todos los miembros del equipo tienen acceso a los mismos recursos informáticos. Mientras que algunas personas tienen asignados computadores con los discos duros correspondientes, otras deben recurrir a sus propios equipos y pedir el acceso, lo que ralentiza el flujo de trabajo y limita la colaboración en tiempo real.

Además, el acceso a la información está restringido al entorno local de la red de la empresa, lo que significa que solo es posible visualizar los documentos si se cuenta con una conexión a Internet dentro de las instalaciones de la empresa. Esta limitación de acceso externo agrava aún más los tiempos de respuesta, especialmente cuando se requiere información urgente o cuando los involucrados necesitan trabajar desde ubicaciones diferentes.

En cuanto a los recursos disponibles, la Oficina Técnica está compuesta por un equipo reducido que incluye seis personas aproximadamente: el Administrador de Contrato, el Jefe de Oficina Técnica y los ingenieros que apoyan el procesos. En total, hay cuatro ingenieros que ayudan en el desarrollo de las licitaciones. Sin embargo, el personal restante, aunque parte de la organización, está mayormente asignado a servicios fuera de la empresa, particularmente en

terreno, y se dedica principalmente a temas de calidad. Esto limita el número de personas disponibles de forma continua para trabajar en las licitaciones.

La combinación de estos factores, como la falta de acceso eficiente a los documentos, la distribución limitada de recursos informáticos y la disponibilidad reducida del personal clave, impacta negativamente en la eficiencia del proceso de licitación. Esta situación requiere una optimización urgente de los flujos de trabajo y recursos disponibles para mejorar la agilidad, precisión y cumplimiento de los plazos establecidos.

### **Medir(M)**

En esta etapa, se muestran datos que fueron recopilados sobre los plazos actuales que se disponen en cada proceso de licitación según el diagrama mostrado en la etapa anterior.

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo (Hrs)</b>
Publicación de la licitación	0
Reunión Explicativa	1
Visita a Terreno	12
Ronda de Consultas	120
Entrega de aclaraciones	336
Conformación de las Ofertas	960

Fig 6: Tabla de plazos  
Fuente: Elaboración propia

El proceso de licitación en ESR Servicios LTDA se divide en varias etapas, como se reflejan en la tabla anterior. A continuación, se presenta un resumen de cada etapa, junto con su duración, basado en la información histórica del proceso y en tiempos estándar definidos por la organización.

Estos datos sirven para evaluar la eficiencia del proceso y detectar áreas de mejora.

#### **1. Publicación de la Licitación (0 horas)**

Esta fase es automática y no requiere intervención, lo que significa que no genera tiempos de trabajo adicionales.

## **2. Reunión Explicativa (1 hora)**

La reunión explicativa tiene una duración estándar de 1 hora. En esta etapa, se busca informar y aclarar dudas generales sobre el proceso de licitación, proporcionando información clave a los participantes.

## **3. Visita a Terreno (12 horas)**

La visita a terreno es crucial para comprender las condiciones del lugar, y toma 12 horas para recorrer y analizar el sitio, lo cual es fundamental para la correcta formulación de las ofertas.

## **4. Ronda de Consultas (120 horas)**

Durante esta etapa, se destinan 120 horas para plantear dudas y obtener información adicional que pueda afectar las ofertas. Este tiempo es necesario para clarificar aspectos específicos de la licitación y garantizar que se cubran todos los requisitos de manera detallada.

## **5. Entrega de Aclaraciones y Respuestas (336 horas)**

La entrega de aclaraciones y respuestas es una etapa crítica que requiere 336 horas para validar y emitir las respuestas a las consultas planteadas durante la ronda de consultas. Sin embargo, este tiempo está parcialmente determinado por la respuesta y coordinación con la entidad mandante, lo que limita su optimización desde el lado de la empresa licitante.

## **6. Conformación de las Ofertas (960 horas)**

La conformación de las ofertas es la etapa más extensa del proceso, con un tiempo total estimado de 960 horas (40 días). Esta fase involucra la elaboración de tres tipos de ofertas: **antecedentes, técnica y económica**, cada una de las cuales requiere la entrega de documentos específicos y detallados. Los documentos solicitados incluyen la identificación del proponente, antecedentes comerciales y financieros, organización del servicio, currículum del personal clave, presupuesto itemizado y análisis de precios unitarios.

La conformación de las ofertas es la fase más larga y compleja del proceso de licitación, involucrando múltiples departamentos y un gran número de documentos que deben ser preparados, revisados y aprobados. La eficiencia en esta etapa es clave para mejorar los tiempos generales del proceso y evitar demoras considerables. Dado su impacto directo en la adjudicación del contrato y la necesidad de optimizar tanto el tiempo como los recursos, se ha seleccionado esta etapa para su análisis y mejora en el modelo de optimización. Optimizar la asignación de recursos y la gestión de los documentos en esta fase es fundamental para reducir la carga de trabajo hacia el final del proceso y garantizar que todas las ofertas sean entregadas dentro de los plazos establecidos.

La etapa que se va a analizar contempla ciertas tareas para la conformación de las ofertas, estas tareas son:

Oferta Complementaria (Antecedentes)	
Etapa	Tiempo (Hrs)
Revisión de los requerimientos	15
Elaboración documentos complementarios	30
Revisión y validación	10
Generación documentos de respaldos	20
Revisión final de la información complementaria	10

Fig 7: Tiempos estimados por tarea (Complementaria)  
Elaboración Propia

Oferta Económica	
Etapa	Tiempo (Hrs)
Revisión requisitos económicos	10
Elaboración propuesta económica	35
Revisión interna y validación	12
Generación de documentación de respaldo	15

Fig 8: Tiempos estimados por tarea (Económica)  
Fuente: Elaboración propia

Oferta Técnica	
Etapa	Tiempo (Hrs)
Revisión requisitos técnicos	12
Elaboración propuesta técnicos	35
Revisión interna y validación	10
Generación de documentación de respaldo	18

Fig 9: Tiempos estimados por tarea (Técnica)  
Fuente: Elaboración propia

El tiempo estimado se basa en un promedio del tiempo que usualmente se demora en realizar las tareas. Además, estos datos fueron proporcionados por el jefe de la Oficina Técnica, quien supervisa constantemente los procesos en general.

## Analizar (A):

En esta fase, se realiza un diagrama de Ishikawa para poder analizar y ver cuáles son las posibles causas sobre la demora en el proceso de licitación y la no claridad en la asignación de las responsabilidades.

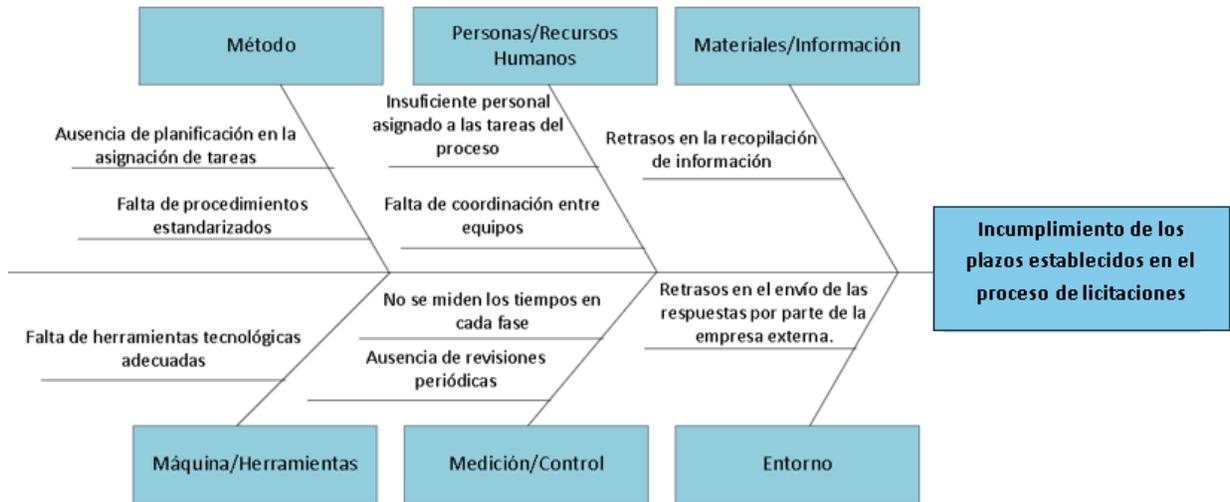


Fig 10: Diagrama de Ishikawa del proceso de Licitación

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de Ishikawa presentado identifica las principales causas que generan ineficiencias en los procesos de licitación en ESR Servicios Ltda., alineándose con el objetivo de mejorar la gestión del tiempo y optimizar la asignación de responsabilidades. Las categorías analizadas son las siguientes:

### Método:

Esta categoría aborda la planificación y ejecución de los procesos. La ausencia de planificación adecuada en la asignación de tareas y la falta de procedimientos estandarizados provocan confusión y errores. Estas deficiencias impactan directamente en el flujo de trabajo, generando retrasos y problemas de coordinación entre los equipos.

**Personas/Recursos Humanos:**

La insuficiencia de personal asignado al proceso y la falta de coordinación entre los equipos dificultan la ejecución oportuna de las tareas, generando esfuerzos duplicados o incompletos. Estas limitaciones evidencian la necesidad de una asignación más clara de responsabilidades y de una mejora en la comunicación y organización interna.

**Materiales/Información:**

Se enfoca en los insumos necesarios para el desarrollo del proceso de licitación. Los retrasos en la recopilación de información y documentación clave afectan el inicio y desarrollo del proceso, dificultando el cumplimiento de los plazos establecidos y la efectividad de las actividades planificadas.

**Máquinas/Herramientas:**

La falta de herramientas tecnológicas adecuadas limita la eficiencia en tareas críticas, como el manejo de información y el seguimiento del progreso del proceso. Esta carencia afecta la optimización de los recursos disponibles y la capacidad para responder de manera ágil a las demandas del proceso.

**Medición y Control:**

La falta de medición de tiempos en cada fase y la ausencia de revisiones periódicas generan una carencia de datos para identificar puntos de mejora. Sin sistemas de monitoreo y evaluación claros, es difícil implementar estrategias que permitan optimizar los flujos de trabajo y reducir los tiempos de ejecución.

**Entorno:**

Los factores externos, como los retrasos en las respuestas por parte de terceros y la falta de claridad en las responsabilidades internas, complican el seguimiento de las tareas y el

cumplimiento de los plazos. Estos elementos externos pueden impactar significativamente en la eficiencia operativa si no se gestionan adecuadamente.

No se abordarán factores externos, como retrasos por parte de terceros, ya que están fuera del control directo de ESR Servicios Ltda. Aunque son relevantes, su gestión depende de la respuesta y cooperación de entidades externas.

El enfoque del modelo se centra en las áreas internas (como Método y Medición y Control), ya que representan aspectos que la organización puede controlar, modificar y optimizar. Al trabajar en estas áreas, se pueden mitigar en parte los impactos negativos de los factores externos, pero no eliminarlos por completo.

### **Mejorar(M):**

Se han identificado diversas mejoras orientadas a optimizar el proceso de licitación, con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución y clarificar la asignación de roles y responsabilidades. Para ello, se utiliza **modelos de optimización**, que permitirán simular y ajustar los flujos de trabajo. Estos modelos no solo ayudarán a identificar las áreas de mejora más críticas, sino que también proporcionarán un enfoque cuantitativo para la toma de decisiones y la asignación de recursos.

#### **Modelo de Optimización:**

El objetivo del modelo es minimizar el tiempo total de ejecución del proceso de licitación y mejorar la eficiencia operativa mediante la asignación óptima de recursos y la clarificación de responsabilidades, garantizando el cumplimiento de los plazos establecidos.

#### **Definición de datos:**

##### **Conjuntos:**

- $T = \{C1, C2, C3, C4, C5, E1, E2, E3, E4, T1, T2, T3, T4\}$
- $R = \{R1, R2, R3, R4, R5, R6\}$

### Explicación:

El conjunto T, significa todas las tareas de la conformación de ofertas, incluyendo:

Antecedentes:  $C1, C2, C3, C4, C5$  , Económica:  $E1, E2, E3, E4$  y Técnica:  $T1, T2, T3, T4$

El conjunto R, incluye todos los recursos que están disponibles en la oficina técnica para la conformación de las ofertas. Estos recursos son los participantes del equipo.

### Parámetros:

- Tiempo estimado por tarea ( $T_i$ ) para cada tarea  $i \in T$  (en horas).
- Capacidad de cada recurso ( $C_r$ ) para cada recurso  $r \in R$ , que es 180 horas por recurso.

### Variables de Decisión

- $X_{ir} \in \{0,1\}$ , 1 si está asignado, 0 si no).
- $t_{ir}$  : Número de horas que el recurso r dedica a la tarea i (en horas). Esta es una variable continua.

### Función Objetivo

Minimizar el tiempo total de trabajo

$$\text{Mín} \sum_{i \in T} \sum_{r \in R} t_{ir}$$

### Restricciones:

1. **Asignación única de tareas a recursos:** Cada tarea debe ser asignada a **exactamente un recurso**:

$$\sum_{r \in R} X_{ir} = 1, \quad \forall i \in T$$

2. **Cumplimiento del tiempo estimado de cada tarea:** El tiempo total asignado a cada tarea debe ser igual al tiempo estimado de la tarea:

$$\sum_{r \in R} t_{ir} = t_i, \quad \forall i \in T$$

3. **Capacidad de los recursos:** El tiempo total asignado a un recurso no puede exceder su capacidad de 180 horas:

$$\sum_{i \in T} t_{ir} < 180, \quad \forall r \in R$$

4. **Relación entre variables  $x_{ir}$  y  $t_{ir}$ :** El tiempo asignado a una tarea en un recurso solo puede ser distinto de cero si la tarea está asignada a ese recurso:

$$t_{ir} \leq t_i * x_{ir}, \quad \forall i \in T, \quad \forall r \in R$$

5. **Valor de las variables binarias:** Las variables  $x_{ir}$  son binarias:

$$x_{ir} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in T, \quad \forall r \in R$$

6. **Restricción de no negatividad para las horas:** Las variables  $T_{ir}$  no pueden ser negativas:

$$T_{ir} \geq 0, \quad \forall i \in T, \quad \forall r \in R$$

Para resolver este modelo de optimización, se implementó en Python utilizando la herramienta Google Colab. El desarrollo completo se encuentra en el Anexo 2. A continuación, se presenta un pseudocódigo del modelo para facilitar la comprensión de su ejecución:

1. Se define los datos del problema (Se crea el listado de tareas con sus tiempos estimados)
2. Se crea el modelo de optimización
3. Se define las variables de decisión
4. Se define la función objetivo
5. Se agregan las restricciones
6. Se resuelve el modelo

7. Se validan los resultados (Verificar si hay una solución óptima) y se muestra un mensaje que indique cuando no se encontró solución óptima

### Resumen del flujo:

1. Definir datos → 2. Crear modelo → 3. Definir variables → 4. Establecer función objetivo → 5. Agregar restricciones → 6. Resolver modelo → 7. Mostrar resultados.

La solución de este modelo de optimización da como resultado:

```
➤ Solución óptima Encontrada:  
Tarea E1 asignada a Recurso R4 con 10.00 horas.  
Tarea E2 asignada a Recurso R3 con 35.00 horas.  
Tarea E3 asignada a Recurso R1 con 12.00 horas.  
Tarea E4 asignada a Recurso R4 con 15.00 horas.  
Tarea T1 asignada a Recurso R1 con 12.00 horas.  
Tarea T2 asignada a Recurso R6 con 35.00 horas.  
Tarea T3 asignada a Recurso R5 con 10.00 horas.  
Tarea T4 asignada a Recurso R4 con 18.00 horas.  
Tarea C1 asignada a Recurso R2 con 15.00 horas.  
Tarea C2 asignada a Recurso R1 con 30.00 horas.  
Tarea C3 asignada a Recurso R5 con 10.00 horas.  
Tarea C4 asignada a Recurso R6 con 20.00 horas.  
Tarea C5 asignada a Recurso R2 con 10.00 horas.  
Recurso R1 tiene 54.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Recurso R2 tiene 25.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Recurso R3 tiene 35.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Recurso R4 tiene 43.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Recurso R5 tiene 20.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Recurso R6 tiene 55.0 horas asignadas, dentro de su capacidad de 180 horas.  
Tiempo total asignado dentro del plazo: 232.0 horas.
```

Fig 11: Solución en consola del modelo de optimización  
Fuente: Consola Python en Google Colab

La solución óptima mostrada en consola señala la asignación de tareas a los recursos disponible de la mejor manera: A continuación, se hará un análisis más detallado:

**Carga Total Asignada:** Cada recurso tiene asignadas un límite de 180 horas para el período de trabajo. Este cálculo se obtuvo considerando que el plazo para la entrega de las ofertas es de 960 horas (40 días). Se excluyeron los fines de semana y se asumió una jornada laboral de 9 horas diarias durante 5 días a la semana, resultando en 180 horas disponibles por recurso.

Tras el modelo de optimización, la asignación fue el siguiente:

Recurso R1: 54 horas (30% de la capacidad) → (Cálculo:  $\frac{54 \cdot 100}{180} = 30\%$ )

Recurso R2: 25 horas (14% de la capacidad) → (**Cálculo:**  $\frac{25 \cdot 100}{180} = 14\%$ )

Recurso R3: 35 horas (19% de la capacidad) → (**Cálculo:**  $\frac{35 \cdot 100}{180} = 19\%$ )

Recurso R4: 43 horas (24% de la capacidad) → (**Cálculo:**  $\frac{43 \cdot 100}{180} = 24\%$ )

Recurso R5: 20 horas (11% de la capacidad) → (**Cálculo:**  $\frac{20 \cdot 100}{180} = 11\%$ )

Recurso R6: 55 horas (31% de la capacidad) → (**Cálculo:**  $\frac{55 \cdot 100}{180} = 31\%$ )

### **Promedio de horas trabajadas por día**

Para poder tener en cuenta cuántas horas se les dedican a las tareas por día, se hace un cálculo de 20 días laborales (5 días a la semana durante 4 semanas). Los resultados son los siguientes:

Recurso R1;  $\frac{54}{20} = 2,7 \text{ horas/día}$

Recurso R2;  $\frac{54}{20} = 1,25 \text{ horas/día}$

Recurso R3;  $\frac{54}{20} = 1,75 \text{ horas/día}$

Recurso R4;  $\frac{54}{20} = 2,15 \text{ horas/día}$

Recurso R5;  $\frac{54}{20} = 1 \text{ hora/día}$

Recurso R6;  $\frac{54}{20} = 2,75 \text{ horas/día}$

La asignación horaria es adecuada para las necesidades actuales del proceso de licitación y asegura que ningún recurso esté sobrecargado. Además, el tiempo libre disponible puede ser aprovechado para atender **otras licitaciones** o proyectos simultáneos, aumentando la capacidad operativa de la empresa sin afectar el cumplimiento de los plazos establecidos en el modelo. Esto refuerza la flexibilidad y la capacidad de respuesta de los recursos frente a nuevas oportunidades.

## **Propuestas de validación:**

### **1. Simulación comparativa**

Se realiza una simulación del proceso de licitación utilizando datos históricos reales y compara los resultados obtenidos antes y después de implementar el modelo. Esto implica analizar métricas clave como tiempos totales de ejecución, distribución de responsabilidades y carga de trabajo promedio por recurso.

### **2. Piloto controlado**

Implementa el modelo en un proceso de licitación real limitado a un subconjunto de tareas o departamentos. Monitorea el desempeño en términos de tiempos de ejecución, claridad de roles y cumplimiento de plazos. Obtén retroalimentación directa de los equipos involucrados para identificar mejoras. Este piloto permitirá evaluar tanto la eficiencia operativa como la aceptación del modelo.

### **3. Monitoreo de desempeño con KPIs**

Se definen indicadores clave de desempeño (KPIs) como la utilización de recursos, cumplimiento de plazos y tiempo promedio por tarea. Implementa el modelo en procesos reales durante un período de tres meses y registra los datos obtenidos. Evalúa si los KPIs reflejan mejoras, como una reducción del tiempo promedio por tarea y una distribución equilibrada del trabajo entre los recursos. Esto asegura un monitoreo continuo y una validación basada en resultados tangibles.

## **Propuestas adicionales**

Además del modelo de optimización, se propondrán diversas herramientas tecnológicas que facilitarán la implementación de las mejoras, tales como sistemas de gestión documental centralizados como Google Drive, herramientas de colaboración en línea como Slack. Estas herramientas permitirán mejorar el acceso a la información, agilizar la coordinación entre los

equipos y optimizar la distribución de tareas, reduciendo las demoras actuales y mejorando la comunicación en tiempo real.

Para que estas herramientas sean efectivas, su implementación debe estar acompañada de una estrategia clara que considere la capacitación de los colaboradores y su integración en los flujos de trabajo existentes. Es fundamental identificar las áreas o roles dentro de la empresa que más se beneficiarían del uso de estas plataformas y brindarles una capacitación práctica para asegurar su adopción. Además, establecer políticas internas sobre la organización de documentos en Google Drive y el uso adecuado de canales en Slack evitará que la nueva tecnología genere confusión o resistencia.

### Controlar(C)

En la fase final, se implementaron mecanismos para garantizar la sostenibilidad de las mejoras en el proceso de licitación, estableciendo KPIs clave para monitorear su efectividad y asegurar su eficiencia a largo plazo.

#### Principales KPIs definidos:

Utilización de Recursos	
Definición	Mide el porcentaje de tiempo que cada recurso ha sido utilizado con respecto a su capacidad total disponible.
Cálculo	$\text{Utilización de Recurso} = \frac{\sum_{i \in T} t_{ir}}{\text{Capacidad del recurso}} \times 100$
Objetivo	Un valor cercano al 100% indica un uso óptimo del recurso.
Frecuencia	Semanal
Responsable	Jefe de Oficina Técnica

Tiempo total asignado	
Definición	Mide el total de horas de trabajo asignadas a todas las tareas dentro del modelo de optimización.
Cálculo	$\text{Tiempo total asignado} = \sum_{i \in T} \sum_{i \in T} t_{ir}$
Objetivo	Mantener el tiempo total dentro del límite de tiempo disponible (180 horas por recurso).
Frecuencia	Mensual
Responsable	Jefe de Oficina Técnica

Fig 12: KPI que se utilizarán en el proceso de licitación  
Fuente: Elaboración propia

Los KPIs seleccionados, **Utilización de Recursos** y **Tiempo Total Asignado**, fueron escogidos debido a su capacidad para medir la eficiencia y el manejo adecuado de los recursos dentro del proyecto. La **Utilización de Recursos** permite monitorizar la eficiencia en el uso de los recursos, asegurando que cada uno esté siendo utilizado dentro de su capacidad sin sobrecargarlo o infrautilizarlo. Este KPI se mide semanalmente, ya que permite hacer ajustes rápidos en la asignación de tareas y la optimización de los recursos antes de que se presenten desviaciones significativas. Por otro lado, el **Tiempo Total Asignado** asegura que el total de horas asignadas a todas las tareas se mantenga dentro de las 180 horas disponibles por recurso, lo cual es clave para garantizar que no se exceda el tiempo total disponible y que se optimicen los plazos. Este KPI se evalúa mensualmente, permitiendo un control adecuado a largo plazo y evitando la acumulación de tareas que puedan superar la capacidad de los recursos. El responsable para controlar los KPIs sería el **jefe de Oficina Técnica**, ya que es la persona encargada de la asignación y gestión de los recursos dentro del equipo, y tiene la visibilidad y autoridad necesarias para implementar cambios rápidos en caso de ser necesario, así como para asegurar que las horas de trabajo se distribuyan adecuadamente.

## Conclusiones

La investigación evidencia que la ineficiencia en los procesos internos genera demoras significativas, asignación ambigua de roles y una gestión subóptima del tiempo. Esto no solo afecta el cumplimiento de plazos, sino que también pone en riesgo la posición competitiva de la empresa en un sector tan exigente como el minero, donde la precisión y la agilidad son claves.

A través de la metodología DMAIC, basada en Six Sigma, se logró identificar las principales causas de estas deficiencias, destacándose problemas como la falta de herramientas tecnológicas, la insuficiencia de personal dedicado al proceso y la carencia de un sistema centralizado de gestión documental. Este enfoque permitió estructurar un modelo de optimización que prioriza la reducción de tiempos, la distribución equitativa de tareas y el fortalecimiento de la coordinación entre los equipos.

El modelo de optimización aplicados como mejoras para el proceso de licitación de ESR Servicios LTDA. desempeñan un papel crucial para lograr una asignación eficiente de recursos y tareas, impactando directamente en la reducción de los tiempos de ejecución y la mejora de la operatividad. Utilizando técnicas de programación lineal, se desarrolla un modelo matemático que permite distribuir de manera equitativa las responsabilidades entre los integrantes del equipo, asegurando que ningún recurso estuviera sobrecargado o subutilizado. Este enfoque no solo mejora la capacidad del equipo para gestionar múltiples tareas simultáneamente, sino que también maximiza el aprovechamiento de las horas disponibles de cada miembro.

El modelo matemático se basa en una estructura optimizada que incluía restricciones claras sobre la capacidad de trabajo de los recursos y el cumplimiento de los tiempos estimados para cada tarea. Esta herramienta facilitó la priorización de actividades críticas, asegurando que las fases más complejas, como la conformación de las ofertas, se realizaran de manera más ágil y organizada. La solución generada por el modelo no solo fue eficiente en términos de distribución de tareas, sino que también destacó áreas de oportunidad para un balance de cargas más equitativo entre los recursos disponibles.

La implementación de las estrategias de validación propuestas permitirá obtener una visión clara y objetiva del impacto del modelo de optimización en el proceso de licitación de ESR Servicios LTDA. A través de la simulación comparativa, se podrá medir de manera cuantitativa la mejora en los tiempos de ejecución. El piloto controlado ofrecerá una prueba práctica del modelo, permitiendo evaluar tanto los resultados operativos como la aceptación por parte de los equipos, lo cual es crucial para garantizar la sostenibilidad del cambio. Finalmente, el monitoreo continuo mediante KPIs proporcionará datos precisos sobre la utilización de recursos y el cumplimiento de plazos, asegurando que las mejoras sean medibles y sostenibles en el tiempo. En conjunto, estas validaciones ofrecerán una base sólida para adaptar y consolidar el modelo de optimización, asegurando que ESR Servicios mantenga su competitividad y capacidad operativa en el sector minero.

Adicionalmente, la integración de este modelo con herramientas tecnológicas como Google Drive y Slack amplificó sus beneficios, al garantizar que los equipos tuvieran acceso en tiempo real a información relevante y mejoraran su coordinación. Esto permitió un flujo de trabajo más fluido y una mayor adaptabilidad ante cambios o desafíos imprevistos durante el proceso de licitación.

Por otro lado, el análisis realizado con herramientas como el diagrama SIPOC y la matriz RACI reveló la importancia de definir con mayor claridad las responsabilidades de cada actor en el proceso. Esta claridad se tradujo en una mejor coordinación y en una reducción de los conflictos derivados de la duplicidad de tareas o la falta de involucramiento en etapas clave. Asimismo, el uso de indicadores clave de desempeño (KPIs) permitió establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de las mejoras y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

No obstante, el éxito de estas iniciativas depende del compromiso de ESR Servicios con la mejora continua. Es esencial fomentar una cultura de aprendizaje e innovación, mediante la capacitación constante del personal, la actualización de los procesos según las necesidades del entorno y el seguimiento de los KPIs para consolidar los avances obtenidos.

## Referencias

1. ESR Servicios. (s.f.). *Nosotros ESR*. <https://www.esrservicios.cl/nosotros.php>
2. Licitación—ChileCompra. (s.f.). Recuperado 23 de septiembre de 2024, de <https://www.chilecompra.cl/licitacion-comprador/>
3. Aldana Ramírez, D. (2005). *Optimización de Procesos*. Universidad Autónoma de Occidente.  
Recuperado de <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/20856cac-d4b7-497e-ac0b-2fb3208b481a/content>
4. QuestionPro. (s.f.). *Programación lineal: Métodos y ejemplos*. Recuperado de <https://www.questionpro.com/blog/es/programacion-lineal/>
5. GoDaddy. (s.f.). *Google Colab: ¿qué es y cómo utilizarlo?*. Recuperado el 22 de enero de 2025, de <https://godaddy.com/resources/latam/desarrollo/google-colab-que-es-como-utilizarlo>
6. Fuentes et al., (2020). *Estandarización de procesos administrativos del área de gestión humana, seguridad y salud en el trabajo en una entidad oncológica*. Revista Ingeniería, Matemáticas Y Ciencias De La Información, 7(14), 77 – 93.  
<https://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/669>
7. Terreros, D. (2021, noviembre 16). *Qué es Slack, para qué sirve y cómo utilizarlo*. Hubspot.es.  
<https://blog.hubspot.es/marketing/guia-slack>
8. Chakray. (s.f.). *¿Qué es el BPMN y para qué sirve?*. <https://www.chakray.com/es/que-es-el-bpmn-y-para-que-sirve/>
9. MacNeil, C. (2024, 23 febrero). *¿Qué es un diagrama SIPOC? 7 pasos para trazar los procesos de negocios [2024]*. Asana.  
<https://asana.com/es/resources/sipoc-diagram>
10. Content, R. R. (2021, 12 febrero). *Aprende cómo distribuir mejor las responsabilidades con la Matriz RACI*. Rock Content – ES. <https://rockcontent.com/es/blog/matriz-raci/>

11. Barrios R., I., & Casadei C., L. (2014). *Promoviendo el uso de Google Drive como herramienta de trabajo colaborativo en la nube para estudiantes de ingeniería*. Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación, 8(1), 43–56. Recuperado de <https://revistaeduweb.org/index.php/eduweb/article/view/127/121>
12. Bravo, D. (2024). *IAP ING, CONST Y MONT Rev1* [Archivo PDF]. Microsoft Word.
13. Centre for European Economic Research. (2013). *Analyzing convergence through the lens of the manufacturing sector* (No. 13-068). Econstor. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/84368/1/657389587.pdf>
14. Microsoft. (s.f.). *Vídeo: ¿Qué es Visio?* <https://support.microsoft.com/es-es/office/v%C3%ADdeo-qu%C3%A9-es-visio-421b0c94-7ecf-4e62-8072-d27e04d24fe6#:~:text=Dar%20a%20sus%20diagramas%20un,que%20no%20tengan%20Visio%20instalado>.
15. Rodríguez Camacho, D. F., & Forero Vega, F. (2014). *Análisis, instalación, implementación y puesta en producción del software oracle primavera p6 enterprise® para la empresa colombia móvil.*, Repositorio institucional de la Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3987/00000746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Bizagi. (n.d.). *Bienvenido a la ayuda de Bizagi*. Recuperado el [fecha de acceso], de [https://help.bizagi.com/platform/es/index.html?intro\\_welcome.htm](https://help.bizagi.com/platform/es/index.html?intro_welcome.htm)
17. Vega, J et al., (2003). *Proceso de implementación de un programa de mejora continua*. Revista Ingenierías, Universidad de Medellín, 2(3), 78–84. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf>
18. Sánchez, G. R., & Mieres, A. E. (2004). *"El enfoque Six Sigma"*. *Ciencia Administrativa*, 3(4), 37–42.
19. Altmann, C. (2020). *Análisis de causa raíz*. Recuperado de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64567583/causaraizaltmann-libre.pdf>.

20. González, J. (2017). *Diagrama de Ishikawa*. Recuperado de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51937786/Ishikawa-libre.pdf?1488095869>
21. Universidad Técnica de Ambato. (s.f.). *Desarrollo y aplicación de gestión*. Recuperado de [https://apps.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w24174w/S8\\_desarrollo\\_aplicacion\\_gestion.pdf](https://apps.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w24174w/S8_desarrollo_aplicacion_gestion.pdf)
22. Chávez Garrido, J. Y., & Villacorta Chávez, P. M. (2019). *Influencia de la aplicación de herramientas de google drive en el desarrollo de competencias de aprendizaje colaborativo en estudiantes del quinto ciclo del curso de planeamiento estratégico del programa de administración y negocios de idat, 2015 ii*. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2142>
23. Dafonte-Gómez, et al (2019). *La comunicación en la docencia universitaria: Uso de TIC y su impacto en los cursos masivos online (MOOC)*. Repositorio da Universidad de Vigo.  
Disponible en: [https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/4875/2019\\_dafonte\\_comunicacion\\_tic\\_cursos\\_universitarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/4875/2019_dafonte_comunicacion_tic_cursos_universitarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
24. Bahamonde Herrera, H. J. (2024). *Eficacia y Eficiencia en las Contrataciones de Obras mediante Procesos de Licitación Pública y Adjudicaciones Simplificadas en el Gobierno Regional de San Martín, Periodo 2018-2023*. Repositorio Académico de la UPC.  
Disponible en: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/675376/Bahamonde\\_HJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/675376/Bahamonde_HJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

# Anexos

## 1. Diagrama de Flujo Completo

- General

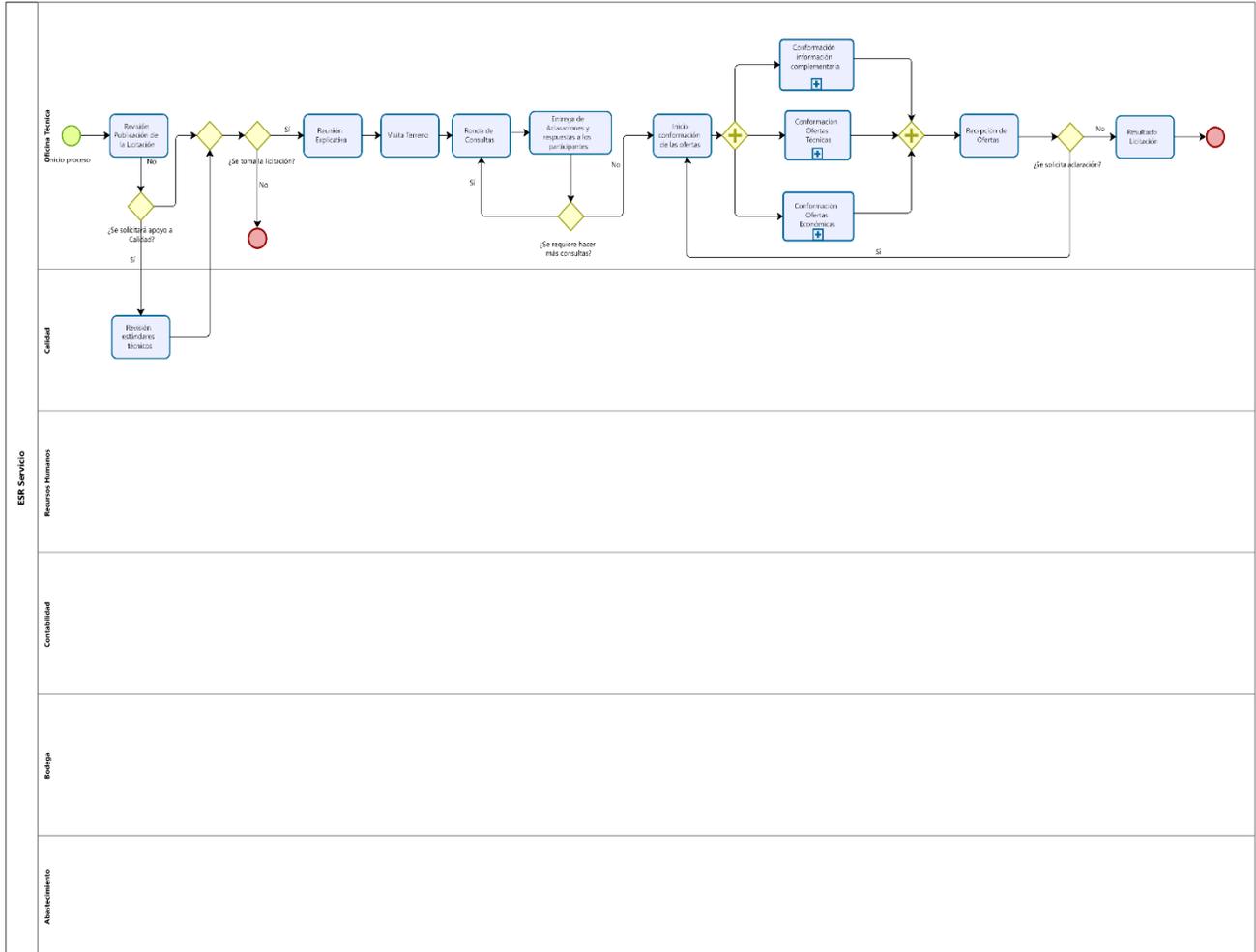


Fig 14: Diagrama de Flujo General

Fuente: Elaboración propia

### Imagen Ampliada Parte 1:

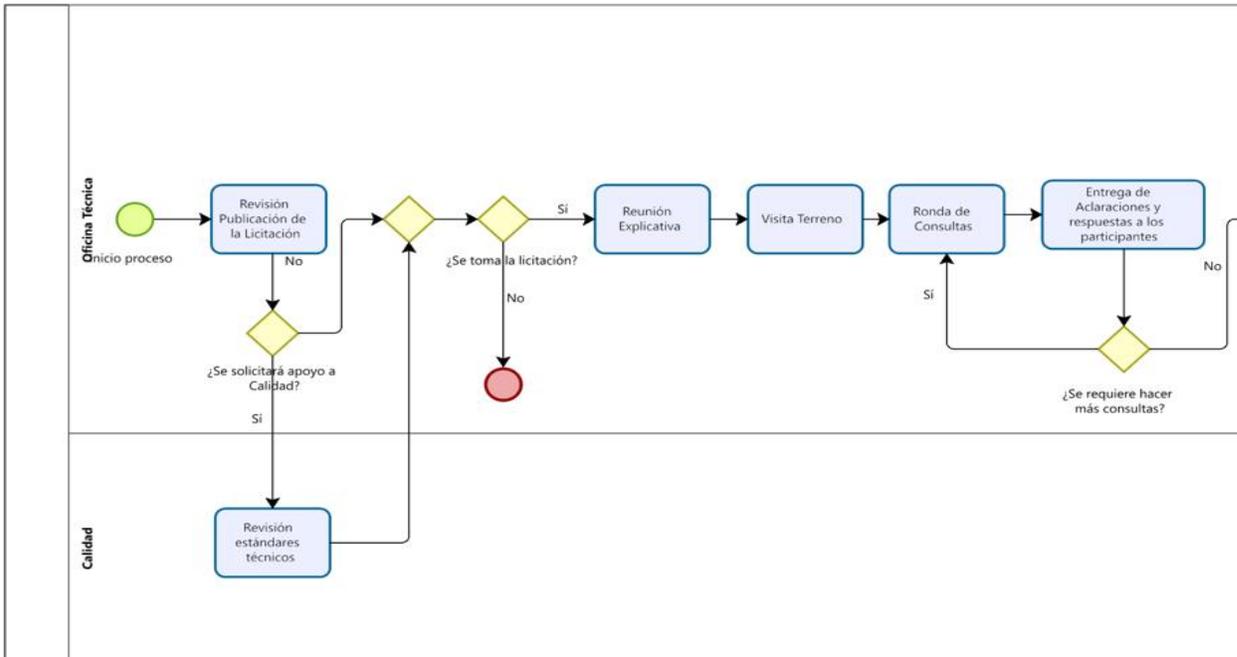


Fig 15: Diagrama de Flujo Ampliado Parte 1

Fuente: Elaboración propia

### Imagen Ampliada Parte 2:

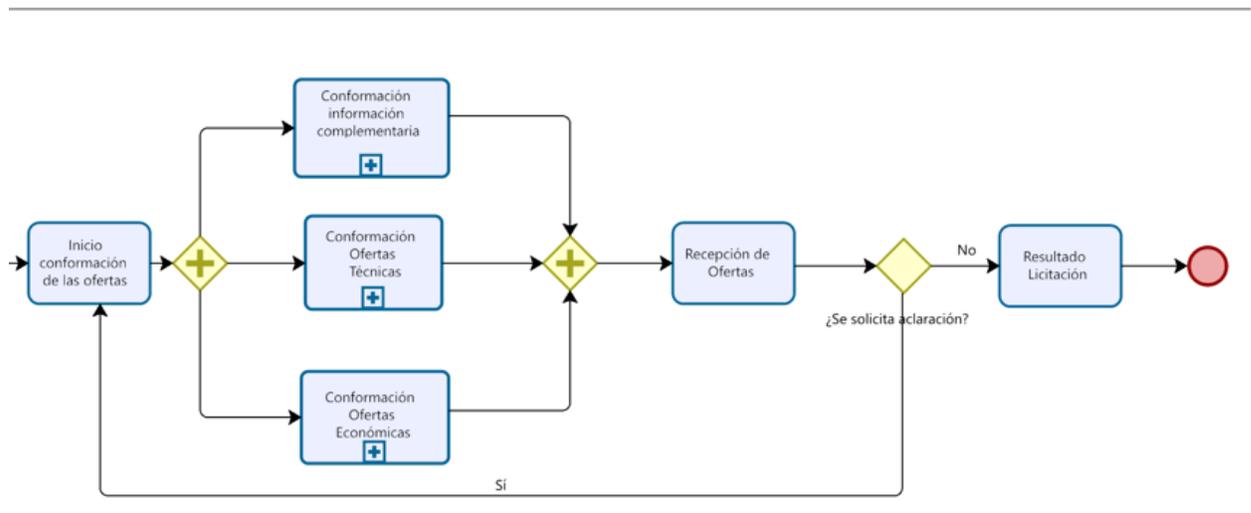


Fig 16: Diagrama de Flujo Ampliado Parte 1

Fuente: Elaboración propia

- Subproceso (Económico)

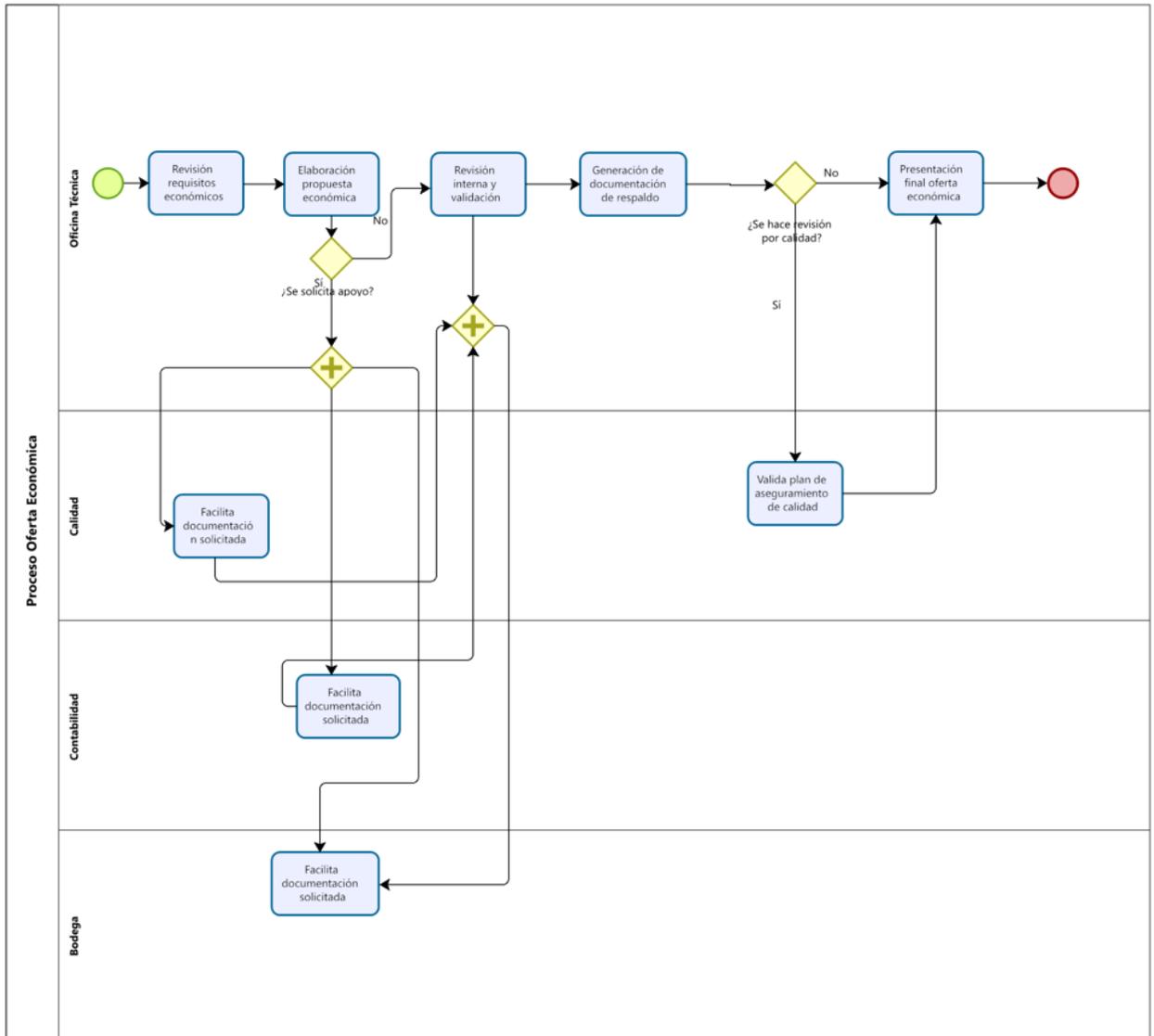


Fig 17: Diagrama de Flujo Subproceso (Económico)

Fuente: Elaboración propia

- Subproceso (Complementario)

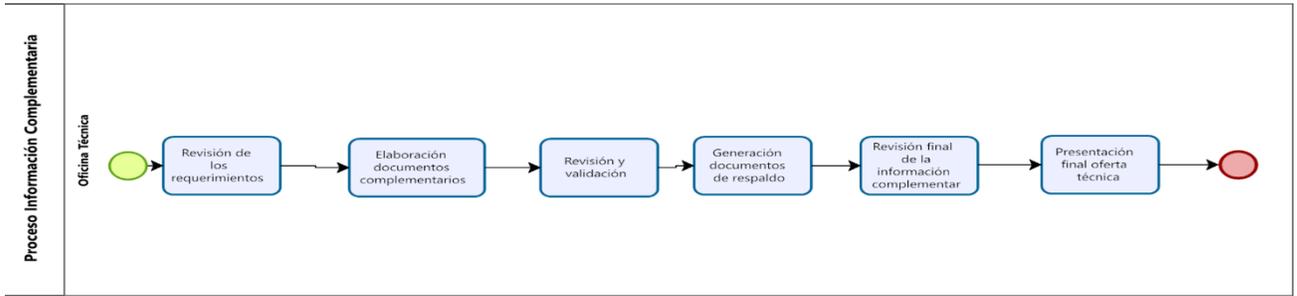


Fig 18: Diagrama de Flujo Subproceso (Complementario)

Fuente: Elaboración propia

- Sub proceso (Técnico)

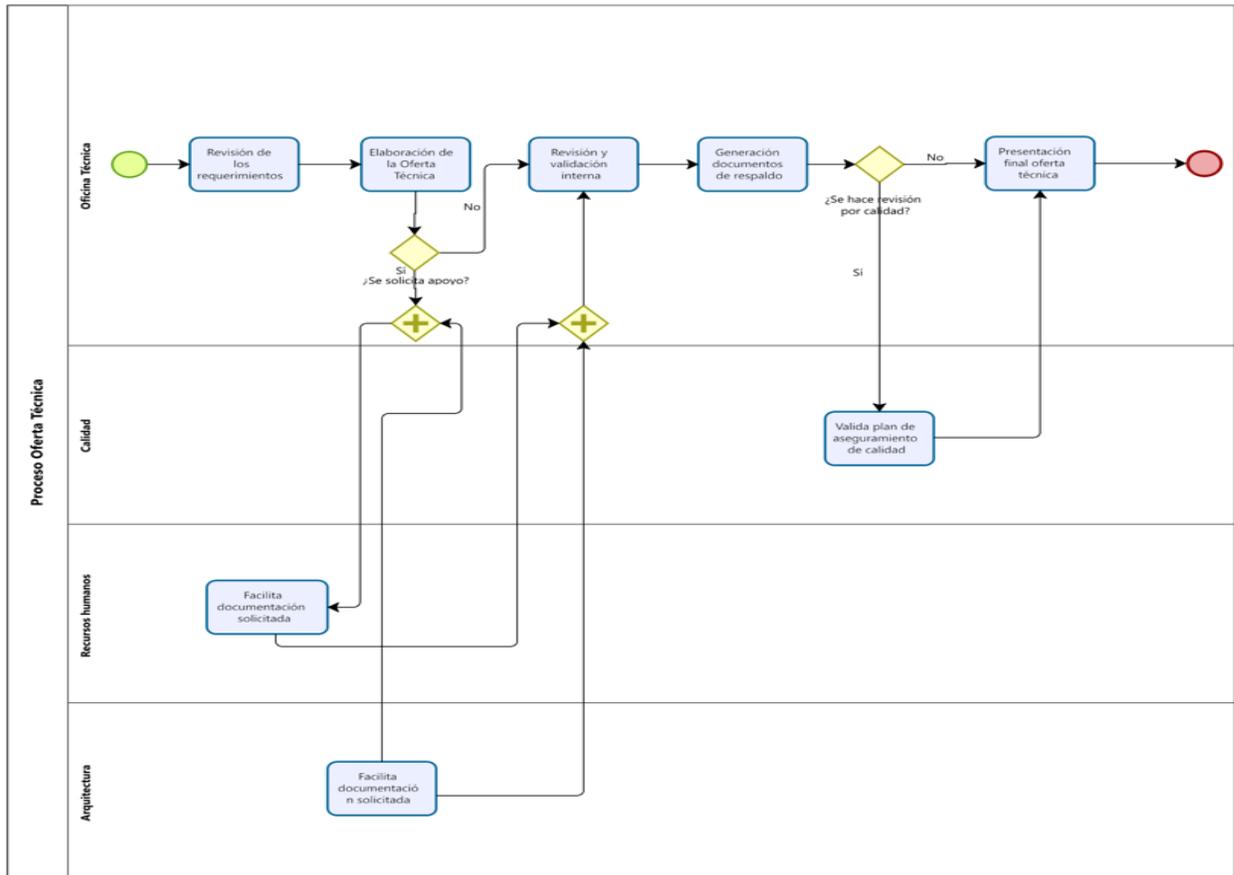


Fig 19: Diagrama de Flujo Subproceso (Complementario)

Fuente: Elaboración propia

## 2. Código Python del modelo de optimización.

```
import pulp

#Se definen los datos
tareas = ['E1', 'E2', 'E3', 'E4', 'T1', 'T2', 'T3', 'T4', 'C1', 'C2', 'C3', 'C4', 'C5']
tiempo_estimado = {
    # Tareas Complementarias
    'C1': 15,
    'C2': 30,
    'C3': 10,
    'C4': 20,
    'C5': 10,

    # Tareas Económicas
    'E1': 10,
    'E2': 35,
    'E3': 12,
    'E4': 15,

    # Tareas Técnicas
    'T1': 12,
    'T2': 35,
    'T3': 10,
    'T4': 18,
}

#Se definen los recursos (personas) y su capacidad.
recursos = ['R1', 'R2', 'R3', 'R4', 'R5', 'R6']
capacidad_recursos = {'R1': 180, 'R2': 180, 'R3': 180, 'R4': 180, 'R5': 180, 'R6': 180} # 180 horas disponibles por recurso

# Se crea el modelo de optimización
modelo = pulp.LpProblem("Optimización Licitación", pulp.LpMinimize)
```

Fig 19: Código del modelo de optimización (Parte 1)

Fuente: Elaboración propia (Google Colab)

```
# Variables de decisión
x = pulp.LpVariable.dicts("x", (tareas, recursos), cat='Binary')
t_recurso = pulp.LpVariable.dicts("t_recurso", (tareas, recursos), lowBound=0, cat='continuous')

# Función objetivo: minimizar el tiempo total de trabajo
modelo += pulp.lpSum(t_recurso[i][recurso] for i in tareas for recurso in recursos), "Minimizar_Tiempo_Total"

# Restricciones:

# 1. Cada tarea debe ser asignada a exactamente un recurso.
for tarea in tareas:
    modelo += pulp.lpSum(x[tarea][recurso] for recurso in recursos) == 1, f"Restricción_Asignación_{tarea}"

# 2. El tiempo asignado a cada tarea por recurso debe ser igual al tiempo estimado de la tarea.
for tarea in tareas:
    modelo += pulp.lpSum(t_recurso[tarea][recurso] for recurso in recursos) == tiempo_estimado[tarea], f"Restricción_Tiempo_{tarea}"

# 3. El tiempo total de trabajo asignado a un recurso no puede exceder su capacidad disponible (180 horas).
for recurso in recursos:
    modelo += pulp.lpSum(t_recurso[tarea][recurso] for tarea in tareas) <= capacidad_recursos[recurso], f"Restricción_Capacidad_{recurso}"

# 4. El tiempo asignado de la tarea i a un recurso j solo se puede realizar si la tarea i está asignada a ese recurso j
for tarea in tareas:
    for recurso in recursos:
        modelo += t_recurso[tarea][recurso] <= tiempo_estimado[tarea] * x[tarea][recurso], f"Restricción_Tiempo_Asig_{tarea}_{recurso}"
```

Fig 20: Código del modelo de optimización (Parte 2)

Fuente: Elaboración propia (Google Colab)

```
# Se resuelve el problema
modelo.solve()

# Se verifica el estado de la solución
if modelo.status == pulp.LpStatusOptimal:
    print("Solución Óptima Encontrada:")
    tiempo_total = 0
    for tarea in tareas:
        for recurso in recursos:
            if pulp.value(x[tarea][recurso]) == 1:
                tiempo_asignado = pulp.value(t_recurso[tarea][recurso])
                tiempo_total += tiempo_asignado
            print(f"Tarea {tarea} asignada a Recurso {recurso} con {tiempo_asignado:.2f} horas.")

# Se verifican si los recursos están dentro del tiempo disponible
for recurso in recursos:
    horas_asignadas = sum(pulp.value(t_recurso[tarea][recurso]) for tarea in tareas)
    if horas_asignadas > capacidad_recursos[recurso]:
        print(f"Advertencia: El recurso {recurso} ha excedido su capacidad con {horas_asignadas} horas asignadas.")
    else:
        print(f"Recurso {recurso} tiene {horas_asignadas} horas asignadas, dentro de su capacidad de {capacidad_recursos[recurso]} horas.")

# Se verifican si se alcanza a cumplir el tiempo total dentro de los 40 días
if tiempo_total > 180 * len(recursos):
    print(f"Se excede el tiempo total disponible. Tiempo total asignado: {tiempo_total} horas.")
else:
    print(f"Tiempo total asignado dentro del plazo: {tiempo_total} horas.")
else:
    print("No se encontró una solución óptima.")
```

Fig 21: Código del modelo de optimización (Parte 3)

Fuente: Elaboración propia (Google Colab)