



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERIA DE SISTEMAS INDUSTRIALES
MENCION ORGANIZACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO
MEJORA DEL MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

Alumno: D^a. PATRICIA SÁNCHEZ MOLINA

Director: D^a. MARIA DEL CARMEN ESPINOSA

FEBRERO 2025

TÍTULO: MEJORA DEL MANTENIMIENTO DE SOFTWARE

AUTOR: PATRICIA SÁNCHEZ MOLINA

DIRECTOR DEL PROYECTO: MARIA DEL CARMEN ESPINOSA

FECHA: 2 de febrero de 2025

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo analizar y proponer mejoras sobre el proceso de evolución y soporte de software de una consultora que trabaja actualmente en un proyecto para una empresa del sector eléctrico, utilizando la metodología DMAIC.

La consultora provee servicios de desarrollo de software a su cliente desde hace más de 5 años. En los últimos meses, el cliente está mostrando su insatisfacción por el incremento del tiempo de entrega de nuevas funcionalidades y por la falta de calidad del software. Además, se han duplicado los costes del servicio para la consultora, lo que hace peligrar la rentabilidad del proyecto.

En este contexto, es necesario optimizar los procesos relacionados con el servicio de mantenimiento y soporte del software para mejorar la eficiencia, reduciendo tiempos de entrega, mejorar la calidad del producto y minimizar el impacto de los errores en producción.

En este TFG se realiza un análisis exhaustivo de los procesos actuales, identificando las áreas clave donde implementar mejoras. Esto incluye la evaluación tanto de las metodologías empleadas como las herramientas utilizadas en las fases de gestión de peticiones, desarrollo, pruebas, puesta en producción y gestión de incidencias.

El resultado de este análisis permite establecer recomendaciones concretas que ayudan a optimizar el desempeño de la consultora para este proyecto, mejorando la calidad del servicio ofrecido a la empresa del sector eléctrico y fomentando una mayor eficiencia en el desarrollo de software y la gestión de su ciclo de vida.

Palabras clave: DMAIC, Software, Optimización, Desviación, JIRA, Soporte.

ABSTRACT

The aim of this Final Degree Project is to analyse and propose improvements to the software evolution and support process of a consultancy firm that is currently working on a project for a company in the electricity sector, using the DMAIC methodology.

The consultancy firm has been providing software development services to its client for more than 5 years. In recent months, the client has become dissatisfied with the increased delivery time of new functionalities and the lack of quality of the software. In addition, the service costs for the consultancy have doubled, which jeopardises the profitability of the project.

In this context, it is necessary to optimise the processes related to the software maintenance and support service in order to improve efficiency, reduce delivery times, improve product quality and minimise the impact of errors in production.

In this project an exhaustive analysis of the current processes is carried out, identifying the key areas where improvements can be implemented. This includes the evaluation of both the methodologies employed and the tools used in the phases of request management, development, testing, production release and incident management.

The result of this analysis makes it possible to establish concrete recommendations that help to optimise the performance of the consultancy firm for this project, improving the quality of the service offered to the electricity sector company and promoting greater efficiency in software development and the management of its life cycle.

Key words: DMAIC, Software, Optimization, Deviation, JIRA, Support

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	12
Capítulo 2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS	13
2.1 DMAIC	13
2.1.1 Definir (Define).....	13
2.1.2 Medir (Measure).....	14
2.1.3 Analizar (Analyze).....	14
2.1.4 Mejorar (Improve)	15
2.1.5 Controlar (Control)	15
2.2 Análisis estadístico.....	16
2.2.1 Conceptos generales de estadística	16
2.2.2 Estadística descriptiva	17
2.2.3 Inferencia Estadística: contraste de hipótesis	18
Capítulo 3. ANTECEDENTES	21
Capítulo 4. APLICANDO DMAIC EN EL PROYECTO	23
4.1 Definir.....	24
4.1.1 Enunciado del problema	24
4.1.2 Diagrama SIPOC	27
4.1.3 Diagrama del proceso	27
4.2 Medir el problema	34
4.2.1 Recopilación de datos disponibles.....	35
4.2.2 Descripción de los datos disponibles:	36
4.2.3 Obtención y descripción de los datos no disponibles:.....	38
4.2.4 Análisis exploratorio y preliminar básico de los datos.....	39
4.2.5 Mejoras rápidas identificadas:.....	46
4.3 Analizar	47
4.3.1 Diagrama de Ishikawa	48
4.3.2 Técnica de los 5 WHYS.....	50

4.3.3	Análisis estadístico	52
4.4	Mejorar	59
4.4.1	Oportunidades de mejora	60
4.4.2	Priorización de mejoras	64
4.5	Control del problema	65
4.5.1	Plan de comunicación	65
4.5.2	Procedimientos y guías de trabajo	66
4.5.3	Cuadro de mando para medir el rendimiento del servicio	67
4.5.4	Plan de formación	68
Capítulo 5.	PLAN DE IMPLANTACIÓN Y PRESUPUESTO	70
5.1	Cronograma	70
5.2	Presupuesto	71
Capítulo 6.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	74
6.1	Conclusiones	74
6.2	Futuras líneas de trabajo	75
6.3	Lecciones aprendidas	76
ANEXOS	77
	Anexo: Coste de los retrasos en el servicio de mantenimiento y soporte	77
	Anexo: Estudios de normalidad de las variables que componen la desviación en porcentaje	78
	Anexo: Plan de incorporación al servicio	79
	Anexo: Cronograma detallado	80
BIBLIOGRAFÍA	81

Índice de Figuras

Figura 1.	Tipos de pruebas para contrastar hipótesis.....	19
Figura 2.	Organigrama del equipo de TEKCON	22
Figura 3.	Fases del modelo DMAIC.....	23
Figura 4.	Definición del problema	24
Figura 5.	Evolución del coste de las desviaciones de los tiempos de resolución frente al estimado (€) para las peticiones	26
Figura 6.	Diagrama SIPOC del proceso de desarrollo y soporte de software	27
Figura 7.	Roles involucrados en el TFG	28
Figura 8.	Flujo de proceso	29
Figura 9.	Flujo “recepción, análisis y asignación a desarrollador”	30
Figura 10.	Flujo “desarrollar software y realizar pruebas unitarias”	31
Figura 11.	Flujo “realizar pruebas de integración y validación”	32
Figura 12.	Flujo “productivización evolutivo o corrección”	33
Figura 13.	Ciclo de vida de la petición de cambio o incidencia en JIRA	33
Figura 14.	Datos obtenidos de JIRA	35
Figura 15.	Datos disponibles.....	38
Figura 16.	Prueba de distribución individual de Anderson Darling.....	40
Figura 17.	Prueba de normalidad a la raíz cuadrada de la desviación en %	40
Figura 18.	Gráfica de cajas: desviación (%) vs módulo	42
Figura 19.	Gráfica de cajas: desviación (%) vs módulo	43
Figura 20.	Gráfico de dispersión: desviación (%) vs nº elementos afectados	43
Figura 21.	Gráfico de dispersión: desviación (%) vs capacitación en horas	44
Figura 22.	Gráfico de dispersión: desviación (%) vs tamaño en días	44
Figura 23.	Desviación del tiempo de resolución de la petición con el nº de incidencias	45
Figura 24.	Diagrama de Ishikawa de la desviación de los tiempos de desarrollo de las peticiones.....	48
Figura 25.	Correlación de Spearman desviación (%) vs capacitación (días)	56
Figura 26.	Correlación de Spearman desviación (%) vs tamaño (días)	57
Figura 27.	Correlación de Spearman desviación (%) vs nº elementos afectados	58
Figura 28.	Plan de alineamiento de conocimientos e incorporación	61
Figura 29.	Matriz coste beneficio	64

Figura 30.	Plan de incorporación	68
Figura 31.	Cronograma del proyecto	70
Figura 32.	Presupuesto del proyecto de mejora del servicio.....	71
Figura 33.	Flujo de caja.....	73
Figura 34.	Evolución del coste de las desviaciones de los tiempos de resolución frente al estimado (€)	77
Figura 35.	Prueba de distribución de Anderson Darling al tiempo de resolución 78	
Figura 36.	Prueba de distribución de Anderson Darling al tiempo estimado	78
Figura 37.	Plan de incorporación al servicio	79
Figura 38.	Cronograma del proyecto	80

Índice de Tablas

Tabla 1.	Capacidad del equipo de TEKCON dedicado al proyecto	36
Tabla 2.	Horas mes disponibles de trabajo	38
Tabla 3.	Variación de la desviación con el número de incidencias.....	45
Tabla 4.	Técnica de los 5 Why	51
Tabla 5.	Criterios para valoración de coste e impacto.....	59
Tabla 6.	Priorización de las mejoras	64

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TEKCON es una empresa multinacional dedicada a la consultoría de software que presta servicios de desarrollo y soporte de software a una empresa del sector de la energía (**ENER**).

Este **cliente es estratégico** para la empresa, lleva más de 5 años colaborando con él y existe una estrecha relación de confianza. La colaboración entre ambas empresas se centra en la integración de tecnologías digitales. Ambas empresas aprovechan sus capacidades en áreas como el uso del big data, la inteligencia artificial y soluciones de telecomunicaciones para optimizar el sector eléctrico.

Entre las distintas colaboraciones que tienen abiertas actualmente, hay un proyecto específico para la prestación del **servicio de mantenimiento y soporte de una aplicación** integrada para la gestión de la energía. La aplicación se desarrolló en el periodo 2020-2023 y lleva en operación desde enero de 2024. Desde entonces, se desarrollan sobre ella cambios para incluir nuevas funcionalidades, mejoras y correcciones.

Dado que el sector de la energía se encuentra inmerso en la transición energética y está viviendo cambios importantes, tanto tecnológicos (incorporación de baterías, plantas fotovoltaicas o gestión de la demanda) como regulatorios (integración con la unión europea, cuarto horario) que afectan a la gestión de la energía, ENER ha incrementado las peticiones de cambio sobre la aplicación existente.

TEKCON necesita controlar el proyecto, ya que en los últimos meses está viendo una **pérdida de confianza de su cliente y de rentabilidad del proyecto**. En los últimos meses el ciclo de desarrollo de software está tardando más de lo previsto, lo que incide en el tiempo de entrega de las nuevas funcionalidades y, además la calidad del software ha disminuido, habiéndose incrementado los errores que se detectan una vez se ponen en producción nuevas funcionalidades.

El **contrato** que regula este proyecto desde enero de 2024 incluye 2 servicios:

- El **servicio de mantenimiento** incluye el desarrollo e implantación de nuevas funcionalidades, adaptación y mejoras de la aplicación. Este servicio se retribuye en función de las horas reales para cada una de las peticiones. Si la desviación del tiempo real y el estimado es superior al **10% se penaliza** y se retribuye en función del tiempo estimado acordado con el cliente antes del inicio del desarrollo.
- El **servicio de soporte**. Este servicio se retribuye a un **precio fijo mensual** independientemente del volumen de incidencias y horas dedicadas.

El servicio se está viendo afectado por la falta de cumplimiento de plazos y calidad del producto entregado. En el servicio de mantenimiento el impacto no es tanto económico como de **insatisfacción del cliente ENER** con el que ya había establecido una relación sólida y estable en el tiempo, por lo que este trabajo se centrará en este servicio.

La pérdida del proyecto tendría gran impacto en TEKCON pues podría **afectar a otros proyectos actuales y futuros** que mantiene con este cliente, incluso se pondría **en riesgo los empleos del equipo y la reputación de la empresa**.

Por tanto, a mejora del proceso de mantenimiento de software impacta directamente en las **dimensiones económica y social de la sostenibilidad**, pues al optimizar los costos operativos se asegura la viabilidad financiera y la continuidad del proyecto, **protegiendo así los puestos de trabajo** y contribuyendo a la estabilidad social y económica del equipo y la empresa.

Se incluye en el anexo “coste de los retrasos en el servicio de mantenimiento y soporte”, la cuantificación económica que está suponiendo para la rentabilidad del proyecto los retrasos producidos en el servicio.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto es reducir la desviación de los tiempos de desarrollo respecto a las estimaciones para las peticiones de cambio sobre el software. Esto repercute en la eliminación de las pérdidas económicas que se están produciendo en el servicio de mantenimiento prestado y mejorar la satisfacción del cliente. Con esto se asegura la continuidad del proyecto.

Para ello se han acordado con el responsable del proyecto los siguientes objetivos específicos.

- Definir claramente el problema, los objetivos concretos y el alcance del proyecto de mejora.

Para ello, se realiza un análisis exhaustivo del proceso en todas sus fases, desde la petición, desarrollo, pruebas, puesta en producción y gestión de incidencias, abordando tanto la metodología de trabajo, las personas y los roles establecidos, las herramientas utilizadas y el modelo de gobierno. Esto permite tener una visión clara del funcionamiento actual y sus limitaciones.

- Identificar y recopilar los datos disponibles que faciliten la identificación y cuantificación de los principales problemas y su impacto en el desempeño del proceso, en concreto los tiempos de desarrollo y la desviación frente a su estimación, la tasa de incidencias, y toda esta información segmentada por elementos de la aplicación y desarrollador.

- Identificar las causas raíz de los problemas. Se analizan los procesos para identificar las disfunciones y sus causas. Para ello se utilizarán distintas herramientas de identificación de causas raíz.
- Proponer mejoras abordando las causas raíz y se definirá el modelo to be. Este nuevo flujo incluirá los cambios necesarios en las actividades, participantes y herramientas utilizadas.

Además, se definirán los KPIs (indicadores clave de rendimiento) que permitirán medir el éxito de estas mejoras en términos de tiempo, calidad y coste, y se priorizará su implantación

- Implantar procedimientos y métricas de control que aseguren que las mejoras desplegadas se mantengan en el tiempo

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Este documento se estructura en los siguientes capítulos:

- **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN:** En este capítulo se plantea el problema a resolver y se establecen los objetivos para resolverlo
- **CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS:** En este capítulo se describen las distintas metodologías de mejoras de procesos y se concreta en la metodología DMAIC elegida para la resolución del problema.
- **CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES:** En este apartado se contextualiza el problema en el sector en que se desarrolla y en particular para la empresa objeto del estudio.
- **CAPÍTULO 4: DMAIC:** En este capítulo se aplica la metodología elegida para la resolución del problema DMAIC abordando todas sus etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar
- **CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO Y PLAN DE IMPLANTACIÓN:** Este capítulo incluye el plan de implantación y presupuesto necesario para su implantación
- **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO:** Este capítulo incluye las conclusiones del proyecto y futuras líneas de trabajo, así como el plan de implantación y presupuesto necesario para su implantación

Capítulo 2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

2.1 DMAIC

De acuerdo a lo explicado por Michael L. George, David Rowlands, Mark Price & John Maxey (2004) en el libro “Lean six sigma pocket toolbox”, **DMAIC** es una metodología estructurada utilizada en la mejora continua de procesos, en el contexto de **Six Sigma**. Las letras del acrónimo DMAIC representan las cinco fases principales del proceso de mejora: **Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar**. Cada fase tiene un propósito específico para ayudar en la identificación y solución de problemas dentro de un proceso, y asegurar que lo mejorado perdure a largo plazo.

A continuación, se resumen los objetivos de cada fase y algunas de las principales herramientas. El uso de unas herramientas u otras depende de las necesidades de cada proyecto. (Michael L. George, 2004)

2.1.1 Definir (Define)

En esta etapa el objetivo principal es **entender el problema** que se quiere resolver y determinar de manera clara el alcance, los objetivos de rendimiento y económicos del proyecto. En esta fase se incluye:

- **Definición clara del problema** que se quiere resolver.
- **Establecimiento de los objetivos** específicos del proyecto y su cuantificación. Estos pueden ser reducción de costos, mejora de la calidad o reducción de tiempos (aumento de la velocidad).
- **Impacto financiero** de la consecución de la meta establecida para el proyecto.
- **Definición de los límites del proyecto** indicando qué queda dentro y fuera del alcance.

Las **herramientas** más comunes para ayudar a comprender el proceso actual, facilitar su visualización e identificar áreas de oportunidad son:

- Enunciado del problema. Declaración clara y precisa del problema indicando la métrica a mejorar y la meta establecida.
- Mapa SIPOC. Proporciona una visión general del proceso y sus etapas clave, las partes interesadas y delimita el alcance.
- Flujo de proceso: El flujo de proceso proporciona una representación gráfica de las etapas de un proceso, permitiendo detectar duplicidad de funciones, cuellos de botella o ineficiencias.

Estas herramientas no solo ayudan a comprender el proceso actual, sino que son pasos muy importantes para alcanzar mejoras significativas y sostenibles a lo largo del tiempo.

2.1.2 Medir (Measure)

La fase de medición tiene como objetivo **recolectar y analizar datos** relevantes para el proceso actual, y establecer una **línea base** que permita evaluar las mejoras. En esta fase se busca:

- **Recolección de datos.** Medir variables clave que afectan el desempeño del proceso (por ejemplo, tiempos de ciclo, defectos, costos).
- **Identificación de métricas relevantes** y analizar su afección en el problema.
- **Establecimiento de la línea base:** Obtener un punto de referencia claro para comparar el rendimiento del proceso antes y después de la mejora.

Algunas de las **herramientas** utilizadas en esta fase son:

- Histogramas y Diagramas de Dispersión que ayudan a visualizar la variabilidad y patrones en los datos, permitiendo identificar tendencias o anomalías.
- Análisis de capacidad del proceso para evaluar si el proceso está funcionando dentro de los límites aceptables.
- Mapas de flujo de trabajo que permiten representar visualmente las etapas y actividades del proceso.

2.1.3 Analizar (Analyze)

La fase de análisis se centra en **investigar las causas raíz del problema** que ha sido identificado en la fase de definición. Esto implica:

- **Identificación de patrones y tendencias:** Buscar patrones o variabilidad en los datos que puedan estar relacionados con problemas en el proceso. Este análisis exploratorio se puede incluir en la fase de medir.
- **Identificación de las causas raíz:** Analizar los datos recogidos para identificar las variables que están contribuyendo al problema.
- **Validación de las causas:** Utilizar herramientas estadísticas para confirmar que las causas identificadas son las responsables del problema (contraste de hipótesis).

En esta etapa las **herramientas** más comunes que se utilizan son:

- Diagrama de Ishikawa (diagrama de espina de pescado) para identificar posibles causas raíz del problema estructuradas en categorías (personas, procesos, materiales, tecnología, etc.).

- Análisis estadístico para determinar relaciones entre variables muy importante para entender cómo la variación de los distintos factores afecta en la variable que se estudia.

2.1.4 Mejorar (Improve)

En esta fase, el objetivo es **diseñar soluciones** que eliminan las causas raíz identificadas en la fase anterior. Las actividades principales son:

- **Generación de ideas de mejora:** Brainstorming y generación de ideas para mejorar el proceso.
- **Evaluación y selección de soluciones:** Analizar las mejoras propuestas para seleccionar las de mayor impacto y mínimo coste,
- **Prueba de las soluciones:** Implementar las mejoras a pequeña escala (proyecto piloto) para verificar su efectividad antes de realizar la implementación completa.
- **Optimización del proceso:** Implementar los cambios necesarios para mejorar el proceso de forma sostenible.

En la fase de identificación de mejoras las herramientas más habituales son:

- Lluvias de ideas, herramienta que facilita la propuesta de soluciones creativas
- Identificación de mejores prácticas

2.1.5 Controlar (Control)

La fase final de DMAIC busca asegurar que las mejoras desplegadas sobre el proceso sean **sostenibles a largo plazo**. Esto se logra mediante:

- **Establecimiento de controles:** Implementar sistemas para monitorizar el rendimiento del proceso a lo largo del tiempo y asegurar que se mantenga dentro de los límites establecidos.
- **Documentación de las mejoras:** Crear procedimientos y guías que faciliten que las mejoras se mantengan en el futuro.
- **Entrenamiento y capacitación:** Capacitar a las personas en los nuevos procedimientos de trabajo una vez implantadas las mejoras sobre el proceso.
- **Revisión continua:** Realizar revisiones periódicas del proceso como auditorías para identificar áreas adicionales de mejora.

A continuación, se relacionan algunas de las **herramientas** utilizadas para esta fase:

- Cuadros de mando para monitorizar el desempeño del proceso.

- Auditorías de procesos para revisar periódicamente el proceso y asegurar que los cambios se siguen aplicando correctamente.

2.2 Análisis estadístico

2.2.1 Conceptos generales de estadística

Según explican Francisco Borrás Palá, Carlos Martínez de Ibarreta Zorita & Leandro S. Escobar Torres (2023) en su libro “**Estadística Empresarial en 101 ejemplos**”, el análisis estadístico es el conjunto de técnicas y métodos para el proceso recopilar, organizar, interpretar y presentar datos numéricos de manera que se pueda obtener información útil para tomar decisiones, identificar patrones, hacer predicciones o comprobar hipótesis.

Es una ciencia fundamental para la toma de decisiones sobre una base sólida y rigurosa que tal y como los autores explican se estructura en las siguientes ramas: Estadística descriptiva, la Teoría de la Probabilidad y la Inferencia Estadística.

La **Estadística Descriptiva** se utiliza para resumir y procesar datos que pueden ser de una muestra o de toda la población a través de tablas, gráficos y medidas numéricas. Dado que suele ser muy difícil obtener datos de toda la población, la Inferencia Estadística trata de obtener conclusiones sobre toda la población a partir de datos de una muestra, o lo que es lo mismo extrapola la información de la muestra a la población.

Se entiende por **Población** a todo el colectivo objeto de análisis. Normalmente la población es de gran tamaño y resulta costoso obtener datos de toda ella, por lo que se suelen tomar muestras. La **Muestra** es un subconjunto de la población que se intenta sea representativa de ella.

A través de las conclusiones de la **Inferencia Estadística** podemos tomar decisiones con un coste menor en plazo y económico que si nos tuviésemos que basar en toda la población. Hay que tener en cuenta, que lo que pasa en la muestra no tiene que pasar exactamente en la población. Por ello, la Inferencia se realiza en condiciones de incertidumbre que se mide a través de la **Teoría de la Probabilidad**.

En la estadística descriptiva se estudian medidas numéricas que permiten resumir el comportamiento de las variables objeto de estudio (media, desviación típica, ...). A estas medidas numéricas se les llama **parámetros poblacionales** si se obtienen de datos de toda la población o **estadísticos muestrales** si se obtienen de una muestra de la población.

La inferencia estadística se divide en dos partes:

- La **estimación de parámetros**, utilizada para aproximarse al valor de parámetros desconocidos a partir de una muestra.

- La **contrastación de hipótesis**, utilizada para decidir si una afirmación sobre una característica desconocida de la población puede darse por válida a partir de la información de la muestra o por el contrario hay que rechazarla.

El muestreo es el proceso usado para seleccionar la muestra. En inferencia se utilizan muestreos aleatorios, ya que permiten utilizar la teoría de la probabilidad para medir la incertidumbre.

Los elementos muestrales X_i son variables aleatorias con la misma distribución de probabilidad que la variable poblacional al haberse seleccionado de forma aleatoria y de forma independiente unos de otros. (Torres, 2023)

2.2.2 Estadística descriptiva

La Estadística Descriptiva se utiliza para resumir y procesar datos que pueden ser de una muestra o de toda la población a través de tablas, gráficos y medidas numéricas.

Las **variables estadísticas** estudian distintas características susceptibles de variación de un colectivo. Es muy importante identificar las variables de interés antes de la toma de datos. Los datos son los valores que toman las variables.

Las **variables** pueden clasificarse en función de su relación con otras: las independientes son las que se usan para predecir otras variables, mientras que las dependientes son aquellas que se explican o predicen en función de las independientes

Otra clasificación de las variables es **en función del tipo de información que facilitan**. Pueden ser **numéricas** (cuantitativas), las que producen respuestas que son números, o **categorías** (cualitativas), las que producen respuestas que pertenecen a modalidades, categorías o clases.

Las variables numéricas pueden ser discretas o continuas. Son **discretas** cuando entre 2 valores hay un número finito de valores posibles o **continuas**, cuando entre dos valores hay un número infinito de valores posibles.

Los datos, mediciones de las variables seleccionadas, se ordenan y estructuran a través de tablas, gráficos y medidas numéricas.

Los gráficos ofrecen una visión intuitiva del comportamiento de los datos. El tipo de gráfico depende del tipo de variable o el número de variables a estudiar (barras, histogramas, dispersión, box Plot, ...).

En cuanto a las medidas numéricas, se distinguen los siguientes tipos para caracterizar una única variable: medidas de tendencia central y otras medidas de posición (media, mediana, moda, cuantiles, percentiles, ...), medidas de dispersión (varianza, la desviación típica, ...), medidas de forma (de simetría y apuntamiento) y medidas de concentración.

Las medidas numéricas utilizadas para el estudio de la relación entre dos variables numéricas son la covarianza (mide la relación lineal, directa, inversa o

sin dependencia), el coeficiente de correlación (mide el sentido y la cantidad de su dependencia lineal). Para el estudio de la relación entre variables categóricas se utilizan las tablas de contingencias o CNS de independencia estadística. Para estudiar la relación entre una variable numérica y otra categórica se puede usar el coeficiente de correlación R. (Torres, 2023)

2.2.3 Inferencia Estadística: contraste de hipótesis

Como se explica en la introducción la Inferencia estadística tiene por objetivo obtener conclusiones sobre toda la población a partir de datos de una muestra. Para ello se sirve de la técnica de contraste de hipótesis, que a continuación se explica en detalle por su utilización en este TFG.

El **contraste de hipótesis** es una técnica estadística utilizada para evaluar si hay suficiente evidencia en los datos muestrales para aceptar o rechazar una hipótesis sobre una población, permitiendo determinar si una afirmación acerca de una población es válida o no, basándose en una muestra de datos.

Para realizar esta prueba, en primer lugar, se definen las hipótesis que se quieren probar y el **nivel de significancia (α)**, que es el umbral que se establece para determinar qué tan fuerte debe ser la evidencia en contra de la hipótesis nula para rechazarla. El valor utilizado habitualmente es 0,05 lo que significa que hay un 5% de probabilidad rechazar incorrectamente la hipótesis H_0 , aunque puede variar en función de lo grave que sea aceptar como cierta la hipótesis H_0 sin serlo:

Hipótesis nula (H_0): Es la hipótesis que se supone cierta.

Hipótesis alternativa (H_A): Es la hipótesis contraria a la nula. Si se rechaza la nula se acepta la hipótesis alternativa

A continuación, se seleccionan el **tipo de prueba** en función del tipo de datos y la hipótesis, y el **estadístico de prueba** elegido para decidir si se rechaza la hipótesis nula o no. (Torres, 2023)

La figura siguiente muestra algunos de los tipos de prueba más comunes y se explican aquellos que se utilizan en este TFG:

TIPOS DE PRUEBAS PARA CONTRASTE DE HIPÓTESIS

		Variable Y continua	
		NORMAL	NO NORMAL
variable X	CATEGÓRICA	t de student	Wilcoxon
		ANOVA	Kruskal-Wallis
	NUMÉRICA (Discreta o Continua)	Regresión lineal simple	Regresión de Poisson
		Regresión lineal múltiple	Prueba de Spearman

Figura 1. Tipos de pruebas para contrastar hipótesis

Se profundiza en las **pruebas** que se utilizan en este trabajo:

Prueba de Kruskal-Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para comparar las distribuciones de tres o más grupos independientes, especialmente cuando no se puede asumir que los datos siguen una distribución normal. Esta prueba es una alternativa a la ANOVA de un factor (análisis de varianza), que requiere que los datos sean aproximadamente normales y que las varianzas sean homogéneas entre los grupos.

Se utiliza para datos ordinales o categóricos y con heterocedasticidad y en caso de que no exista relación lineal entre las variables.

La prueba de Kruskal-Wallis no hace suposiciones sobre la distribución de los datos. En lugar de comparar las medias (como lo hace ANOVA), compara los rangos de los datos, lo que la hace más robusta cuando los datos son sesgados o no siguen una distribución normal.

Valor p: Se obtiene un valor p a partir de la distribución chi-cuadrado con $k-1$ grados de libertad. Este valor se compara con el nivel de significancia (por ejemplo, 0.05) para determinar si se rechaza o no la hipótesis nula.

Hipótesis nula (H0): Las distribuciones de los grupos son iguales (no hay diferencia significativa).

Hipótesis alternativa (HA): Al menos una de las distribuciones de los grupos es diferente.

Entonces, si el valor p es menor que el nivel de significancia (por ejemplo, 0.05), se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los otros en términos de su distribución. (DATAtab, 2025)

Prueba de Spearman

La **prueba de Spearman** se utiliza para evaluar la correlación entre dos variables cuando estas no siguen distribuciones normales o cuando los datos no son lineales. A diferencia de la correlación de Pearson, que supone una relación lineal entre las variables y requiere que ambas variables sean normales, la prueba de Spearman está basada en el rango de los datos en lugar de sus valores exactos. Esta característica la hace más robusta cuando las variables no siguen una distribución normal.

La correlación de Spearman se basa en el cálculo de los rangos de los valores de las variables y su comparación. El proceso es el siguiente:

Primero, se ordenan los datos de cada variable. Luego, se asigna un rango a cada valor de la variable. Si hay empates, se asigna el rango promedio. Finalmente, se calcula el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) a partir de los diferenciales de los rangos de las dos variables. El coeficiente de Spearman varía entre -1 y 1.

$\rho=1$ indica una correlación positiva perfecta.

$\rho=-1$ indica una correlación negativa perfecta.

$\rho=0$ indica ausencia de correlación.

Prueba de hipótesis:

La hipótesis nula (H_0) es que no hay correlación entre las variables ($\rho=0$).

La hipótesis alternativa (H_A) es que sí existe correlación (ρ distinto 0)

Así, si p es menor que el nivel de significancia, típicamente 0.05, se decide si se rechaza la hipótesis nula o no. (DATAtab, /datatab.es, 2025)

Capítulo 3. ANTECEDENTES

TEKCON es una multinacional de servicios de tecnología de la información (TI) y consultoría que ofrece a sus clientes la transformación de sus negocios mediante el uso de la tecnología y la innovación para hacerlos más exitosos. Organiza sus servicios principalmente en consultoría, soluciones tecnológicas y outsourcing dando servicio a una amplia gama de sectores como finanzas, telecomunicaciones, energía, etc.

En el camino hacia la transición energética las empresas energéticas afrontan desafíos relacionados tanto con la tecnología como con el funcionamiento del sistema energético. Una forma de hacer frente a los retos es impulsar la digitalización de las operaciones mediante el uso de las nuevas tecnologías, la inteligencia artificial y la ciberseguridad.

En este contexto, TEKCON colabora con **ENER, empresa del sector energético**, en la transformación digital que está llevando a cabo desde hace más de 5 años. Adaptarse a las necesidades de un mercado cada vez más competitivo y en constante cambio hace que esta colaboración sea estratégica para ENER.

Actualmente, tienen abiertos varios proyectos, uno de ellos el que es objeto de estudio en este TFG.

TEKCON ha desarrollado una **aplicación para la gestión de la energía (GEI – Gestión de la Energía Integrada)** que se puso en servicio a finales de 2023. Desde enero de 2024, TEKCON presta el **servicio de mantenimiento y soporte**, incorporando nuevas funcionalidades para cumplir con cambios regulatorios, mejoras o corregir incidencias.

La aplicación GEI consta de diversos módulos, entre ellos datos maestros, clientes, ofertas, indisponibilidades, facturación y reporting. A través de ellos ENER puede contactar con clientes, realizar ofertas de compraventa de energía en los mercados mayoristas, facturar y generar informes y cuadros de mando actualizados en tiempo real.

Para la realización de este trabajo se han simplificado en 3 los **módulos de GEI**, haciéndolos coincidir con la estructura de trabajo:

- Clientes (CL). En este módulo se incluye toda la interacción con los clientes a los que ENER presta servicios de gestión de la energía.
- Operación (OP). Incluye el cálculo de la posición y las operaciones con el operador del mercado y con Red Eléctrica.
- Back Office y Reporting (BO). Da soporte a las funciones de medidas, liquidación y facturación. Además, incluye toda la funcionalidad de reporting.

Para la prestación del servicio de mantenimiento y soporte, TEKCON cuenta con un **equipo formado por 15 personas** con dedicación full-time al proyecto y con diferentes perfiles, en concreto, un jefe de proyecto, 3 analistas y 11 programadores. Cada analista da servicio a un módulo de la aplicación tanto para el servicio de mantenimiento como para el soporte.

La figura siguiente muestra el organigrama del equipo

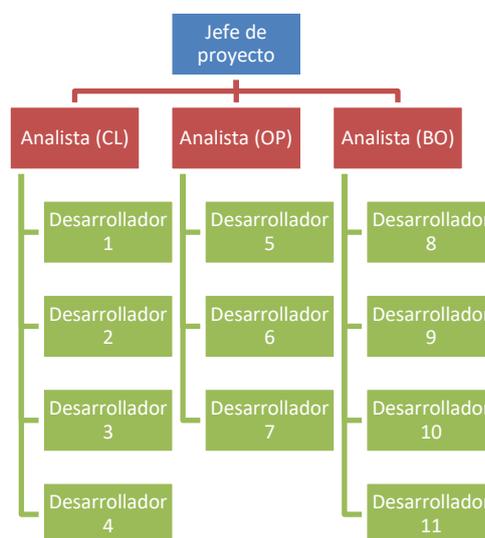


Figura 2. Organigrama del equipo de TEKCON

Para la resolución de este trabajo se utiliza **JIRA** como herramienta. Esta herramienta es utilizada en el proyecto para el **registro de peticiones e incidencias** desde enero de 2024.

JIRA es una herramienta de ticketing que se usa para registrar, gestionar y dar seguimiento a los **tickets (peticiones e incidencias)** creados por los usuarios. Esta herramienta permite asignar, priorizar y resolver los tickets de forma eficiente. Además, facilita el seguimiento del estado de cada ticket desde que se crea hasta que se resuelve, con la opción de añadir comentarios y notificaciones por mail.

Es importante incidir en que en JIRA se registran tanto las peticiones (de cambio) como las incidencias (errores detectados en el uso de la aplicación). Se habla de tickets para hablar en genérico de peticiones e incidencias.

Por último, disponer de una plataforma como JIRA facilita la generación de informes y estadísticas sobre el volumen de tickets, tiempos de resolución, etc. El uso de esta herramienta en el proyecto permite disponer de los datos con los que se han realizado las mediciones de este TFG.

Los entornos de trabajo en los que se trabaja son desarrollo, preproducción y producción.

Capítulo 4. APLICANDO DMAIC EN EL PROYECTO

Utilizamos el modelo estructurado DMAIC para reducir la desviación entre el tiempo de respuesta de resolución de peticiones de software y el tiempo estimado para hacerlo, en porcentaje.

A continuación, se muestra de forma simplificada los estudios que se han realizado en cada una de las fases:

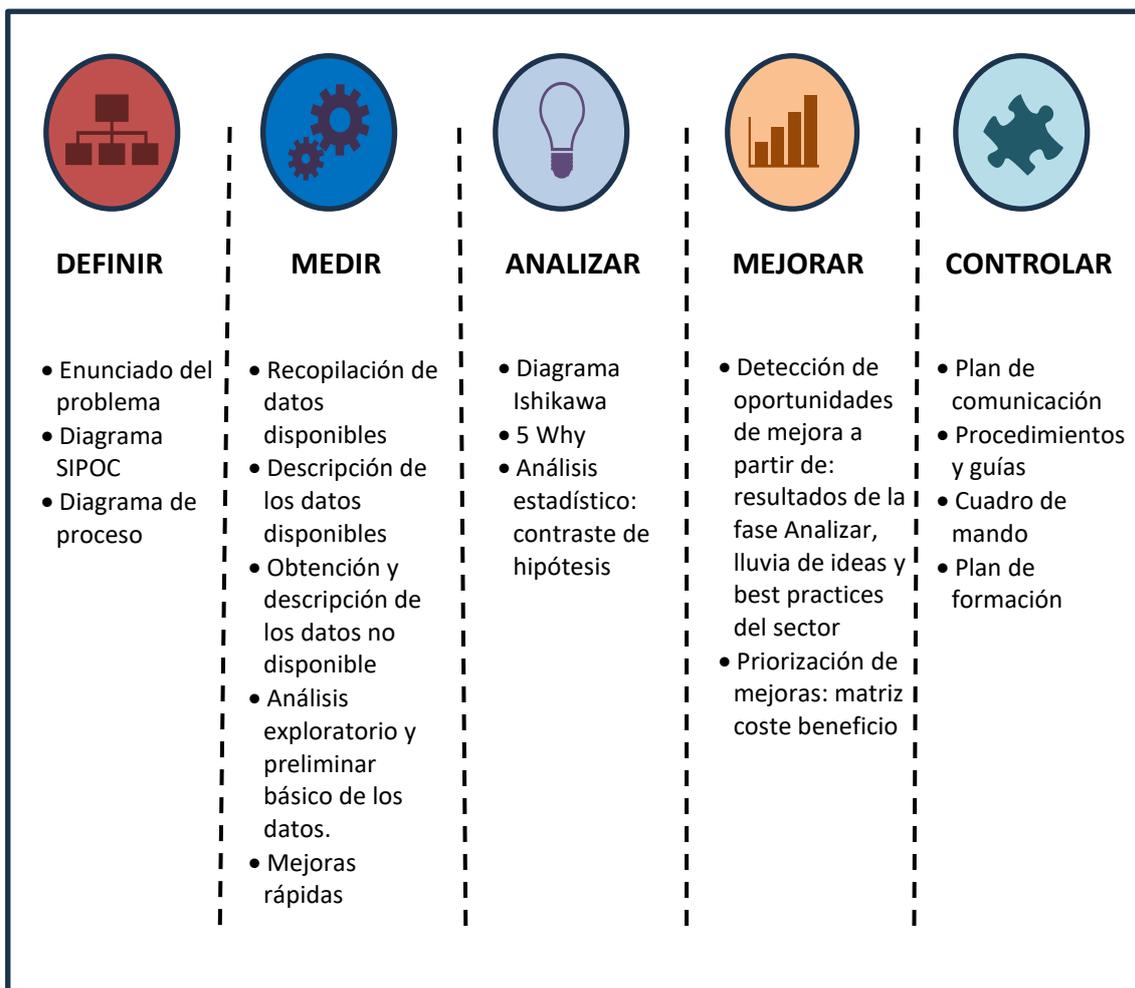


Figura 3. Fases del modelo DMAIC

4.1 Definir

En esta etapa se define claramente el problema, los objetivos y los resultados esperados. Además, se profundiza en el proceso a estudiar y se limita su alcance. Para ello se utilizan herramientas como el SIPOC y la representación detallada del proceso actual a través de un flujo de proceso.

4.1.1 Enunciado del problema

Desde que TEKCON inició el servicio de mantenimiento y soporte de software en enero del 2024, la **desviación del tiempo de resolución real sobre el estimado para las peticiones de cambio del software GEI** se ha incrementado sustancialmente, especialmente desde mayo de 2024, **alcanzando en octubre un máximo del 25%** del tiempo estimado.

La desviación del tiempo de resolución es crítica para el proyecto afectando tanto a su rentabilidad económica como a la insatisfacción del cliente ENER por el incumplimiento de plazos.

Se plantea como **objetivo del TFG reducir la desviación media mensual en un 15%**, alcanzando **el valor del 10%**, que es el valor de desviación aceptado por contrato.

En la siguiente figura se muestra el problema gráficamente:



Figura 4. Definición del problema

Es importante resaltar que el problema a resolver se refiere únicamente a las peticiones de cambio. Para nombrar de forma genérica las peticiones e incidencias que llegan por JIRA se utiliza el término ticket.

Descripción detallada de la métrica a mejorar: desviación del tiempo de resolución de peticiones de software en porcentaje

La desviación del tiempo de resolución real respecto al tiempo estimado para nuevos requerimientos (peticiones) es una métrica que mide la diferencia entre el tiempo originalmente estimado para completar un trabajo de desarrollo (como

implementar nuevas funcionalidades o requerimientos) y el tiempo real que toma realizarlo.

Este concepto es muy importante en la gestión de proyectos, pues afecta a la planificación, el coste, y la satisfacción del cliente. Se puede expresar en términos absolutos (horas, días) o como un porcentaje respecto al tiempo estimado inicial. Para la resolución del problema objeto de este TFG se expresa como porcentaje.

A continuación, se expresa la fórmula establecida para el cálculo de la desviación del tiempo de resolución frente al estimado en porcentaje, métrica objeto de mejora.

$$\text{Desviación (\%)} = ((\text{tiempo real} - \text{tiempo estimado}) / (\text{tiempo estimado})) * 100$$

El tiempo estimado corresponde al cálculo previo realizado por el analista para determinar el tiempo que se espera que lleve desarrollar los nuevos requerimientos establecidos en la petición. La estimación la realiza en base a su experiencia.

El tiempo real es el tiempo efectivo empleado en completar el desarrollo desde que lleva la petición hasta que se pone a disposición del usuario final.

Con la consecución de este objetivo se logrará mejorar la satisfacción del cliente y mejorar la rentabilidad del proyecto.

Beneficios del proyecto

A continuación, se estima el beneficio económico que aporta este proyecto de mejora a TEKCON. Para ello, se calcula el costo de la desviación mensual que será es coste evitable si el proyecto tiene éxito y alcanza el objetivo propuesto de reducción al 10% la desviación.

El cálculo se realiza de acuerdo con lo indicado sobre la retribución de las peticiones en el contrato de prestación del servicio que TEKCON ofrece a ENER:

“Las peticiones se retribuyen como el producto de la tarifa media de los profesionales (estimada en 200€/día) que intervienen en los trabajos por el tiempo. El tiempo será el de resolución de la petición para desvíos inferiores o igual al 10% y el tiempo estimado para desvíos superiores al 10%”.

Así, se puede calcular el costo de la desviación a través del sumatorio de todos los tiempos imputados en exceso sobre el tiempo estimado por la tarifa media

para las peticiones cuya desviación se $>10\%$. Para las peticiones donde la desviación sea \leq que el 10% no existe sobrecosto dado que se retribuye el tiempo de resolución, es decir, el tiempo que los profesionales han imputado a la tarea:

$$\text{Costo de la desviación (€)} = \sum_1^n \text{tarifa} * (tr - te)$$

siendo

tarifa = 200 €/jornada

n = peticiones con desviación $> 10\%$

Te = tiempo de resolución de la petición (días)

Tr = tiempo estimado (días)

La figura siguiente muestra la evolución del costo de la desviación en €:



Figura 5. Evolución del coste de las desviaciones de los tiempos de resolución frente al estimado (€) para las peticiones

Dado que la desviación se ha incrementado en el tiempo se toma como valor el relativo a octubre, que alcanza los 18.000€/mes. Por tanto, de conseguirse el objetivo propuesto se evitaría un costo anual de $18.000 * 12 = 216.000€$ que podría fijarse como **beneficios económicos anuales** del proyecto.

4.1.2 Diagrama SIPOC

El Diagrama SIPOC se utiliza para identificar y visualizar los **elementos clave** del proceso, en concreto los proveedores (Suppliers), entradas (Inputs), procesos (Process), salidas (Outputs) y clientes (Customers). Asimismo, ayuda a acotar el alcance del proceso a mejorar.

Como se visualiza en la figura siguiente, el proceso de resolución de peticiones de software incluye desde que llega una nueva petición de cambio hasta que el usuario la acepta, incluyendo las etapas de recepción, análisis y valoración, asignación, desarrollo y pruebas, productivización, entrega y aceptación por parte del cliente. (Shore, s.f.)

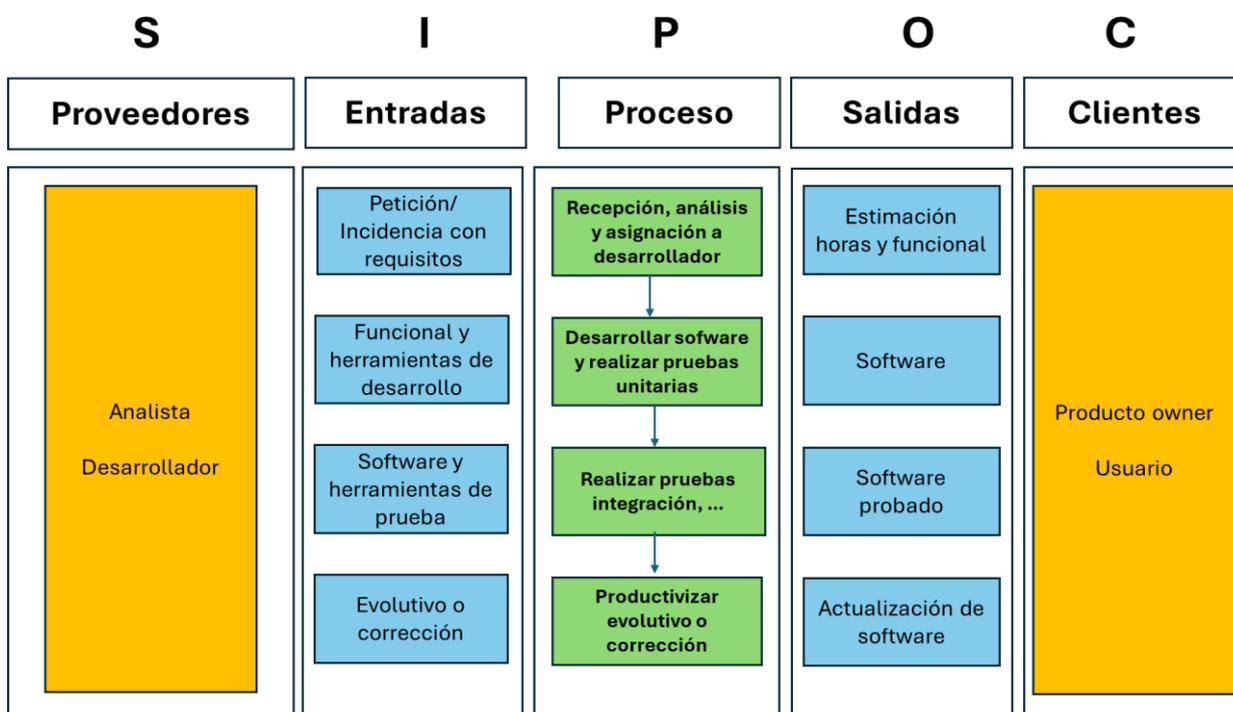


Figura 6. Diagrama SIPOC del proceso de desarrollo y soporte de software

4.1.3 Diagrama del proceso

A continuación, se describe el flujo de trabajo y se facilita la visualización del proceso objeto de este estudio y sirve para detallar el proceso descrito en grandes líneas en el apartado anterior.

Para su elaboración, se han mantenido reuniones con el jefe de proyecto. Ya en estas reuniones, se han apuntado algunas deficiencias del proceso que afectan al problema objeto del estudio.

Se utiliza **ARIS como herramienta para el modelado del flujo de proceso**. ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) es una plataforma desarrollada por Software AG que se utiliza principalmente para el modelado y análisis de procesos de negocio.

En la parte superior del flujo de proceso se presentan **los roles que participan en el proceso**. A continuación, se definen estos roles para entender de una manera clara el flujo:

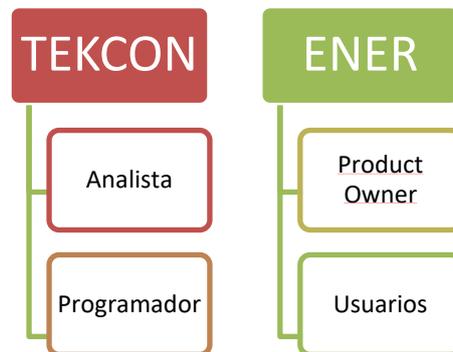


Figura 7. Roles involucrados en el TFG

Del lado de TEKCON se cuenta con dos perfiles diferenciados:

- **Analista.** Tiene como funciones principales apoyar al product owner en el proceso de toma de requerimientos, transmitir los requerimientos a los desarrolladores y darles apoyo técnico, aportar su conocimiento técnico para validar la viabilidad y dificultad de las peticiones, estimar los tiempos de desarrollo y el escalado de problemas al jefe de proyecto.

Asimismo, se encarga de realizar las pruebas en preproducción y apoyo a las pruebas de usuario. El analista actúa como coordinador del equipo de desarrollo, repartiendo tareas y gestionando el día a día. Organiza reuniones de seguimiento diarias (dailys). Es el responsable último de la calidad del producto entregado al cliente.

- **Programador.** Se incluyen dentro de este perfil todas las funciones relacionadas con el desarrollo de software, maquetación de informes, migración de bases de datos, etc. También se incluyen en este perfil la realización de pruebas unitarias en el entorno de desarrollo.

Por parte de ENER, se destacan 2 roles principales:

- **Product owner.** Es la persona responsable del proyecto sobre el que se presta el servicio de mantenimiento y soporte. Es quien fija el alcance de las peticiones y los criterios de aceptación, determina la prioridad del backlog y valida los productos entregados
- **Usuarios de la herramienta.** Son las personas que utilizan la herramienta en el día a día y que, por tanto, los que detectan las incidencias que se producen en su uso.

Dentro del proyecto objeto de este estudio existen otros perfiles como el jefe de proyecto, ciberseguridad, infraestructura, gobierno del dato ... que no se consideran por no afectar de forma relevante su participación en el objetivo de controlar los tiempos de respuesta.

La figura siguiente muestra el flujo de proceso:

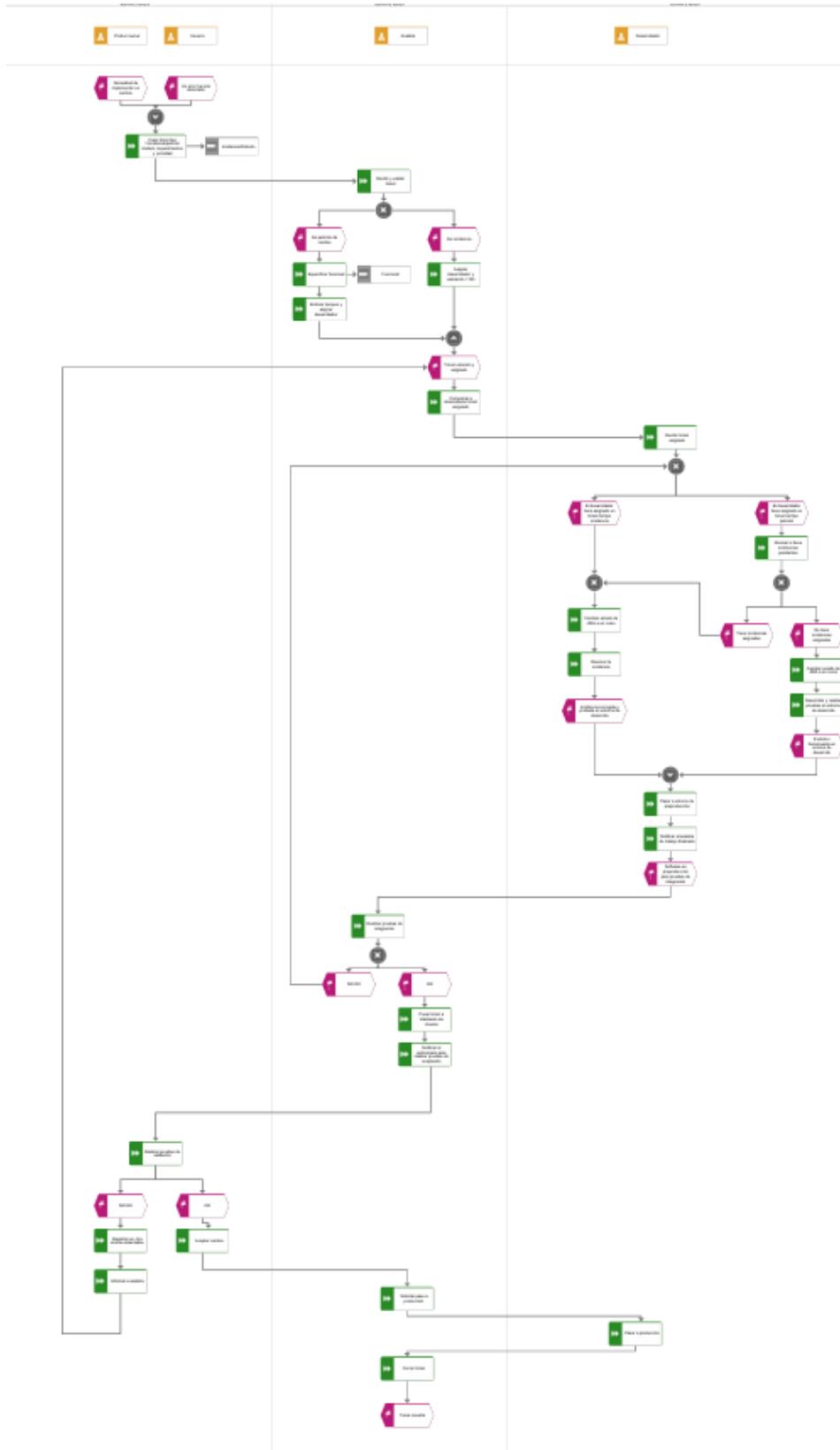


Figura 8. Flujo de proceso

A continuación, se describe en detalle el proceso estructurado en las actividades del diagrama SIPOC.

- **Recepción, análisis y asignación a desarrollador**

El proceso se inicia con la **recepción de un ticket a través de JIRA**, bien sea una petición de cambio o incidencia. El ticket lo crea el product owner si es una petición de cambio o cualquier usuario de la aplicación si es incidencia. El ticket contendrá toda la información necesaria, módulo al que hace referencia, prioridad y requerimientos.

El analista responsable del módulo referido en el ticket lo valida, realiza el funcional en caso de tratarse de una petición de cambio y **estima el tiempo** para su acometida.

En caso de ser **incidencia** se asignan **16 h.** Para las peticiones de cambio el analista realiza la estimación en días de trabajo. El jefe de proyecto transmite la dificultad que tienen los analistas para ajustar la estimación, sobre todo para trabajos muy amplios y de mayor complejidad.

El analista asigna los trabajos a los desarrolladores por orden de prioridad del ticket, siempre primero incidencias y después peticiones

La siguiente figura refleja esta parte del proceso modelada en ARIS:

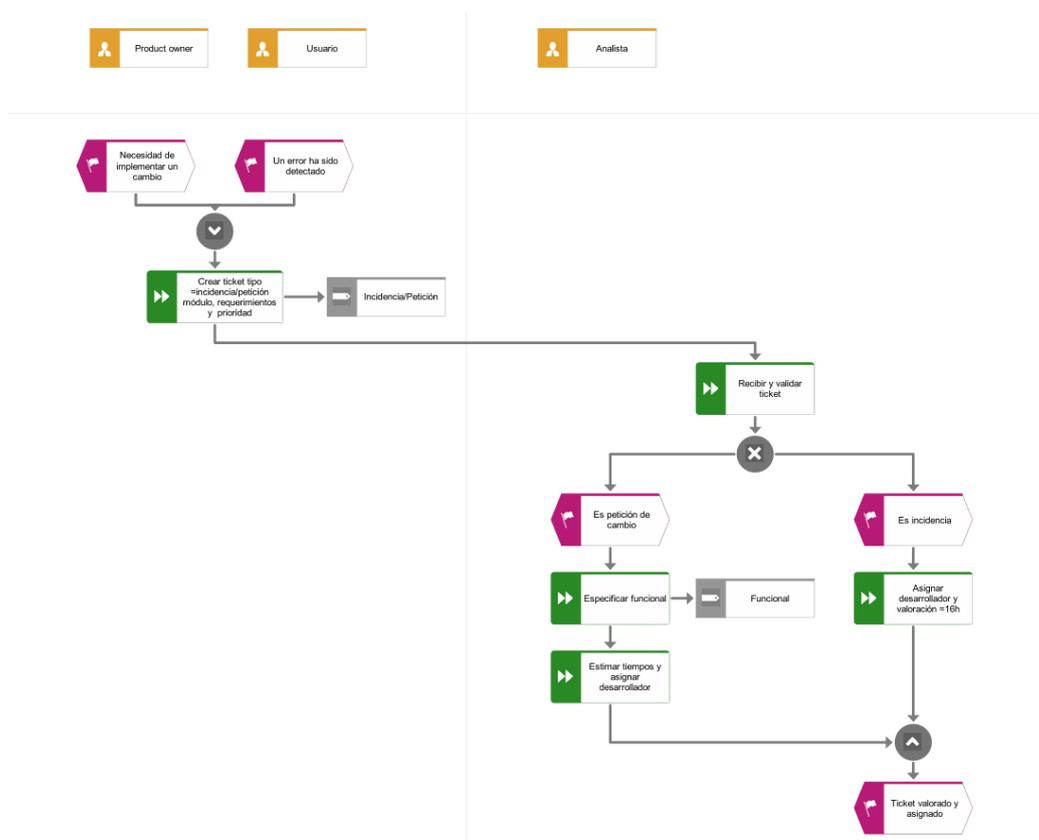


Figura 9. Flujo “recepción, análisis y asignación a desarrollador”

- **Desarrollar software y realizar pruebas unitarias**

Esta fase, se inicia cuando el trabajo descrito en el ticket es asignado a un desarrollador.

Si el ticket es del tipo incidencia, **el desarrollador deja de trabajar en la tarea en la que estaba trabajando e inicia la resolución de la incidencia** hasta su finalización.

El desarrollador realiza el trabajo requerido y realiza **las pruebas unitarias** en el entorno de test (desarrollo). Si el resultado es positivo, solicita la migración al entorno de preproducción, informa al analista de que ha terminado el trabajo y continua con el siguiente ticket asignado.

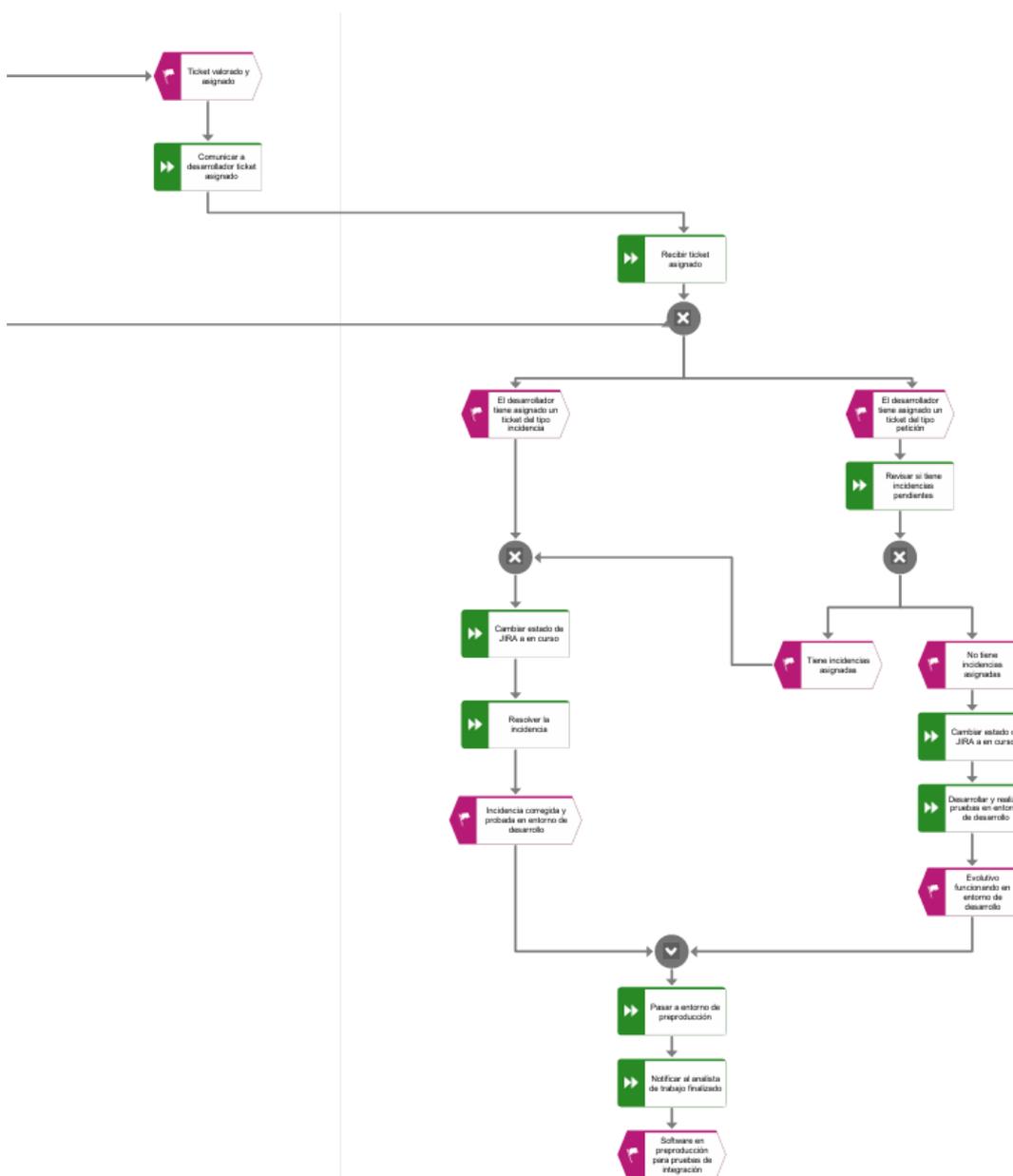


Figura 10. Flujo “desarrollar software y realizar pruebas unitarias”

- **Realizar pruebas de integración y validación**

El analista realiza las pruebas de integración en el entorno de preproducción. Si detecta algún error se lo comunica al programador para que lo resuelva. Si las pruebas son válidas cambia el estado del ticket a validación de usuario y se lo notifica al producto owner o usuario para que proceda a las pruebas de aceptación.

Si detecta algún error lo comunica al analista a través del ticket para que se proceda a su corrección. Si todo está bien y da por bueno el trabajo en el entorno de integración, lo notifica al analista y éste solicita su pase al entorno de producción.

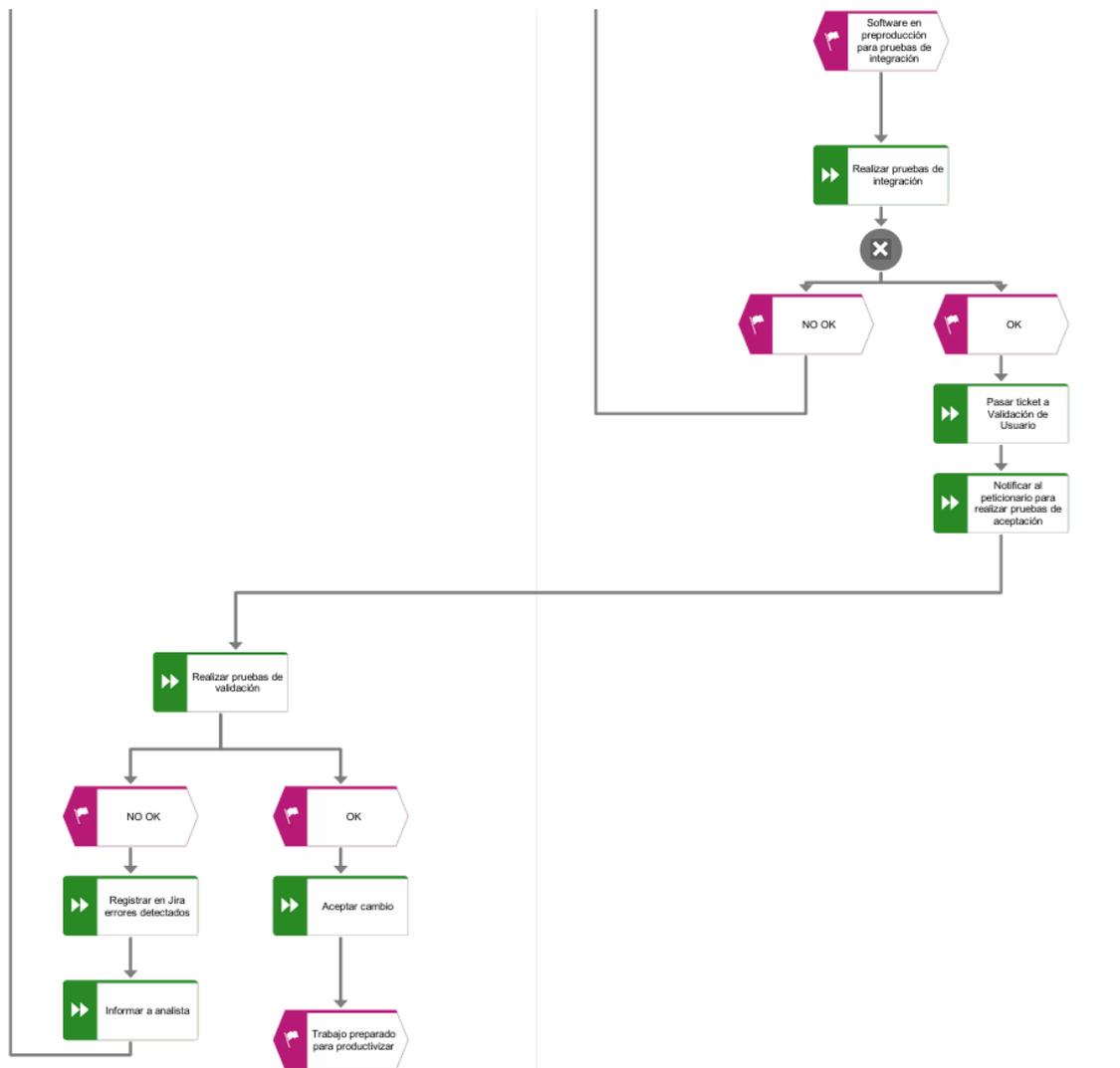


Figura 11. Flujo “realizar pruebas de integración y validación”

- **Productividad evolutivo o corrección**

Esta fase se inicia con el pase a producción de un trabajo, ya sea un evolutivo o una corrección. Cuando el software está en producción se marca el ticket como CERRADO.

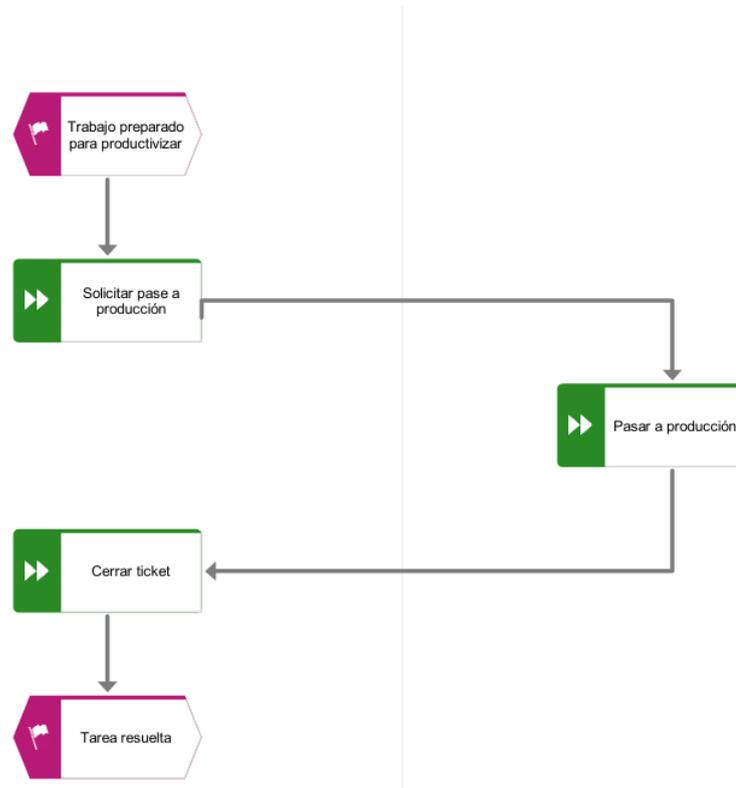


Figura 12. Flujo “productivización evolutivo o corrección”

Todas las notificaciones del proceso se hacen de forma automática a través de JIRA. El flujo de trabajo con JIRA y los estados por los que pasa un ticket se detallan a continuación.

Los tickets se crean en JIRA con el valor por defecto TIPO =INCIDENCIA, PRIORIDAD = ALTA y ESTADO = PENDIENTE DE ASIGNACIÓN.

Los tickets pasan por los estados mostrados en la figura:



Figura 13. Ciclo de vida de la petición de cambio o incidencia en JIRA

En relación con los **entornos de trabajo** se trabaja en tres entornos: desarrollo, preproducción y producción.

El entorno de desarrollo es el entorno donde los desarrolladores crean, modifican y prueban el código de una aplicación. El entorno de preproducción replica el entorno de producción lo más fielmente posible sin afectar a los usuarios finales. En este entorno se realizan las pruebas finales antes de desplegar el software a producción. El entorno de producción es el entorno real donde el software está disponible para los usuarios finales.

4.2 Medir el problema

En esta fase, se **identifican y recopilan los datos** relevantes relacionados con los objetivos del proyecto, disminuir por debajo del 10% la desviación del tiempo de resolución frente al estimado de las peticiones de cambio sobre el software GEI. Se buscan mediciones que puedan explicar la desviación que se está produciendo.

En concreto, las mediciones más relevantes que se recogen son: los tiempos de resolución de las peticiones y los tiempos estimados necesarios para calcular la desviación, el módulo al que se refiere, el tamaño, el número de elementos a los que afecta la petición, su complejidad, el profesional que la resuelve y su capacitación.

Una vez se disponen de los datos se realiza un **análisis descriptivo** de los datos para obtener una visión general en cuanto a su distribución, identificar patrones y otras características. Se busca conocer si la variable desviación sigue una distribución normal o si a través de su transformación se puede normalizar.

Se aplica la **prueba de Anderson Darling para contrastar la normalidad**. Asimismo, se comprueba si se puede normalizar la distribución de datos a través de su transformación (logarítmica, exponencial, cuadrática, inversa, ...). La importancia de la normalidad de una distribución es que las técnicas estadísticas, como el contraste de hipótesis o la regresión asumen la normalidad de los datos. De esta forma, si los datos siguen una distribución normal la fiabilidad de estas técnicas es mayor y por tanto aumenta la robustez de los resultados.

En esta fase, se incide mucho en el intento de conseguir normalizar tanto la desviación en porcentaje como los elementos que componen la fórmula de esta: tiempo de resolución, tiempo estimado, y la diferencia entre ambos tiempos en días.

Por último, se realiza un **análisis preliminar sobre cómo afectan las distintas variables identificadas en la desviación**. Para ello y en función del tipo de variable se utilizan herramientas como boxplot, histogramas o gráficos de barras.

De este análisis visual ya surgen algunas **mejoras rápidas** que por ser de bajo riesgo se llevan directamente a la fase de mejorar.

A continuación, se detalla el trabajo realizado en la fase de medir.

4.2.1 Recopilación de datos disponibles

El administrador de JIRA de TEKCON proporciona el **registro de tickets (peticiones e incidencias) partir del JIRA** del proyecto del año 2024. Los datos se exportan a Excel para facilitar su manejo.

Se obtienen **519 registros** correspondientes a las peticiones e incidencias creadas desde el **1 de febrero a 31 del octubre 2024**.

Se recuerda que el problema a estudiar solo se refiere a las peticiones. No obstante, se recopilan también las incidencias por el impacto que tienen sobre el tiempo de resolución de las peticiones dado que el equipo que debe resolverlas es el mismo. En este documento se utiliza el término ticket para hacer referencia a las peticiones e incidencias, todas ellas registradas en JIRA.

En primer lugar, se anonimizan los datos para mantener su confidencialidad, en concreto los nombres de las personas y de las empresas.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de la colección de datos proporcionada:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	P
	Tipo de ticket	ID ticket	Resumen	Asigna da a:	Prioridad	Estado	Creada	Actualizada	Etiquetas	Tiempo estimado
2	Incidencia	41583	GEI - Error cálculo	David V	Media	Cerrado	31/01/2024	01/02/2024		16
3	Petición	41652	Usuarios GEI Cúbi	Cristina	Media	Cerrado	31/01/2024	08/02/2024		7
4	Incidencia	41838	GEI - Error al guar	David V	Media	Cancelado	02/02/2024	02/02/2024		16
5	Petición	41939	La MACRO de DA'	Esteban	Media	Cerrado	02/02/2024	02/02/2024		1
5	Incidencia	41944	GEI - Ofertas rech	David V	Media	Cerrado	04/02/2024	12/02/2024		16
7	Petición	41947	GEI - Retraso prog	Maria d	Media	Cerrado	04/02/2024	20/02/2024		12
3	Petición	42178	El cliente FOMEN	Esteban	Media	Cerrado	06/02/2024	06/02/2024		1
9	Petición	42407	No hay datos de r	Patricia	Media	Cerrado	07/02/2024	14/06/2024		45
0	Petición	42463	GEI- Añadir nº de	David V	Media	Cerrado	07/02/2024	11/04/2024		44
1	Petición	42464	GEI - Añadir Botó	David V	Media	Cerrado	07/02/2024	15/02/2024		18
2	Petición	42465	GEI - Modificar fe	David V	Media	Cerrado	07/02/2024	22/03/2024		28
3	Petición	42466	GEI - Eliminar can	David V	Media	Cerrado	07/02/2024	25/04/2024		53
4	Petición	42473	GEI - Creación de	David V	Media	Cerrado	08/02/2024	07/07/2024		50
5	Incidencia	42515	GEI - Actualizar m:	David V	Media	Cerrado	08/02/2024	12/02/2024		16
6	Incidencia	42731	WebService Type	Miguel J	Media	Cerrado	09/02/2024	17/02/2024		16

Figura 14. Datos obtenidos de JIRA

De todos los tickets, se seleccionan los tickets cerrados (412) que son los que serán objeto del estudio, dado que para los tickets no cerrados no se puede calcular el tiempo de resolución. De los 412 tickets, **147** corresponden a **peticiones** y el resto a incidencias.

Además, el jefe de proyecto proporciona la información del equipo de trabajo y las jornadas trabajadas, con lo que se obtiene **capacidad en días** disponible.

Con una estimación de 220 jornadas anuales de trabajo, 22 días mensuales por trabajador, y considerando que hay un analista por módulo y 4 programadores para los módulos de CL y BO y 3 para el módulo de BO, se calcula la capacidad tal y como aparece en la siguiente Tabla:

	MODULO1 días	MODULO2 días	MODULO3 días	TOTAL días
JEFE DE PROYECTO	7,4	7,4	7,4	22
ANALISTAS	22	22	22	66
DESARROLLADORES	88	66	88	242

Tabla 1. Capacidad del equipo de TEKCON dedicado al proyecto

Hay que considerar que el problema que se quiere resolver es la desviación en tiempos de las peticiones. Sin embargo, la capacidad mostrada atiende tanto peticiones como incidencias.

4.2.2 Descripción de los datos disponibles:

De los datos obtenidos de JIRA, la siguiente información se considera relevante y útil para el trabajo:

- Tipo de ticket: admite los valores petición e incidencia
- Identificador del ticket: número secuencial
- Resumen: Información descriptiva de la necesidad o problema a resolver.
- Módulo de la aplicación afectada: Este dato representa el módulo para el que solicita el cambio (CL, OP, BO)
- Asignada a: desarrollador que ejecuta el trabajo
- Prioridad: prioridad del trabajo. Este campo viene cargado por defecto con prioridad media por lo que se deshecha del estudio por no aportar información.
- Estado: el estado en el que se encuentra el ticket pendiente de asignación, en análisis, asignada, en curso, pendiente de validación, cerrado. Para este trabajo solo se toman los tickets en estado cerrado.
- Creada: fecha de creación del ticket en formato fecha y hora
- Actualizada: fecha última actualización del ticket en formato fecha y hora. Para el caso de tickets cerrados corresponde con la fecha de cierre del ticket.
- Tiempo estimado para su resolución en días

A partir de esta información y **para los tickets del tipo petición** se obtienen con fórmulas sencillas **los siguientes datos calculados** que son necesarios para el análisis del problema que se quiere resolver:

- Mes de cierre del ticket: contiene el último día del mes en que el ticket fue cerrado. Se obtiene con la fórmula FIN.MES de Excel

- Tiempo de resolución es el tiempo en días desde que se crea el ticket hasta que el cliente lo cierra. Incluye tiempo de análisis, de desarrollo, de pruebas y de validación. Se calcula como la diferencia entre la columna Actualizada y Creada de los datos.
- Desviación del tiempo de resolución de las peticiones: corresponde al problema que se quiere resolver con este trabajo. Es el tiempo de resolución del ticket real respecto al tiempo estimado en porcentaje. Se obtiene como la diferencia entre el tiempo de resolución y el estimado dividido entre el estimado y multiplicado por 100 para tenerlo en porcentaje.
- Coste de la desviación de las peticiones en €: el coste de la desviación del tiempo de resolución frente al tiempo estimado se calcula de acuerdo con lo establecido por contrato.

El contrato establece que la retribución de los trabajos se hace de acuerdo con el tiempo imputado (tiempo de desarrollo) siempre que la desviación respecto al estimado sea inferior o igual al 10%, Para desviaciones superiores al 10% se retribuye el tiempo estimado antes de realizar el trabajo y ser aceptado por el cliente.

De esta forma el coste de la desviación de las peticiones se puede calcular a partir de los datos disponibles de la siguiente forma: para peticiones con desviación del tiempo de resolución inferiores del 10% se considera 0€ puesto que por contrato para estos casos se retribuye cada petición al tiempo de resolución. Sin embargo, para las peticiones y desviaciones superiores al 10% se retribuye el tiempo estimado por lo que se incurre en un coste que se puede cuantificar como la diferencia en días laborables entre el tiempo de resolución y el estimado multiplicado por la tarifa media diaria de los trabajadores. Esta tarifa media se ha estimado en 200€ el día de trabajo.

- Capacidad disponible mensual (en días): se refiere al número total de días laborables de capacidad de trabajo disponible para realizar tareas del proyecto. Se calcula como el número de trabajadores por el número de días disponibles al mes.

No se consideran las horas del jefe de proyecto por no ser relevante para el estudio.

Dado que los mismos desarrolladores se dedican a resolver incidencias y peticiones hay que descontar los días mes dedicados a incidencias. Se calcula por módulo multiplicando el nº de incidencias media por 2 días de trabajo de media que debiera dedicarse a la resolución de incidencias.

A continuación, se muestran en la tabla los días al mes disponibles para realizar peticiones de cada uno de los módulos de la aplicación.

Módulo	Nº días mes	Nº días mes incidencias	Nº días mes peticiones
CL	110	11	99
OP	88	12	76
BO	110	18	92

Tabla 2. Horas mes disponibles de trabajo

Con esto se considera una capacidad total de 267 jornadas/mes para atender peticiones

4.2.3 Obtención y descripción de los datos no disponibles:

Si bien los datos disponibles y calculados en los apartados anteriores son necesarios para la realización del trabajo, el jefe de proyecto comenta que existen otros factores que pueden afectar a la desviación del tiempo y que se podrían obtener, en concreto informa de la importante rotación del equipo en los últimos meses, y de la diferente complejidad de las peticiones en función de los elementos afectados.

Dado que todas las peticiones incluyen la persona asignada a la tarea y describen de forma resumida la necesidad se solicita a los analistas la búsqueda de la siguiente información adicional.

- Complejidad de la petición (alta, media, baja).
- Nº de elementos afectados (interfaz de usuario, base de datos, api, lógica de negocio, seguridad, ...)
- Capacitación del profesional asignado a la petición (en horas). Se mide en horas de formación recibidas en el proyecto. Se considera importante esta medida pues en los últimos meses ha habido una alta rotación del equipo.

La figura siguiente muestra una captura como ejemplo de los datos disponibles con los que se realizará el TFG.

Tipo de ticket	Mes cierre	ID de la ticket	Resumen	Informador	Capacitación (en)	Prioridad	Estado	Creada	Actualizada	Etq	Tiemp	Tiemp	Desviación	Mod	Etq	Cost
Petición	31/10/2024	63298	Regularizar datos P Blanca		8	Media	Cerrado	28/08/2024	03/10/2024		8	10	21%	OP		340
Petición	31/10/2024	64980	GEI - Modificar vali Juan		4	Media	Cerrado	11/09/2024	10/10/2024	LIQU	15	23	53%	BO	LIQUI	1600
Petición	31/10/2024	65824	GEI - Liquidación A Juan		7	Media	Cerrado	19/09/2024	05/10/2024	FACT	10	12	20%	OP	FACT	400
Petición	31/10/2024	66103	Pantalla detalle UC Cristina		9	Media	Cerrado	20/09/2024	02/10/2024		8	10	25%	OP		395
Petición	31/10/2024	66112	GEI - Cargar medid; Javier		6	Media	Cerrado	21/09/2024	03/10/2024		10	11	16%	OP		299
Petición	31/10/2024	66828	GEI- Añadir Audits David		3	Media	Cerrado	27/09/2024	10/10/2024	INTE	10	13	30%	OP	INTEF	600
Petición	31/10/2024	66915	GEI - Comparar AN Jaime		10	Media	Cerrado	27/09/2024	05/10/2024		4	5	10%	CLI		0
Petición	31/10/2024	66938	No hay oferta MD J Cristina		10	Media	Cerrado	28/09/2024	02/10/2024		4	5	13%	CLI		115
Petición	31/10/2024	66961	GEI - Programa Anc Maria		7	Media	Cerrado	28/09/2024	02/10/2024		1	2	15%	CLI		40
Petición	31/10/2024	66968	prevision no coinci Pablo		10	Media	Cerrado	28/09/2024	02/10/2024	PREV	3	3	7%	CLI	PREV	0
Petición	31/10/2024	67060	GEI - Modificación Vicki		8	Media	Cerrado	30/09/2024	04/10/2024	PREV	11	15	32%	BO	PREV	700
Petición	31/10/2024	67063	GEI - Añadir funcio David		10	Media	Cerrado	30/09/2024	03/10/2024	FACT	4	5	16%	OP	FACT	140
Petición	31/10/2024	67069	GEI - Modificar fecd David		10	Media	Cerrado	30/09/2024	05/10/2024	FACT	4	5	17%	OP	FACT	143
Petición	31/10/2024	67080	Error SFTP Alto Ma Ricardo		18	Media	Cerrado	01/10/2024	04/10/2024		4	5	16%	CLI		140
Petición	31/10/2024	67248	GEI - Liquidación a Javier		5	Media	Cerrado	02/10/2024	10/10/2024	LIQU	8	8	18%	OP	LIQUI	280

Figura 15. Datos disponibles

4.2.4 Análisis exploratorio y preliminar básico de los datos.

Antes de profundizar en el análisis, se realiza un análisis descriptivo de los datos para obtener una visión general de los datos en cuanto a su estructura, patrones que siguen y otras características.

Este análisis incluye estadísticas básicas como la media, mediana, ... la correlación básica entre las diferentes variables, gráficos de dispersión entre las variables clave, histogramas para visualizar la distribución de los tiempos estimados y reales, gráficos de caja (boxplot) para ver los valores atípicos en los tiempos de resolución. Para realizar este análisis se utiliza la herramienta MINITAB.

En primer lugar, se estudia el tipo de distribución de la variable objeto de estudio en este TFG, desviación del tiempo de respuesta. Para ello, se realiza la prueba de Anderson-Darling. (Minitab, 2024)

4.2.4.1 Prueba de Anderson-Darling

La prueba de normalidad de Anderson-Darling es una prueba estadística que mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Se basa en el cálculo de una estadística de prueba que mide la diferencia entre la distribución empírica de los datos y la distribución teórica que se está probando.

En este análisis, se aplica la prueba de Anderson-Darling al conjunto de datos que representan la desviación del tiempo de resolución de peticiones respecto al tiempo estimado en porcentaje. Es importante analizar la muestra de datos para evaluar su distribución y determinar si sigue un patrón específico, como la distribución normal y la distribución log normal.

Para hacer la prueba de Anderson-Darling se utiliza el software Minitab y se introducen 147 datos de la desviación. Se utiliza un nivel de confianza del 95%, es decir un alpha de 5% (0.05). Asimismo, se comprueba que el tamaño de la muestra es suficientemente grande para realizar el estudio.

En primer lugar, se estudia la normalidad y por tanto si la muestra se ajusta a las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos siguen la distribución seleccionada (normal, lognormal, exponencial)

H_A: Los datos no siguen la distribución seleccionada (normal, lognormal, exponencial)

Si estos datos se ajustan a una distribución específica permitirá hacer inferencias y predicciones más precisas sobre el comportamiento del sistema o proceso analizado. (Minitab, 2024)

La figura mostrada a continuación presenta el resultado obtenido de aplicar la prueba de Anderson-Darling:

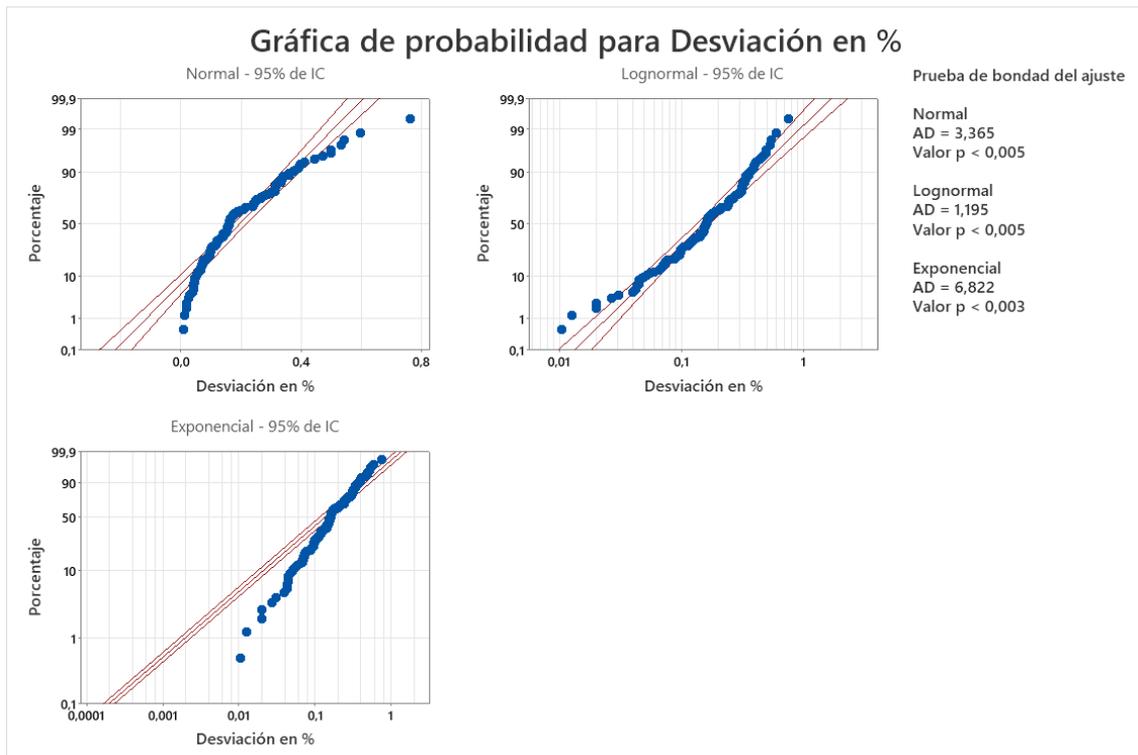


Figura 16. Prueba de distribución individual de Anderson Darling

Para los tres casos seleccionados se obtienen valores de $P < 0,05$, lo que significa que los datos **NO** siguen la **distribución seleccionada**.

A continuación, se **transforman los datos** de la desviación para buscar su normalización. Se prueba con la transformación **cuadrática, la inversa y la raíz cuadrada** sin conseguir una distribución normal. La que alcanza un p más cercano a 0,05 es la raíz cuadrada pero **no se puede confirmar la normalidad**.

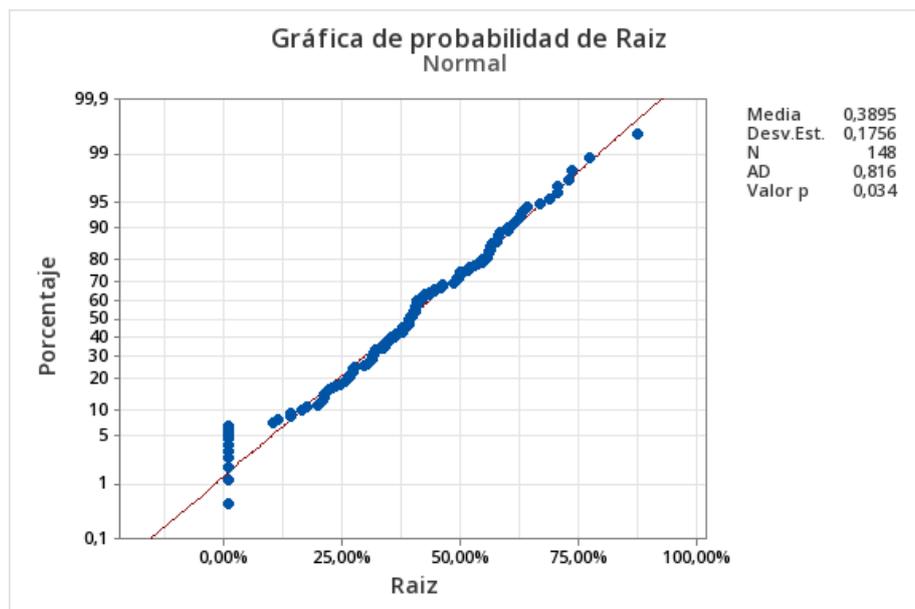


Figura 17. Prueba de normalidad a la raíz cuadrada de la desviación en %

Dado que los datos de la desviación en porcentaje no siguen una distribución conocida, se estudia si los factores que intervienen en la fórmula de cálculo de la desviación lo hacen, tiempo de resolución y tiempo estimado. Este análisis se presenta en el anexo “Estudios de normalidad de las variables que componen la desviación en porcentaje”. Este análisis cobra sentido bajo la hipótesis que mejorando las variables tiempo de resolución y el tiempo estimado se mejora la desviación.

En un contexto de software como el que estamos, cabe pensar que la distribución de los tiempos de resolución podría ser log-normal, dado que las tareas más pequeñas tienden a completarse más rápido de lo estimado, mientras que las más complejas tienden a llevar más tiempo del estimado. En una distribución log-normal, los tiempos de resolución están sesgados hacia la derecha (es decir, hay más probabilidades de que se superen los tiempos estimados que de que se resuelvan más rápido). Esto es común en proyectos de software donde se subestiman las tareas difíciles.

Se confirma que la distribución de los tiempos de resolución y los tiempos estimados siguen una distribución log normal, por lo que transformándolos a través del logaritmo natural se consigue la normalidad.

4.2.4.2 Análisis exploratorio de la relación entre las variables y la desviación

Se realiza un análisis exploratorio para visualizar la distribución de la variable desviación en función de los datos disponibles para identificar si pueden explicar la variación de la desviación del tiempo y guiar el análisis hacia las causas raíz.

Las variables se pueden clasificar en función del tipo de dato en categóricas o cualitativas y numéricas, y estas en continuas y discretas, también llamadas atributos. Para la interpretación estadística es preferible trabajar con datos continuos dado que se dispone de herramientas más potentes. (Michael L.George, 2004) En nuestro estudio se requiere el análisis de las siguientes variables:

Categóricas:

- Módulo
- Complejidad (alta, media, baja)

Numéricas Discretas

- N° de elementos afectados por la petición
- Capacitación de los profesionales en horas de formación en el proyecto

Numéricas Continuas:

- Desviación del tiempo de resolución
- Tamaño medido por la media entre el tiempo estimado y el de resolución

- Tiempo estimado
- Tiempo de resolución

Para el análisis de las variables categóricas frente a una variable numérica se utiliza el gráfico de caja o boxplot. Un **boxplot**, diagrama o gráfico de caja o gráfico de caja y bigotes, es una herramienta gráfica utilizada en estadística para mostrar la distribución de un conjunto de datos numéricos. Resume los datos en cinco aspectos clave: la mediana, los cuartiles (dónde se posicionan el 25%, 50%, 75% de los datos), los valores atípicos y el rango. Es una forma compacta y visual de representar la dispersión, la simetría y la presencia de valores extremos o atípicos. (Michael L.George, 2004)

Dentro de la caja se encuentra el 50% central (entre Q1 y Q3) que da una idea de los valores que toma habitualmente la variable estudiada

El “bigote” izquierdo va del mínimo a Q1, la caja de Q1 a Q3 (con la mediana como línea que separa la caja en 2 partes que no tienen por qué ser iguales) y el bigote derecho va de Q3 al máximo. La distancia entre los cuartiles no tiene por qué ser la misma, y los “bigotes” suelen ser más largos.

A continuación, se muestra la variación de la desviación del tiempo con las variables módulo, complejidad, ...

Desviación del tiempo de resolución de la petición en función de módulo

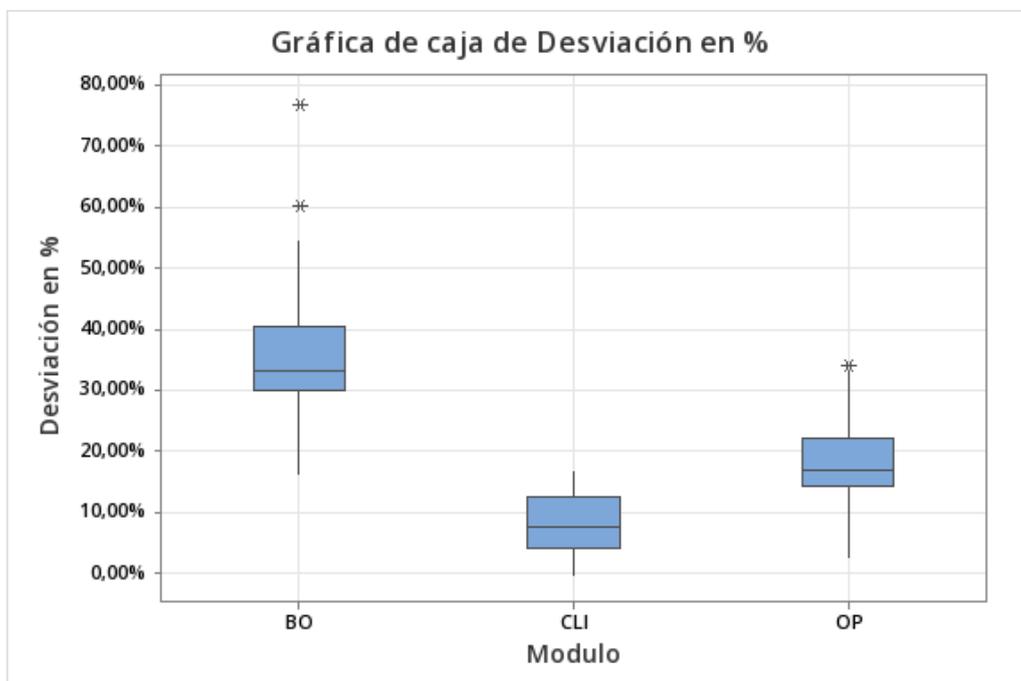


Figura 18. Gráfica de cajas: desviación (%) vs módulo

Se observa que la desviación depende del módulo. El módulo que mayores desviaciones presenta es el BO.

Desviación del tiempo de resolución de la petición en función de la complejidad

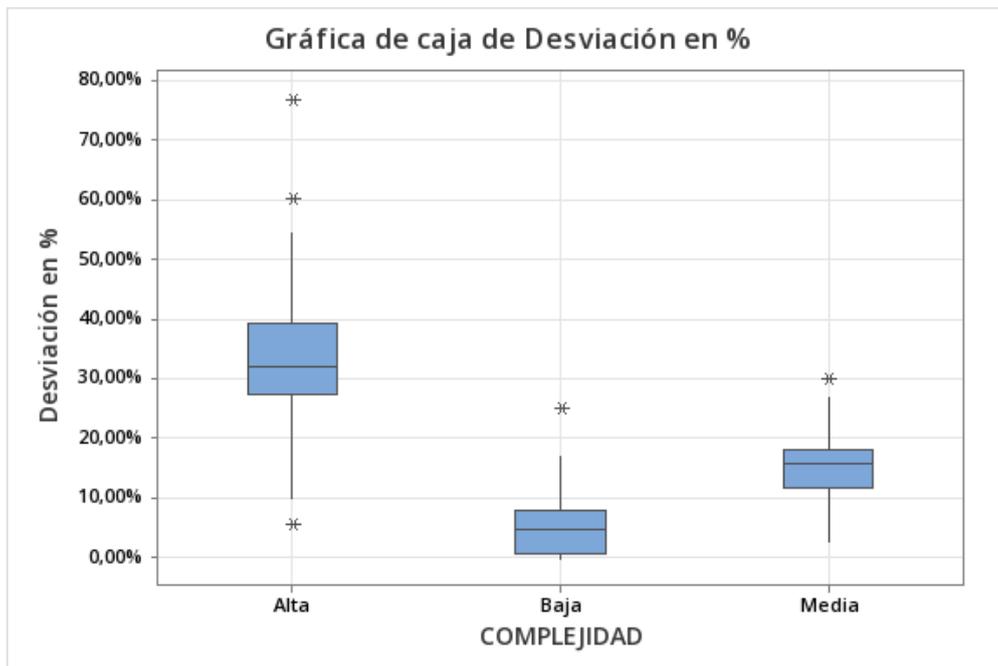


Figura 19. Gráfica de cajas: desviación (%) vs módulo

Se observa que la desviación depende de la complejidad. A mayor complejidad mayor desviación y dispersión.

Para las variaciones de la variable numérica continua desviación y las variables numéricas discretas se utilizan **gráficos de dispersión**

Desviación del tiempo de resolución de la petición en función del número de elementos afectados por la petición:

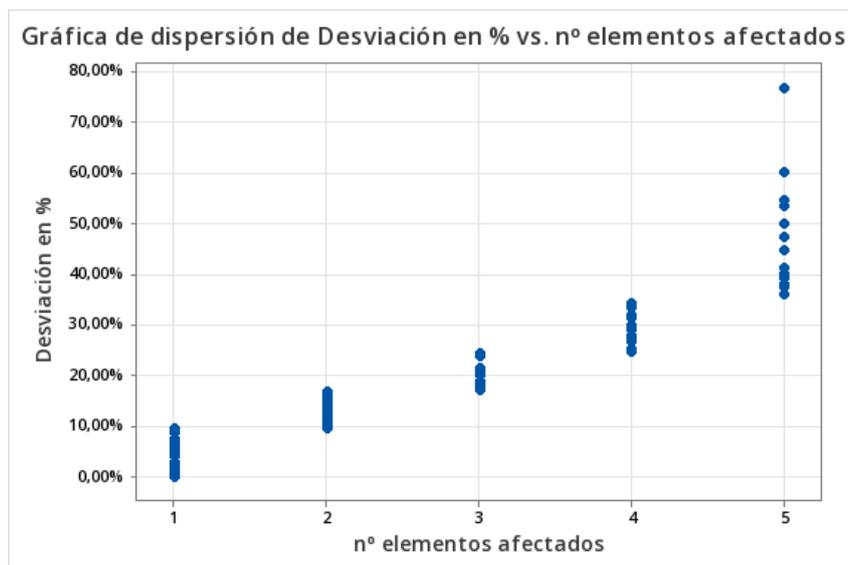


Figura 20. Gráfico de dispersión: desviación (%) vs n° elementos afectados

Se observa que la desviación aumenta con el número de elementos del aplicativos afectados

Desviación del tiempo de resolución de la petición en función de la capacitación de los profesionales que atienden la petición en horas de formación:

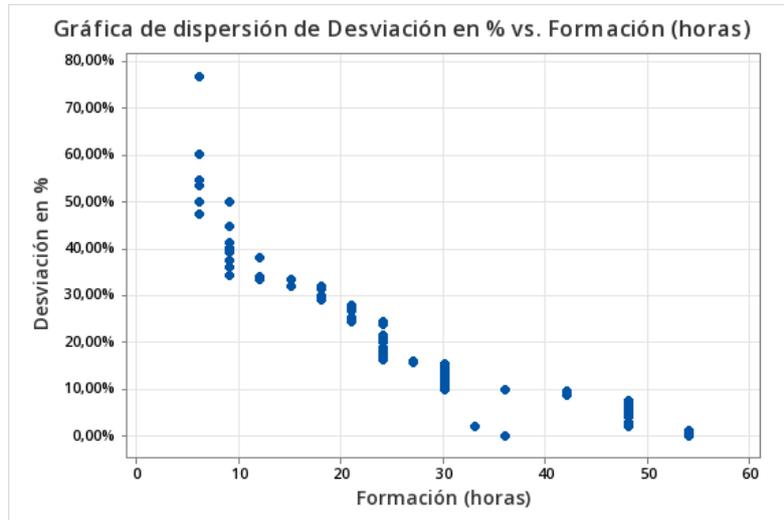


Figura 21. Gráfico de dispersión: desviación (%) vs capacitación en horas

Se observa que la desviación disminuye con las horas de formación recibida por los profesionales.

Desviación del tiempo de resolución de la petición en función del tamaño:

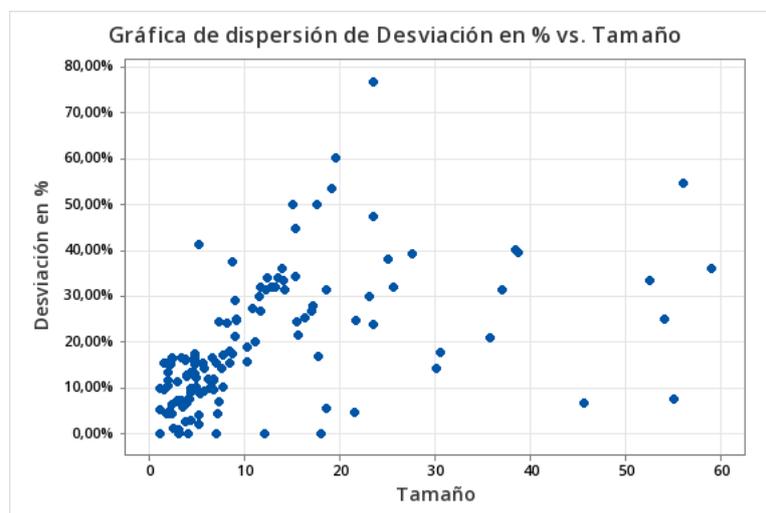


Figura 22. Gráfico de dispersión: desviación (%) vs tamaño en días

Parece lógico pensar que las estimaciones no son tan precisas cuanto mayor es el tamaño de la petición, pero en el gráfico no se ve una correlación clara. El tamaño se ha medido como la media del tiempo estimación y de resolución, pues no se dispone de un dato mejor.

Desviación del tiempo de resolución de la petición de las peticiones con el número de incidencias

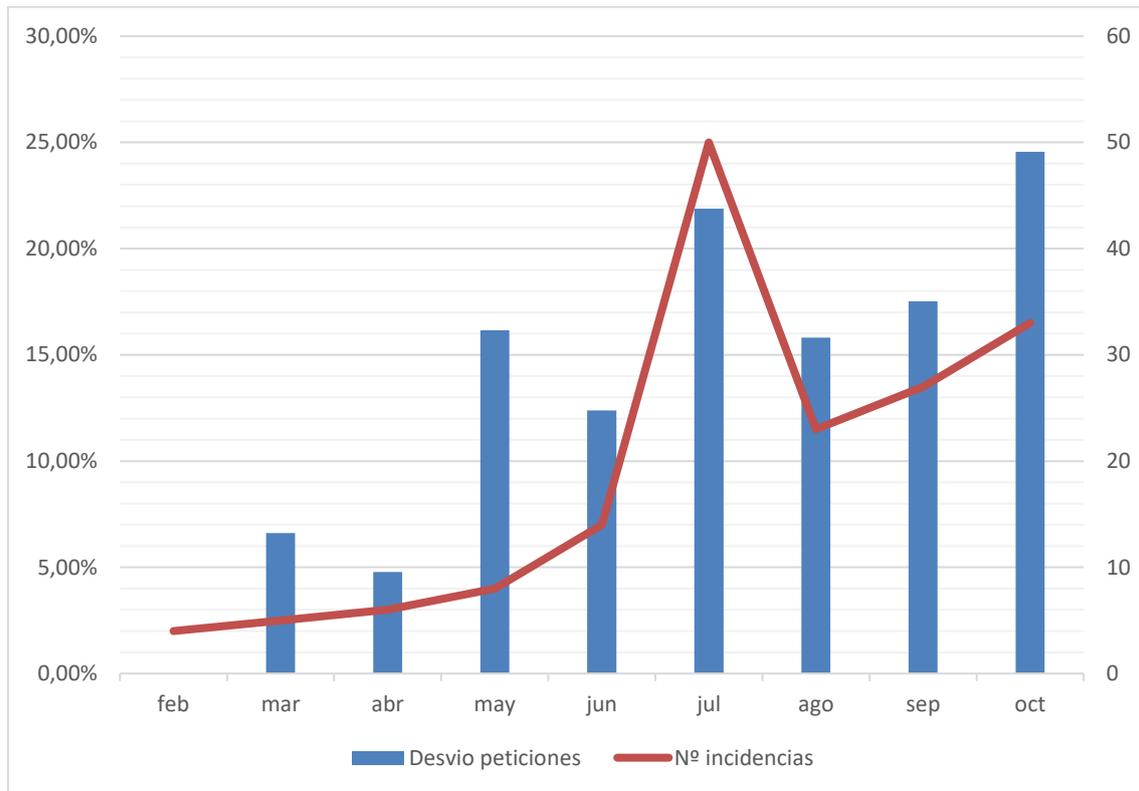


Figura 23. Desviación del tiempo de resolución de la petición con el nº de incidencias

Se observa una **clara correlación entre el desvío del tiempo dedicado al desarrollo con el número de incidencias que entran**, lo que tiene sentido pues es razonable que atender varias tareas a la vez reduce la productividad y por tanto aumenta los tiempos de resolución.

Mes	Desvío peticiones	Nº incidencias
feb	0,00%	4
mar	6,62%	5
abr	4,78%	6
may	16,16%	8
jun	12,38%	14
jul	21,88%	50
ago	15,81%	23
sep	17,53%	27
oct	24,56%	33

Tabla 3. Variación de la desviación con el número de incidencias

4.2.5 Mejoras rápidas identificadas:

4.2.5.1 Errores en la categorización de los tickets

Durante la obtención de los datos no disponibles se detectan errores en la categorización de los tickets, habiendo sido algunas peticiones clasificadas como incidencias.

El analista refiere que el motivo probablemente se debe a que la aplicación JIRA por defecto presenta el campo tipo de ticket como incidencia y algunos usuarios no lo cambian.

Solo en octubre el 30% de las incidencias han sido mal categorizadas. Se acuerda con el jefe de proyecto eliminar de la muestra las incidencias con duración mayor a 10 días por considerarse mal calificadas (93 tickets). Asimismo, se propondrá como **mejora rápida la eliminación del valor por defecto que se muestra al dar de alta un ticket.**

4.2.5.2 Baja productividad por el alto número de incidencias

Del análisis del proceso se observa la falta de foco de los desarrolladores por tener que atender incidencias de forma intermitente.

Es conveniente que los desarrolladores no abandonen las tareas por la llegada de incidencias relativas al módulo.

Se propone establecer 2 niveles de soporte: Soporte de Nivel 1(N1) y Soporte de Nivel 2 (N2). Se propone que el Nivel 1 tenga conocimientos transversales a todos los módulos y resuelva las incidencias de baja complejidad. Únicamente se pasarán al Nivel 2 aquellas que no puedan ser resueltas por el nivel 1 y se hará actualizando la prioridad para que únicamente se desatiendan las tareas en las que están trabajando en caso de ser de prioridad alta.

La implantación de esta práctica no conlleva riesgo por ser una práctica habitual en este tipo de servicios para incrementar la productividad de los equipos. Permite manejar de forma efectiva los diferentes tipos de incidencias y optimizar la utilización de recursos.

4.2.5.3 Crear el rol “responsable de calidad”, responsable de la realización de las pruebas de pre-producción.

Dado que la desviación depende del número de incidencias que tiene que atender prioritariamente el profesional, además del impacto en coste para el proyecto y la propia insatisfacción que supone para el cliente, se propone la creación de un rol independientes “responsable de calidad de software”.

Este rol se creará con la función de asegurar que el software entregado al cliente cumpla con los estándares de calidad. Será responsable de realizar las pruebas en el entorno de preproducción antes de la subida a producción y entrega al cliente.

Además, será responsable de dejar evidencia documentada de las pruebas realizadas.

4.3 Analizar

En esta fase se analizan los datos recopilados de la fase de MEDIR y los problemas detectados en el flujo de proceso para identificar las causas raíz que explican por qué el tiempo de resolución de las peticiones de software no está Identificación y verificación de las causas. Este análisis se realiza a través de **dos tipos de herramientas**:

- a) Las herramientas para identificar causas potenciales basadas en técnicas para potenciar el pensamiento creativo sobre las causas de los problemas observados. Se trata de pensar a lo grande sobre lo que está pasando en el proceso.

En este TFG se utilizan como herramientas para el análisis de causa raíz el **diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 whys**.

- b) Las herramientas para verificar las causas potenciales basadas en el análisis riguroso de datos o pruebas estadísticas específicas para verificar la existencia de una relación de causa y efecto y cuanto de fuerte es. Esto se hace a través del contraste de hipótesis.

Dado que en la fase de medir no se consigue la normalidad de los datos de la desviación del tiempo de resolución de las peticiones frente al estimado en porcentaje es necesario emplear pruebas no paramétricas para realizar el contraste de hipótesis. Las pruebas empleadas son **prueba de Kruskal-Wallis y la correlación de Spearman**.

Este tipo de pruebas, aunque son menos precisas para realizar estimaciones y proporcionan resultados menos detallados, son útiles en los casos en los que no se pueda obtener la normalidad de los datos. Se realiza el **contraste de hipótesis de la dependencia de la desviación del tiempo de resolución (%) con las distintas variables** objeto de estudio utilizando las pruebas apropiadas en función al tipo de variable (categórica o numérica):

- complejidad de las peticiones (prueba de Kruskal-Wallis),
- el módulo (prueba de Kruskal-Wallis),
- el tamaño (correlación de Spearman),
- el nº de elementos afectados por la petición (correlación de Spearman) y
- la capacitación del profesional que la ejecuta (correlación de Spearman).

A continuación, se detallan todos los análisis realizados en la fase Analizar:

4.3.1 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta gráfica utilizada para visualizar y analizar las causas raíz de un problema. Se basa en el principio de que la mayoría de los problemas tienen múltiples causas interrelacionadas. El diagrama tiene una línea central que muestra el problema y las ramas laterales representan las diferentes categorías de causas potenciales. (HubSpot, 2021)

Las causas raíz se estructuran en las siguientes **categorías**:

- **Personas:** Incluye los aspectos relacionados con las personas involucradas en el desarrollo de software (habilidades, conocimientos, comunicación, ...)
- **Proceso:** Incluye procedimientos, metodologías y prácticas utilizadas en el mantenimiento y soporte de software. Esto incluye la planificación, el diseño, la codificación, las pruebas y la gestión del proyecto
- **Aplicación GEI:** Incluye todos los aspectos relacionados con la aplicación sobre la que se presta el servicio de mantenimiento y soporte.
- **Organización.** Incluye la organización del equipo de trabajo y las reuniones de sincronización
- **Cliente/requisitos:** Se refiere a los requisitos del cliente o del sistema que se puedan malinterpretar, o que estén mal documentados, cambios de alcance una vez iniciados los trabajos, ...

La figura presentada a continuación muestra en **el diagrama de Ishikawa** las causas raíz del problema que se aborda en este trabajo estructuradas en las categorías definidas. Se marcan en rojo las variables analizadas estadísticamente posteriormente.

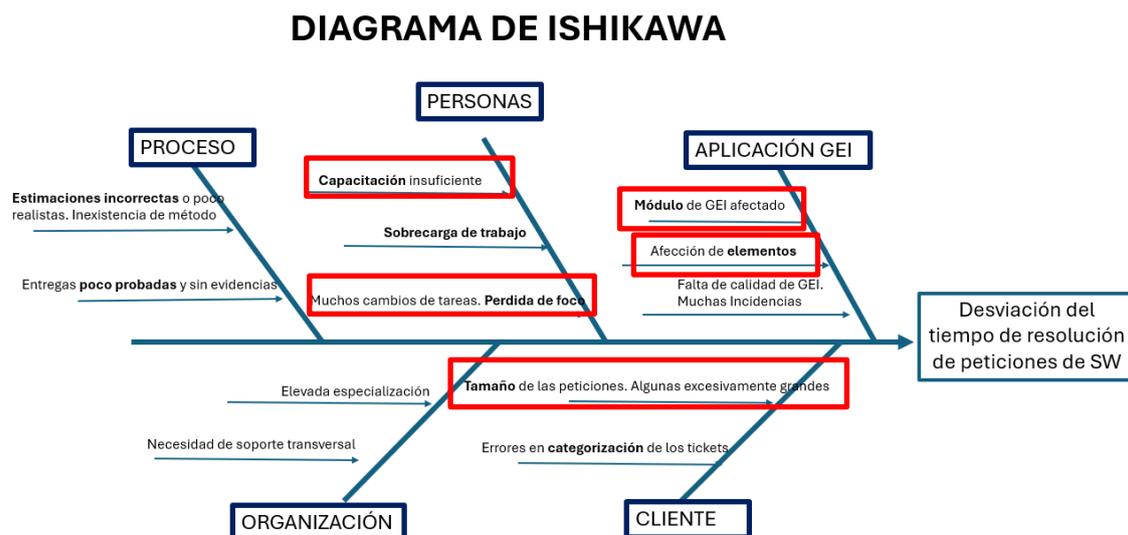


Figura 24. Diagrama de Ishikawa de la desviación de los tiempos de desarrollo de las peticiones

Las causas presentadas en el diagrama de Ishikawa se han obtenido en colaboración con el jefe de proyecto, tanto del análisis del flujo de proceso como del análisis estadístico.

A continuación, para cada una de las categorías se establece las posibles **causas raíz** identificadas en el análisis exploratorio y en la entrevista con el jefe de proyecto. Mas adelante, se seleccionan las variables y se contrastan las hipótesis con análisis estadístico:

Inexistencia de método en el proceso de estimación

Las estimaciones iniciales de tiempo de resolución de la petición son poco realistas debido a la falta de método establecido para el cálculo. Esto produce en muchas ocasiones la subestimación de la complejidad del requerimiento o del impacto en otros sistemas.

Entregas de software poco probado y sin dejar evidencia

El software se prueba en integración por el analista del módulo y se pasa a producción. La falta de independencia y la presión por cumplir con el tiempo estimado hace que esta tarea no se haga con garantía ni quede documentada. Esta causa se contrasta por el alto número de incidencias que se producen una vez puestos los evolutivos en producción

Capacitación insuficiente

Se observa que el desvío se disminuye con el incremento de horas de formación de los profesionales. Es necesario formar a los profesionales antes de incorporarlos a trabajar y darles formación continua.

Sobrecarga de trabajo y falta de flexibilidad del personal

La capacidad disponible es insuficiente para el crecimiento de las peticiones e incidencias que están llegando desde que se inició el servicio.

Además, la excesiva especialización impide el movimiento de personas entre equipos, lo que si llegan más tickets o tickets de mayor envergadura de un módulo que del resto exista una sobrecarga de trabajo para dicho equipo.

Muchos cambios de tareas. Perdidas de foco

Al dar prioridad a las incidencias frente a las peticiones los desarrolladores tienen que cambiar de tarea con frecuencia perdiendo el foco y perdiendo productividad.

Módulo afectado. Los distintos módulos de GEI tienen distinta complejidad por lo que la asignación de recursos y la estimación de tiempos debiera considerar este aspecto, en concreto el módulo de Backoffice es demasiado extenso y complejo.

Nº elementos del aplicativo afectados por la petición. Se observa que el número de elementos (interfaz de usuario, base de datos, api, lógica de negocio,

seguridad, ...) que es necesario tocar para resolver la petición de cambio incide en la desviación. Esta variable debe tenerse en cuenta en la estimación.

Falta de calidad de la aplicación. Se están generando excesivas incidencias

Elevada especialización

Para la prestación del servicio de mantenimiento y soporte, TEKCON cuenta con un equipo formado por 15 personas con dedicación full-time al proyecto y con diferentes perfiles, en concreto, un jefe de proyecto, 3 analistas y 11 programadores.

El equipo se organiza en función de los 3 módulos de la aplicación a los que dan soporte, con un analista por módulo que coordina a cada subequipo de programadores. La sincronización del equipo se hace a través de reuniones ágiles.

Los profesionales se organizan por módulos del proyecto, es decir, analista y desarrolladores de un módulo solo realizan trabajos (peticiones e incidencias) relativos a dicho módulo. Todos los desarrolladores asumen incidencias y peticiones de su módulo, no habiendo personas dedicadas específicamente a incidencias o peticiones.

Se considera necesario una mayor flexibilidad transversal entre los módulos para poder modular las cargas de trabajo entre los tres subequipos.

Peticiones excesivamente grandes

Algunas peticiones son demasiados grandes por lo que los requerimientos no quedan suficientemente definidos y se producen cambios de alcance durante su desarrollo. Sería conveniente partirlas en tareas más pequeñas con valor para el cliente

Errores en la categorización de los tickets

Tras el análisis de JIRA como herramienta se observa que la asignación de valores por defecto al tipo de ticket y a la prioridad hace que muchas peticiones se registran como incidencias y con prioridad mayor a la que realmente tienen. Dado que las incidencias se valoran siempre en 2 días de trabajo hace que la desviación frente al tiempo real sea muy alta.

4.3.2 Técnica de los 5 WHYS

De forma complementaria al diagrama de Ishikawa se utiliza la técnica de los **5 WHYS**, que se basa en realizar preguntas para conocer los vínculos de causa-efecto que generan un problema en concreto. La técnica consiste en para cada problema preguntarse ¿por qué? La respuesta al primera porque genera otro porque y así sucesivamente. (lean, 2015)

De todas las espinas del pescado del diagrama se han seleccionado las más relevantes en base a reunión con el jefe de proyecto, para aplicar la técnica de **los 5 WHY**.

Problema	W1	W2	W3	W4	W5	Propuesta de mejora
¿Por qué hay una desviación del tiempo de resolución de peticiones superior al 10%?	Porqué se están generando excesivas incidencias	¿Y porque se están generando excesivas incidencias? Porque las peticiones de cambio no han sido suficientemente probadas antes de su pase a producción.	¿Por qué no se detectaron todos los defectos durante las fases de prueba y validación? Porque las pruebas realizadas fueron insuficientes y no abarcaron todos los casos de uso relevantes ni escenarios críticos.	¿Por qué no se contó con un plan de pruebas bien definido ni herramientas adecuadas? Porque los recursos asignados no disponen del tiempo para hacerlo.		Asignar una persona para que realice las pruebas
	Porque no se están estimando bien los tiempos	¿Por qué no se están estimando bien los tiempos? Porque las estimaciones actuales son subjetivas y dependen de la experiencia individual de los analistas.	¿Por qué las estimaciones actuales se hacen de manera subjetiva? Porque no se está utilizando un enfoque sistemático o basado en datos para calcular las estimaciones.	¿Por qué no se está utilizando un enfoque sistemático o basado en datos? Porque no existe una fórmula o modelo de estimación que considere el tamaño de las tareas, la complejidad, los elementos afectados...	¿Por qué no existe una fórmula o modelo de estimación en el proyecto? Porque no se ha definido un proceso estándar para recopilar datos históricos ni convertirlos en parámetros utilizables para futuros proyectos.	Definir una fórmula de estimación basada en datos históricos y parámetros clave.
	Porque hay muchos cambios de tareas y pérdidas de foco	¿Por qué hay muchos cambios de tareas y pérdidas de foco? Porque cuando entra una incidencia, el desarrollador debe dejar la tarea que este realizando para resolverla.	¿Por qué el desarrollador debe dejar la tarea que está realizando para resolver la incidencia? Porque en el proceso definido prioriza las incidencias frente a las peticiones de cambio.	¿Por qué el proceso definido prioriza las incidencias frente a las peticiones? Porque no se ha establecido un nivel 1 de soporte que atienda incidencias	¿Por qué no se ha establecido un nivel 1 de soporte que atienda incidencias? Porque el equipo no está estructurado en dos niveles de soporte. Nivel 1 de soporte transversal para todos los módulos y Nivel 2 por módulo.	Establecer un nivel de soporte 1 que categorice y resuelva las incidencias. En caso de que haya una incidencia más compleja la deriva al nivel 2 ya organizado por módulo y más especializado.
	Porque hay peticiones excesivamente grandes	¿Por qué hay peticiones excesivamente grandes? Porque las solicitudes que se reciben en las peticiones son muy amplias, incluyen múltiples requerimientos o tareas complejas de difícil manejo en una única intervención.	¿Por qué las solicitudes son muy amplias e incluyen múltiples requerimientos o tareas complejas? Porque no se ha establecido un proceso para dividir las solicitudes en tareas más pequeñas y con valor para el usuario.	¿Por qué no se ha establecido un proceso para dividir las solicitudes en tareas más pequeñas? Porque no hay un enfoque ágil o una metodología definida que fomente la descomposición de tareas en intervalos de tiempo más cortos, lo que facilita el control y entrega incremental.		Romper las peticiones en tareas más cortas (máximo de 2 semanas de duración) y de con valor para el usuario

Tabla 4. Técnica de los 5 Why

4.3.3 Análisis estadístico

A continuación, se va a analizar estadísticamente las causas raíz identificadas en el diagrama de Ishikawa para contrastar si son relevantes en la desviación del tiempo de resolución de peticiones.

El análisis estadístico es fundamental para comprender si las variables seleccionadas tienen un impacto significativo en el desvío del tiempo y en qué medida contribuyen a su variabilidad. Identificar estas relaciones permitirá abordar de manera robusta las causas raíz y por tanto proponer mejoras relevantes en el proceso.

Para este trabajo, **la variable a mejorar Y es la desviación del tiempo de resolución, y se trata de identificar las variables X_n que la explican.**

$$Y = \alpha X_1 + \beta X_2 + \gamma X_3 + \delta X_4 + \dots$$

Para nuestro trabajo se van a estudiar las siguientes variables X_n : Módulo de la aplicación (X_1). Complejidad (X_2), Capacitación (X_3) y Número de elementos afectados (X_4) y tamaño (X_5).

Como ya se ha comentado en este estudio estamos analizando variables categóricas y numéricas. En función de esta clasificación se aplican unas técnicas u otras para contrastar las hipótesis tal y como se explica en el capítulo 2. Metodología y Herramientas

Categóricas: Módulo y Complejidad

Numéricas: N° de elementos afectados por la petición, capacitación de los profesionales en horas de formación en el proyecto y Tamaño.

Dado que la variable Y, objeto de estudio, **no sigue una distribución normal** se descartan pruebas paramétricas, debiéndose emplear otras técnicas estadísticas más adecuadas en función del tipo de variable y la naturaleza de los datos.

- Se evaluarán diferencias en el desvío del tiempo según las variables categóricas (**módulo y complejidad**) mediante la prueba de **Kruskal-Wallis**.
- Se analizará la relación entre el desvío del tiempo y las variables continuas (**capacitación, tamaño y número de elementos afectados**) mediante correlaciones de **Spearman**.

Las pruebas no paramétricas, que no hacen suposiciones sobre la distribución, son menos precisas y no proporcionan un modelo de predicción o una relación funcional clara como la proporcionada por una regresión lineal o múltiple. No obstante, dado que se disponen de suficientes datos se consideran adecuadas.

A continuación, se enumeran las hipótesis que han sido confirmadas o rechazadas para comprobar si las causas raíz son relevantes o no:

- **El módulo incide significativamente en la desviación:** se rechaza la hipótesis H_0 ya que $p < 0,05$. Esto indica que al menos un módulo tiene una distribución del desvío del tiempo significativamente diferente respecto a los demás, es decir, que el módulo debe ser considerado en la estimación de tiempos para reducir la desviación.
- **La complejidad incide significativamente en la desviación:** se rechaza la hipótesis H_0 ya que $p < 0,05$. Esto indica que al menos un nivel de complejidad tiene una distribución del desvío del tiempo significativamente diferente respecto a los demás.
- **La capacitación de la petición incide significativamente en la desviación:** existe una correlación inversa fuerte y estadísticamente significativa menos 0,983 entre la desviación del tiempo de resolución y la capacitación. A mayor capacitación menor desviación.
- **El tamaño de la petición incide significativamente en la desviación:** existe una correlación directa moderada y estadísticamente significativa de 0,662 entre la desviación del tiempo de resolución y el tamaño de la petición. A mayor tamaño mayor desviación.
- **El número de elementos afectados por la petición incide significativamente en la desviación:** Existe una correlación directa fuerte y estadísticamente significativa 0,968 entre la desviación del tiempo de resolución y el número de elementos afectados. A mayor n^o de elementos afectados mayor desviación.

Las pruebas realizadas se describen a continuación:

4.3.3.1 Prueba de Kruskal-Wallis. Análisis para variables categóricas (módulo, complejidad):

La prueba de Kruskal-Wallis es una técnica estadística no paramétrica que se utiliza para comparar las distribuciones de una variable continua entre más de dos grupos independientes. Es una alternativa a la ANOVA cuando los datos no cumplen con el supuesto de normalidad.

Se realiza esta prueba para la variable modulo y complejidad. La hipótesis nula (H_0) de la prueba de Kruskal-Wallis establece que no hay diferencia significativa entre las distribuciones de los grupos. Esto quiere decir que las medianas de las distribuciones de los diferentes grupos (en tu caso, los diferentes módulos o niveles de complejidad) son iguales. Así:

H_0 (Hipótesis nula): La variable categórica (módulo o complejidad) no tiene efecto sobre la variable numérica (desviación del tiempo de resolución).

HA (Hipótesis alternativa): Al menos uno de los módulos o niveles de complejidad tiene una distribución de la desviación significativamente distinta.

Si el valor p es menor al nivel de significancia (generalmente 0.05), se rechaza H_0 y se acepta HA.

Se enuncia la hipótesis para la variable módulo:

📄 Hoja de trabajo 1

Prueba de Kruskal-Wallis: Desviación en % vs. Módulo

Estadísticas descriptivas

Módulo	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
BO	37	0,3333	127,3	8,65
CLI	65	0,0769	38,7	-9,00
OP	46	0,1695	82,7	1,56
General	148		74,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	103,20	0,000
Ajustado para empates	2	103,25	0,000

Se rechaza la hipótesis H_0 ya que $p < 0,05$. Esto indica que al menos un módulo tiene una distribución del desvío del **tiempo** significativamente diferente respecto a los demás, es decir, **que el módulo debe ser considerado en la estimación de tiempos para reducir la desviación.**

Se enuncia la hipótesis para la variable complejidad:

📄 Hoja de trabajo 1

Prueba de Kruskal-Wallis: Desviación en % vs. COMPLEJIDAD

Estadísticas descriptivas

COMPLEJIDAD	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Alta	44	0,32030	119,9	8,38
Baja California	42	0,04775	28,4	-8,23
Medio	62	0,15765	73,5	-0,24
General	148		74,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	97,87	0,000
Ajustado para empates	2	97,91	0,000

Se rechaza la hipótesis H_0 ya que $p < 0,05$.

Esto indica que al menos un nivel de complejidad tiene una distribución del desvío del tiempo significativamente diferente respecto a los demás.

4.3.3.2 Correlación de Spearman. Análisis para variables numéricas (capacitación, tamaño y nº elementos afectados):

La correlación de Spearman es una técnica estadística no paramétrica que mide la fuerza y dirección de la relación monotónica entre dos variables, sin requerir normalidad ni linealidad. Es útil para analizar datos continuos u ordinales y opera sobre rangos, lo que la hace robusta frente a valores atípicos.

En el análisis de la desviación del tiempo de resolución, permite identificar si variables como la capacitación, el tamaño o los elementos afectados tienen una relación significativa con los desvíos, ayudando a detectar patrones clave para mejorar el proceso.

Minitab muestra el valor del coeficiente de correlación de Spearman r que indica la fuerza y la dirección de la relación entre las dos variables. El p -valor indica si la correlación es estadísticamente significativa. Si el p -valor es menor que 0,05, se puede concluir que existe una correlación significativa entre las dos variables.

Se enuncia la hipótesis para la variable capacitación:

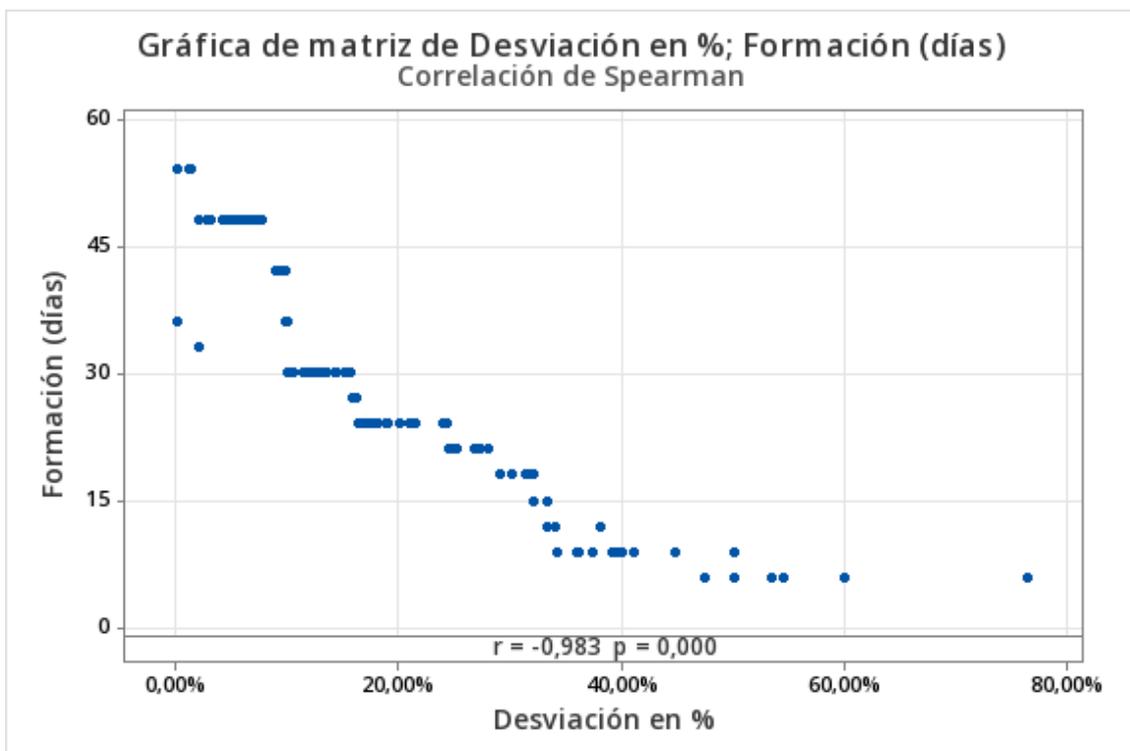


Figura 25. Correlación de Spearman desviación (%) vs capacitación (días)

Correlaciones

	Desviación en %
Formación (días)	-0,983

Existe una correlación inversa fuerte y estadísticamente significativa **menos 0,983** entre la **desviación del tiempo de resolución y la capacitación**. A mayor capacitación menor desviación.

Se enuncia la hipótesis para la variable tamaño

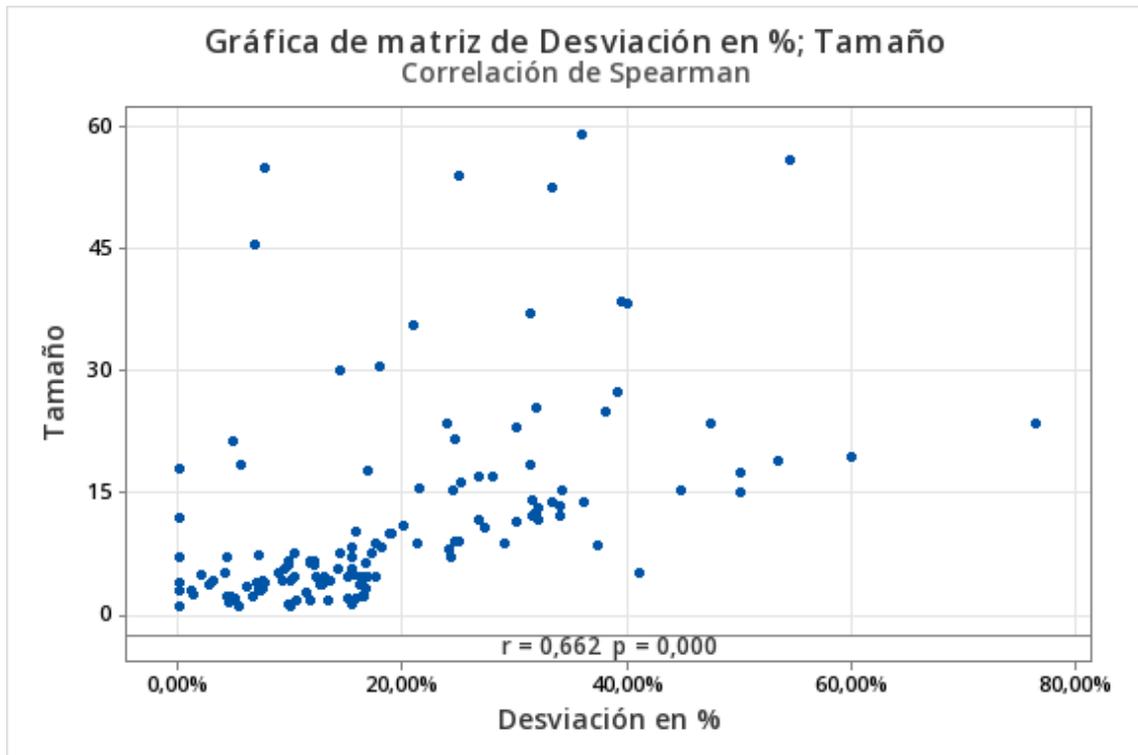


Figura 26. Correlación de Spearman desviación (%) vs tamaño (días)

Correlaciones

	Desviación en %
Tamaño	0,662

Existe una correlación directa moderada y estadísticamente significativa **de 0,662** entre la **desviación del tiempo de resolución y el tamaño de la petición**. A mayor tamaño mayor desviación.

Se enuncia la hipótesis para la variable nº de elementos afectados

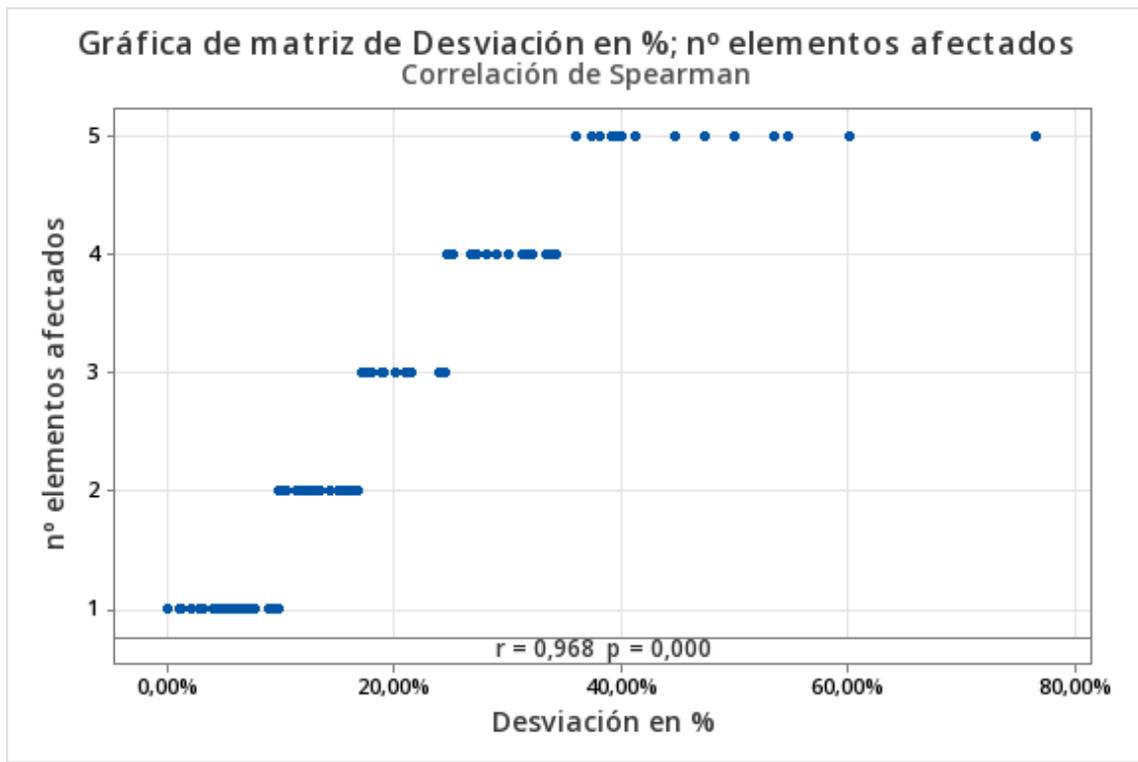


Figura 27. Correlación de Spearman desviación (%) vs nº elementos afectados

Correlaciones

	Desviación en %
nº elementos afectados	0,968

Existe una correlación directa fuerte y estadísticamente significativa 0,968 entre la desviación del tiempo de resolución y el número de elementos afectados. A mayor número de elementos afectados mayor desviación.

Se prueba estadísticamente la dependencia de las variables módulo, complejidad, número de elementos afectados, capacitación y tamaño en la desviación del tiempo de resolución frente al tiempo estimado.

4.4 Mejorar

En esta fase, se proponen soluciones orientadas a eliminar las causas raíz identificadas en la fase anterior, y optimizar el proceso.

Para la identificación de estas mejoras se han tenido en cuenta las mejores prácticas basadas en **metodologías ágiles** (Atlassian, 2024) **y enfoques como ITIL** (Atlassian, atlassian.com, 2024), que son fundamentales para la gestión de los servicios de software.

Para identificar las más relevantes para el caso de estudio se ha realizado **una lluvia de ideas** con los integrantes en el proyecto. Además, se han incorporado las mejoras rápidas que se han identificado durante la aplicación de las distintas fases de DMAIC.

Posteriormente, se ha **valorado el coste de implantación de cada mejora y su impacto sobre la desviación**. La valoración del coste y del impacto se ha realizado en colaboración con el jefe del proyecto de acuerdo con los siguientes rangos:

A continuación, se incluyen los criterios establecidos para valorar el coste de implantación de la mejora (€) y el impacto de la mejora medido en ahorros (€). En los costes de implantación de cada mejora se incluyen tanto costes económicos como de dedicación del personal valorados por la tarifa media.

	Alto	Medio	Bajo
Coste de implantación	>10.000€	2.000€ - 10.000€	<2.000€
Impacto en ahorros anuales	>30.000€	15.000€ - 30.000€	<15.000€

Tabla 5. Criterios para valoración de coste e impacto

Por último, se seleccionan las de prioridad ALTA en la matriz coste beneficio, quedando la propuesta reducida a **6 oportunidades de mejora**.

- **Establecer dos niveles de soporte**
- **Crear el rol “responsable de calidad”**
- **Capacitar a los profesionales**
- **Establecer método para la estimación de tiempos**
- **Descomponer las peticiones en tareas más pequeñas**
- **Eliminar valores por defecto en la creación de tickets**

Las de mayor impacto en la disminución de la desviación son el cambio en la organización del equipo en 2 niveles de soporte con un impacto directo sobre el tiempo de resolución, la creación de un garante de calidad que reducirá el número de incidencias que luego tengan que atender los desarrolladores compitiendo con su dedicación a las peticiones y el disponer de un método de estimación de tiempos más seguro y basado en datos.

A continuación, se describen cada una de ellas.

4.4.1 Oportunidades de mejora

4.4.1.1 Establecer dos niveles de soporte: Soporte de Nivel 1 (N1) y Soporte de Nivel 2 (N2),

Para reducir el número de interrupciones a las que se ven expuestos los desarrolladores y que incrementan los tiempos de resolución y reducen la productividad por la pérdida de foco, se propone un cambio en la estructura del proyecto.

Se propone crear 2 niveles de soporte, un nivel 1 de soporte que recibe todos los tickets con independencia del módulo, los valida y resuelve si tiene la capacitación para hacerlo. Se encarga de resolver problemas simples y de bajo impacto

Este nivel es el punto de contacto con el usuario final o cliente. En caso de no ser capaz de atenderlo por su complejidad lo pasaría al nivel 2, un equipo especializado como mayor capacitación y ya sí estructurado por módulo.

La gestión entre niveles de soporte se hará de forma automatizada en JIRA.

Esta estructura presenta las siguientes ventajas:

- Mayor productividad al delegar las tareas específicas a cada nivel, los equipos se centran en problemas que se ajustan mejor a su experiencia y conocimiento
- Mejora los tiempos de respuesta, dado que el N1 se enfoca en problemas comunes y simples y el N2 en problemas más técnicos y complejos

COSTE: MEDIO

BENEFICIO: ALTO

Para la valoración del coste no se considera la incorporación de nuevo personal para el nivel 1, dado que la propuesta es reestructurar el equipo existente. Sin embargo, se imputa a este coste el material y el tiempo requerido para comunicar los cambios y formar al personal en la nueva forma de trabajar. Se estima que este cambio de estructura es el que tenga mayor impacto en la reducción de la desviación

4.4.1.2 Crear el rol “responsable de calidad”, responsable de la realización de las pruebas de pre-producción.

Dado que la desviación depende del número de incidencias que tiene que atender prioritariamente el profesional, además del impacto en coste para el proyecto y la propia insatisfacción que supone para el cliente, se propone la creación de un rol independientes “responsable de calidad de software”.

Este rol se creará con la función de asegurar que el software entregado al cliente cumpla con los estándares de calidad. Será responsable de realizar las pruebas en el entorno de preproducción antes de la subida a producción y entrega al cliente.

Además, será responsable de dejar evidencia documentada de las pruebas realizadas.

COSTE: BAJO

BENEFICIO: ALTO

La valoración de coste económico se estima en base a las necesidades de formación del analista que ocupa el rol y al establecimiento de un procedimiento de como realizar las pruebas y evidencias a dejar de forma que se asegure el buen funcionamiento de la aplicación.

4.4.1.3 Capacitar a los profesionales

Vista la fuerte dependencia de la desviación frente a la capacitación de los profesionales se propone impartir 20 horas de formación general y especializada para los profesionales.

COSTE: MEDIO

BENEFICIO: ALTO

Además, se incluye un plan de incorporación a los nuevos profesionales de 40 horas de duración. El anexo propone un plan de formación para alinear el conocimiento que los profesionales que trabajan actualmente en el proyecto y que será válido para impartirlo a las nuevas incorporaciones. La estructura del plan es:

PLAN DE INCORPORACIÓN PROYECTO "Servicio de soporte y mantenimiento de la aplicación Gestión de la Energía Integrado"					
Fase / Acciones	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1. Introducción al entorno de trabajo: Conocer la estructura del servicio y comprender los procedimientos internos y herramientas utilizadas					
2. Capacitación técnica sobre el software: Entender la arquitectura la arquitectura y el funcionamiento del aplicativo (GE) que se soporta y mantiene, y familiarizarse con las tecnologías subyacentes del sistema.					
3. Capacitación en mantenimiento y resolución de incidencias: Adquirir habilidades para identificar y solucionar incidencias comunes y conocer los procedimientos de escalado y cómo realizar seguimiento de los tickets.					
4. Introducción a DevOps y CI/CD: Comprender el enfoque DevOps para la integración y entrega continua y familiarizarse con los procesos de automatización y despliegue en el ciclo de vida del software.					
5. Gestión de la calidad: Fomentar una mentalidad de mejora continua en el servicio de soporte y mantenimiento y asegurar que los nuevos desarrolladores comprendan la importancia de la calidad del código y la documentación.					

Figura 28. Plan de alineamiento de conocimientos e incorporación

4.4.1.4 Establecer método para la estimación de tiempos

Tras el análisis realizado se han demostrado la dependencia de la desviación del tiempo de resolución de las peticiones en función de las variables modulo, complejidad y número de elementos afectados por la petición.

Asimismo, no se está considerando los tiempos requeridos para las fases de planificación, análisis y diseño, ni pruebas de integración, de usuario y despliegue.

Se propone establecer una fórmula objetiva y acordada con el cliente para calcular el tiempo de resolución de la petición en función de los siguientes parámetros:

- módulo (CL, OP, BO),
- complejidad (Mapeo entidad, creación xsd, servicios Web, controladores, middleware, vista Web tabla, caché, mensajería y colas, configuración, reglas de validación y políticas de negocio) y
- nº de elementos afectados,

y añadir un 30% para la realización de las tareas de:

- Planificación y análisis
- Diseño
- Pruebas integradas
- Pruebas de usuario
- Despliegue

La fórmula establecida será validada con datos reales para asegurar que no requiere ajustes posteriores a su implantación.

Se propone implementar cambios en la herramienta JIRA para que permita rellenar los campos necesarios para el cálculo en automático del tiempo estimado. Estos campos serán incluidos por el peticionario y por nivel 1 en función del tipo de información solicitada.

COSTE: MEDIO

BENEFICIO: ALTO

El coste incluye el diseño y validación detallado del método y su automatización en JIRA.

4.4.1.5 Eliminar valores por defecto en la creación de tickets

Se observa que un **35% de las incidencias tienen valores atípicos en el tiempo de resolución**, siendo este superior a 10 días. Tras el estudio de estos casos, se percibe que es debido a que se han clasificado peticiones de cambio como incidencias.

La causa origen es debida a que la herramienta JIRA al crear un ticket lo califica por defecto como incidencia, y el peticionario no lo cambia.

Asimismo, todos los tickets vienen marcados con prioridad media. Esto hace que no se disponga de ningún criterio en la asignación de tickets. El motivo principal es que el JIRA del proyecto está configurado para marcar los nuevos tickets por defecto con prioridad media y el peticionario no lo cambia.

Se propone que JIRA no proponga valores por defecto obligando a la persona que crea un ticket a rellenarlos.

COSTE: BAJO

IMPACTO: MEDIO

Una buena categorización de los tickets ayuda a la toma de decisiones en la asignación y priorización de los tickets.

4.4.1.6 Descomponer las peticiones en tareas más pequeñas

Dado que la desviación depende del tamaño de la tarea se propone acotar las peticiones a un **máximo de 2 semanas de duración**. Para ello, si es necesario se descompondrán las peticiones en tareas más pequeñas, de un máximo de 2 semanas de duración con valor para el usuario.

Asimismo, y en caso de ser posible se romperán las peticiones intentando que cada petición incida sobre el mínimo número de elementos posibles, dado que esta es una de las variables que mayor impacto tienen en la desviación.

COSTE: BAJO

BENEFICIO: MEDIO

El coste se cuantifica en base a la comunicación y formación a los product owner de cómo partir peticiones de forma que tengan valor.

4.4.2 Priorización de mejoras

En esta fase se priorizan la implantación de las mejoras al proceso de desarrollo y soporte de software.

Las oportunidades de mejoras se posicionan en la matriz coste beneficio representada a continuación para establecer la selección y priorización en su implantación:

		BENEFICIO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
COSTE	BAJO	MEDIA	ALTA	ALTA
	MEDIO	BAJA	MEDIA	ALTA
	ALTO	BAJA	BAJA	MEDIA

Figura 29. Matriz coste beneficio

Esta matriz permite en función del coste de implantación de la mejora y el impacto en la resolución del problema seleccionar y priorizar las mejoras a implantar.

Para este proyecto se propone llevar a cabo las de prioridad alta.

MEJORA	COSTE	IMPACTO	PRIORIDAD
Establecer dos niveles de soporte	MEDIO	ALTO	ALTA
Crear el rol “responsable de calidad	BAJO	ALTO	ALTA
Establecer método para la estimación de tiempos	MEDIO	ALTO	ALTA
Capacitar a los profesionales	MEDIO	ALTO	ALTA
Eliminar valores por defecto en la creación de tickets	BAJO	MEDIO	ALTA
Descomponer las peticiones en tareas más pequeñas	BAJO	MEDIO	ALTA

Tabla 6. Priorización de las mejoras

4.5 Control del problema

En esta fase, se establecen mecanismos y controles que aseguren que las mejoras son sostenibles en el tiempo.

Se propone la implantación de los siguientes **mecanismos de control**:

- **Plan de comunicación**
- **Procedimiento y guías de trabajo**
- **Cuadro de mando para medir el rendimiento del servicio**
- **Plan de incorporación de los profesionales**

A continuación, se detallan cada uno de ellos:

4.5.1 Plan de comunicación

Se propone establecer y desplegar un plan de comunicación para los cambios en el servicio de mantenimiento y soporte de software, de forma que la transición sea fluida.

El objetivo del plan es informar al equipo sobre los cambios en la estructura de trabajo como la implementación de un sistema de soporte a dos niveles, la creación del nuevo rol de "responsable de calidad", las nuevas formas de estimar las peticiones, la formación que se va a impartir,

Se dirigirá a todas las partes interesadas, tanto del cliente ENER como del servicio TEKCON, es decir a product owners, usuarios del aplicativo, analistas y desarrolladores.

Los mensajes claves a comunicar son:

- Nuevo modelo de soporte a 2 niveles. Explicación de cómo se organiza y su aficción a la dinámica de trabajo
- Nuevo rol de "responsable de calidad". Comunicación de su responsabilidad de la realización de las pruebas en el entorno de preproducción y la gestión de calidad del software entregado
- Planes de formación. Anuncio de los programas de capacitación para todos los miembros del equipo.
- Impacto en las responsabilidades: Se clarificarán como cambiarán las responsabilidades y las expectativas en relación con los nuevos procesos y roles

Los canales empleados propuestos son el correo electrónico, reuniones por teams para atender las dudas y reuniones presenciales dentro de los subequipos.

4.5.2 Procedimientos y guías de trabajo

Se propone mantener documentación actualizada y accesible para todo el equipo, incluyendo guías para la solución de problemas comunes, bases de conocimiento, y procedimientos para actualizaciones y parches. Esta documentación facilita que el equipo de trabajo resuelva con mayor rapidez las peticiones e incidencias, además de asegurar que el trabajo se realice de forma homogénea y con el nivel de calidad establecido (generación de evidencias como planes de prueba, etc).

También se propone establecer guías para la solución de problemas comunes y lecciones aprendidas.

Los procedimientos mínimos por desarrollar son:

- Procedimiento de gestión de peticiones e gestión de incidencias.
- Procedimiento de gestión de cambios para asegurar que los cambios en el software se hagan sin riesgo manteniendo la estabilidad del sistema
- Procedimiento de desarrollo seguro de software
- Procedimiento de pruebas y validación, que incluya la planificación de las pruebas, su ejecución, los informes del resultado de las pruebas a generar, gestión de errores y aceptación del software.
- Procedimiento de puesta en producción. Incluirá restricciones de pases a producción en viernes, ...

Los procedimientos incluirán plantillas con la información necesaria mínima para dejar evidencia de su cumplimiento. Un ejemplo de esto son las plantillas de la planificación de las pruebas y de su resultado.

Estos procedimientos deben ser revisados periódicamente para asegurar que se adaptan a los cambios.

4.5.3 Cuadro de mando para medir el rendimiento del servicio

Se propone establecer en un cuadro de mando que incluya KPI y métricas que proporcionen una visión integral del servicio y faciliten la toma de decisiones y la anticipación de problemas.

Dado que toda la información está disponible en JIRA es sencilla la implantación de este cuadro de mando, que además va a permitir profundizar en los indicadores hasta encontrar el ticket que puede estar generando las anomalías.

A continuación, se presenta la propuesta de indicadores principales a incluir:

Estado general del servicio:

- Nº total de tickets por estado (abiertos, resueltos, en espera, escalados)
- Promedio de tiempo de resolución (total, por prioridad y por nivel de servicio)
- Nº de peticiones de cambio, mejoras y parametrizaciones
- Errores de software: nº incidencias categorizadas por motivo
- Desviación del tiempo de resolución frente al estimado

Cumplimiento del nivel de servicio (ANS) y satisfacción del cliente

- % cumplimiento del ANS (% de tickets resueltos en el tiempo estimado, es decir con desviación menor al 10%, objetivo de este TFG)
- Calificación de satisfacción del cliente basado en valoración post-resolución de cada ticket. (automatizado en JIRA)
- % de valoración por el usuario final al final del proceso de soporte
- Nº de tickets reabiertos para conocer cuántos tickets fueron reabiertos porque la solución no fue satisfactoria

Recursos y capacidad

- Nº desarrolladores disponibles por nivel y módulo
- Número promedio de tickets que cada técnico tiene asignadas en un periodo determinado. Este indicador ayudará en la asignación de tickets
- Horas de formación promedio recibidas por los técnicos
- Técnicos que no han recibido formación en el último año

Es fundamental disponer de alertas en cada kpi y establecer las acciones a llevar a cabo en caso de superarse, así como planificar reuniones periódicas de seguimiento de los indicadores para identificar áreas de mejora.

4.5.4 Plan de formación

El objetivo del plan de formación es que los profesionales que se incorporan al servicio entiendan tanto las tecnologías y herramientas utilizadas por el servicio como los procesos y mejores prácticas que garanticen un soporte eficiente, la resolución de peticiones rápida y la realización de mejoras continuas en el software.

A continuación, se propone un plan de formación de una semana para las nuevas incorporaciones al servicio de mantenimiento y soporte de software. El detalle del plan de incorporación se incluye como **anexo**. A cada profesional se le asignará un tutor que garantice el buen aprovechamiento de la formación recibida.

PLAN DE INCORPORACIÓN PROYECTO "Servicio de soporte y mantenimiento de la aplicación Gestión de la Energía Integrado"					
Fase / Acciones	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1. Introducción al entorno de trabajo: Conocer la estructura del servicio y comprender los procedimientos internos y herramientas utilizadas					
2. Capacitación técnica sobre el software: Entender la arquitectura la arquitectura y el funcionamiento del aplicativo (GEI) que se soporta y mantiene, y familiarizarse con las tecnologías subyacentes del sistema.					
3. Capacitación en mantenimiento y resolución de incidencias: Adquirir habilidades para identificar y solucionar incidencias comunes y conocer los procedimientos de escalado y cómo realizar seguimiento de los tickets.					
4. Introducción a DevOps y CI/CD: Comprender el enfoque DevOps para la integración y entrega continua y familiarizarse con los procesos de automatización y despliegue en el ciclo de vida del software.					
5. Gestión de la calidad: Fomentar una mentalidad de mejora continua en el servicio de soporte y mantenimiento y asegurar que los nuevos desarrolladores comprendan la importancia de la calidad del código y la documentación.					

Figura 30. Plan de incorporación

El plan de formación incorpora las siguientes líneas de formación:

Introducción al entorno de trabajo

Objetivo: Conocer la estructura del servicio y comprender los procedimientos internos y herramientas utilizadas

Capacitación técnica sobre el software (semana 2)

Objetivo: Entender la arquitectura la arquitectura y el funcionamiento del aplicativo (GEI) que se soporta y mantiene, y familiarizarse con las tecnologías subyacentes del sistema.

Capacitación en mantenimiento y resolución de incidencias (Semana 3)

Objetivo: Adquirir habilidades para identificar y solucionar incidencias comunes y conocer los procedimientos de escalado y cómo realizar seguimiento de los tickets.

Introducción a DevOps y CI/CD (Semana 4)

Objetivo: Comprender el enfoque DevOps para la integración y entrega continua y familiarizarse con los procesos de automatización y despliegue en el ciclo de vida del software.

Gestión de la calidad y mejora continua (Semana 4)

Objetivo: Fomentar una mentalidad de mejora continua en el servicio de soporte y mantenimiento y asegurar que los nuevos desarrolladores comprendan la importancia de la calidad del código y la documentación.

Capítulo 5. PLAN DE IMPLANTACIÓN Y PRESUPUESTO

5.1 Cronograma

En la siguiente figura, se muestra el calendario del proyecto de mejora del servicio de mantenimiento y soporte del aplicativo GEI.

CRONOGRAMA TFG									
Fase/Acciones	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25	feb-25	mar-25	abr-25	may-25
Preparación y lanzamiento del proyecto de mejora									
Marco teórico DMAIC y análisis estadístico									
Fase 1: Definir									
Fase 2: Medir									
Fase 3: Analizar									
Fase 4: Mejorar									
Fase 5: Control									
Presentación de conclusiones del proyecto de mejora									
Implantación de mejoras									
Establecer y desplegar plan de comunicación de mejoras a implantar									
Cambios en las herramientas (JIRA,...) para adaptarlas a los nuevos requerimientos (nuevos campos de entrada, nuevo método de estimación y cambios en la estructura de funcionamiento (NIVEL 1 y 2 de soporte)									
Generación de guías y procedimientos									
Formación al personal									
Creación de dashboard									

Figura 31. Cronograma del proyecto

En el **anexo** se puede visualizar el **cronograma completo** con el detalle de las tareas incluidas en cada línea.

Tras los 6 meses dedicados al proyecto de mejora, la implantación de las mismas requiere un plazo de 3 meses, por lo que, de iniciar su implantación en marzo 2025, ya empezarían a verse reflejadas las mejoras en los resultados económicos en junio de 2025.

5.2 Presupuesto

El Presupuesto con la evaluación económica total del proyecto se incluye en este capítulo. Incluye tanto los gastos del desarrollo del proyecto de mejora del servicio como los costes de la implantación de las mejoras y los controles para asegurar que se mantienen en el tiempo. Como se puede ver, la suma total tiene un valor de **31.000 €** (IVA incluido)

PRESUPUESTO TRABAJO de Optimización del servicio de mantenimiento y soporte de SW

Categoría	Gasto	Jornadas	Tarifa media (€/jornada)	Importe
Consultoría	Proyecto de mejora del servicio de mantenimiento y soporte	60	50	3.000
	Auditoría externa	3	800	2.400
Tecnología y herramientas	Diseño y desarrollo dashboard en JIRA-EazyBI	10	400	4.000
	Configuración de JIRA a los nuevos requerimientos; - método de estimación de tiempos, - eliminar valores por defecto y - adaptar flujo a la estructura por niveles de soporte	15	200	3.000
	LICENCIA MINITAB anual			250
	ARIS			-
Formación y capacitación	Adquisición de libros (“Lean Six Sigma Pocket Tool Book”, ..)			150
	Adquisición y creación de material didáctico, como manuales, guías, y recursos interactivos para la formación			1.000
	Formadores (se suponen 2 sesiones de una semana cada una)	20	400	8.000
Comunicación y gestión del cambio	Diseño y despliegue del plan de comunicación	5	400	2.000
Personas	Establecer procedimientos y guías	8	400	3.200
	Participación de personal interno (jefe de proyecto, analistas, ...) en la aportación de información, datos, ...	10	400	4.000
				31.000 €

Figura 32. Presupuesto del proyecto de mejora del servicio

El presupuesto incluye los costes en 5 categorías:

Personal

Costos de personal: se incluyen los salarios o tarifas de los empleados involucrados en el proyecto y en la implantación de las mejoras. En el caso de estudio incluye las horas dedicadas del jefe de proyecto y de otros profesionales que han participada en la obtención de datos, lluvias de ideas para la detección de mejoras, etc.

Tecnología y Herramientas

Licencias de software y mantenimiento y adquisición de software: En esta categoría se incluye la **licencia de minitab** por el uso que se ha hecho para el proyecto, el desarrollo de los **cuadros de mando** en JIRA EazyBI y el coste de adaptar la **configuración de JIRA** a los nuevos requerimientos. NO se incluye el coste de **ARIS** dado que es una herramienta disponible en ENER que no ha supuesto un coste adicional

Consultoría

Consultoría técnica o asesoramiento especializado. En esta categoría se incluye el coste de la realización del proyecto de mejora, que fundamentalmente es el coste de mi trabajo realizado como parte de las prácticas desarrolladas en TEKCON. Se cuantifica como mi retribución durante los tres meses de duración del proyecto

Servicios de auditoría: Se valora la realización de 1 auditoria anual por una empresa externas para evaluar el servicio de mantenimiento y soporte y asegurar que las mejoras implementadas han cumplido con las expectativas.

Comunicación y Gestión del Cambio

Se incluyen todos los costos relacionados con la creación de materiales informativos como correos electrónicos, presentaciones, manuales, y otros recursos para desplegar el plan de comunicación, así como las campañas de sensibilización (reuniones informativas, ...) para preparar a los empleados para el cambio,

Formación y Capacitación

Se incluyen la adquisición de libros para la realización del proyecto (“Lean Six Sigma Pocket Tool Book”, ...) y la adquisición y creación del material didáctico como manuales, guías, y recursos interactivos para la formación. Las salas no se consideran por utilizarse las salas disponibles de la empresa. Asimismo, se incluyen las horas de los formadores

Rentabilidad económica. Flujo de caja

Si se compara el coste de implementar las mejoras al proyecto con los ahorros que se estima va a ahorrar TEKCON en un año al reducir las desviaciones de los tiempos de resolución sobre la estimación, se observa que la rentabilidad de la implantación es muy alta.

La siguiente tabla muestra el flujo de caja del proyecto por trimestres. Como se puede ver, la inversión económica para la implantación de las mejoras se propone para el segundo trimestre del año 2025 y ya quedará recuperada durante el tercer trimestre del mismo año.

Como consecuencia de la implantación de las mejoras propuestas, las pérdidas económicas de la consultora TEKCON se van a reducir en 216.000€ y, dado que la inversión económica del proyecto de mejora incluyendo la implantación de las mejoras y los controles recomendados es de 31.000€, queda que el **resultado neto del proyecto es de 185.000€**

	Q2-25	Q3-25	Q4-25	Q1-26	Q2-26	Total
1. Gastos	31.000					31.000
2. Ahorros		54.000	54.000	54.000	54.000	216.000
Resultado neto	-31.000	54.000	54.000	54.000	54.000	185.000

Figura 33. Flujo de caja

Debido a que los costos de implementación y los beneficios esperados son fácilmente comparables y se miden en el periodo de un año, no se considera necesario realizar un análisis detallado de flujos de caja. En este caso, basta con una evaluación simple de los costos totales frente a los ahorros o ingresos generados.

Para el cálculo de los ahorros se ha supuesto el coste del desvío que se produjo en octubre de 2024 (18.000€) y se ha proyectado a un año alcanzando el valor de 216.000€

Capítulo 6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El principal **objetivo del proyecto** ha sido proponer mejoras para reducir hasta el 10% la desviación del tiempo de resolución de las peticiones de cambio de software frente al tiempo estimado. Previa a la realización del proyecto, el equipo no tenía conocimiento de las causas que estaban originando el incremento constante de las desviaciones. La aplicación de una **metodología estructurada DMAIC**, así como el uso de las mejores prácticas en gestión del software (**metodologías ágiles y enfoques como ITIL** han permitido la identificación de soluciones de alto impacto y moderado coste que permiten a la empresa TEKCON contener el coste del proyecto y aumentar la satisfacción de su cliente ENER.

6.1 Conclusiones

Con la metodología DMAIC se ha logrado afrontar el problema de forma estructurada y robusta. Los pasos definidos en la metodología y las herramientas utilizadas han facilitado abordar el problema e identificar mejoras a implantar con rigor y sin riesgos.

La **fase de Definir** fue clave para centrar el problema y definir con claridad la meta a alcanzar, reducir la desviación del tiempo de respuesta de las peticiones de cambio de software respecto al estimado a un máximo del 10%. Se acotó el alcance del proceso a través del SIPOC y se trabajó en comprenderlo en detalle a través de reuniones con el jefe de proyecto. Se representó gráficamente el flujo del proceso. En esta etapa ya se vislumbraron algunas oportunidades de mejora sobre todo orientadas a la necesidad de mejorar la calidad del software para evitar incidencias posteriores que requieren la atención de los desarrolladores perdiendo el foco en la atención a las peticiones de cambio.

En la **fase de Medir** se trabajó en la búsqueda de los datos disponibles. La utilización de JIRA como herramienta para la gestión de las peticiones facilitó su obtención. No obstante, hubo que hacer un trabajo adicional para obtener las horas de formación de los desarrolladores, y obtener datos mas específicos sobre las peticiones como el número de elementos utilizados a partir de la descripción. En todo momento, el equipo de trabajo colaboró en su obtención.

Tras el análisis exploratorio de los datos se realiza el análisis de causas en **la fase de Analizar** apoyándose en el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 whys, y posteriormente se contrastan las hipótesis para dar rigor a la dependencia de las variables identificadas como relevantes en la variación de la desviación del tiempo de resolución de las peticiones frente al tiempo estimado.

Con toda la información analizada y estudiando las mejores prácticas en los procesos de gestión de mantenimiento y soporte de software en la **fase de Medir** se proponen y priorizan en base a su coste beneficio mejoras para reducir la

desviación. Las mejoras propuestas van desde sistematizar el método de cálculo para estimar el tiempo de resolución de peticiones, estructurar el servicio en 2 niveles para que las peticiones se atiendan por el profesional con el conocimiento y experiencia adecuado, la creación de la figura del responsable de calidad hasta impartir formación estructurada a los profesionales.

En la **fase de Control** se han propuesto mecanismos y controles que aseguren que las mejoras son sostenibles en el tiempo. En concreto, se han propuesto un plan de comunicación y formación que facilite la aceptación y adopción de los cambios, el desarrollo de procedimientos que estandarizan y guían a los profesionales y cuadros de mando que permita el seguimiento del servicio y la anticipación de los problemas.

En cuanto a la **rentabilidad del proyecto se considera muy alta**, dado el bajo coste de implantación de las mejoras frente al alto coste que reduce.

Ha sido clave para el proyecto contar con la ayuda del jefe de proyecto de TEKCON para definir con claridad el problema a resolver y los límites del proceso en el que se producía, así como para obtener los datos que han permitido tratar el problema de una forma riguroso con análisis estadístico.

Asimismo, el **apoyo de la tutora del TFG** asesorando y validando los resultados han sido imprescindible para abordar el proyecto Toda la documentación presentada en este informe le ha sido presentada en reuniones. El seguimiento del avance fue constante.

Para concluir, quiero destacar lo **enriquecedor de este proyecto para mí**. Me ha servido para profundizar en la **mejora de procesos**, recordar y aplicar mis **conocimientos de estadística** a un caso real, y conocer de forma general el ciclo de vida del **software y su gestión**, contextualizando las prácticas que estoy desarrollando en una consultora de software.

6.2 Futuras líneas de trabajo

Como **próximos pasos** se propone la implantación de las mejoras propuestas como prioritarias y establecer los mecanismos de control para que los resultados conseguidos se mantengan en el tiempo. Una vez finalizada la implantación de las mejoras se sugiere medir la desviación y verificar la efectividad de las mejoras implantadas ha logrado disminuir la desviación por debajo del 10%.

Por otra parte, se recomienda hacer un **estudio de capacidad** del equipo para comprobar si es necesario incrementar el número de personas. Además, se recomienda poner foco en el **tiempo de resolución de incidencias**. Para ello, se recomienda aplicar DMAIC para conseguir la meta de que no supere los 2 días establecidos en el contrato.

Por último, se sugiere aplicar la **minería de procesos** al proceso de “gestión del mantenimiento y soporte del software” con el fin analizarlo con mayor profundidad y con un enfoque mayor a las incidencias que se están generando.

Esta técnica es posible para este proceso puesto que en JIRA se dispone del log de todos los eventos por los que pasa un ticket lo que permite combinar el análisis de procesos con la ciencia de datos-

6.3 Lecciones aprendidas

Quiero destacar las lecciones aprendidas con la realización de este trabajo de fin de grado:

- La **potencia de DMAIC** y el **análisis estadístico** en la resolución de problemas cuando se dispone de datos. La importancia de realizar la toma de decisiones basada en datos y no en intuición.
- La importancia de tener el **problema perfectamente definido** antes de abordar las oportunidades de mejora. Es fundamental entender el problema, fijar una meta acorde con las expectativas de las partes interesadas, y definir con claridad el alcance del proceso a estudiar. Es necesario invertir el tiempo suficiente a esta fase.
- Gracias a que las peticiones estaban registradas en una **herramienta** como **JIRA** facilitó mucho la recolección de datos y por tanto la fase de MEDIR.
- Disponer de una variable que siga una **distribución normal** simplifica el análisis estadístico y aporta resultados precisos, pero cuando no es posible la normalización como en el caso de la variable objeto de este estudio (la desviación del tiempo de resolución en porcentaje) existen otros tipos de pruebas (no paramétricas) que también ofrecen información relevante.
- En la búsqueda de mejoras, **la lluvia de ideas** me pareció una herramienta muy potente para ayudar a aflorar ideas creativas de todos los participantes. En la selección de las mejoras resultó muy útil la aplicación de dos ideas: “la simplificación para conseguir agilidad” y “que los árboles no impidan ver el bosque”.
- La importancia de la **fase de control** para disponer de herramientas que aseguran que los beneficios obtenidos perduran en el tiempo, así como la importancia de la mejora continua. Una vez finalizado el trabajo se ven nuevas líneas de trabajo para seguir optimizando el proceso de mantenimiento y soporte de software.
- Contar con personas con **experiencia** en la aplicación de DMAIC, como el caso de mi tutora en este TFG, es de gran ayuda para el desarrollo de este tipo de proyectos, sobre todo en el enfoque, en la selección de herramientas a utilizar.

ANEXOS

Anexo: Coste de los retrasos en el servicio de mantenimiento y soporte

Este anexo incluye la evolución mensual del coste económico del servicio de mantenimiento y soporte motivado por la desviación de los tiempos estimados respecto a los reales tanto de las peticiones como de las incidencias.



Figura 34. Evolución del coste de las desviaciones de los tiempos de resolución frente al estimado (€)

Como se puede observar las pérdidas mensuales superan los 50.000€ mensuales, llegando a un máximo en octubre de 100.000€, suponiendo una tarifa media de 200€ jornada.

El cálculo se ha realizado en base a la diferencia entre tiempo de resolución de los trabajos y el tiempo estimado en días multiplicado por 200€/día.

Para las peticiones y desvíos inferiores al 10% se considera coste 0 pues la penalización se aplica a partir del 10% del desvío. Para las incidencias se considera el tiempo estimado = 2 días, que es la valoración que se hizo para ofertar el servicio y para garantizar su rentabilidad

Anexo: Estudios de normalidad de las variables que componen la desviación en porcentaje

Aplicación de Anderson Darling al tiempo de resolución

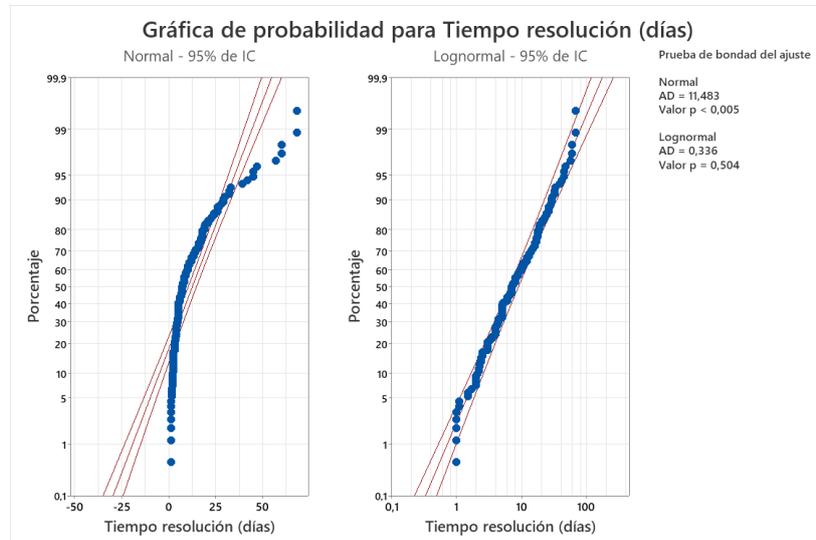


Figura 35. Prueba de distribución de Anderson Darling al tiempo de resolución

Se acepta la H_0 , concluyendo que el **tiempo de resolución** sigue una distribución **log normal** pues el valor de $p = 0,504 > 0,05$.

Aplicación de Anderson Darling al tiempo estimado

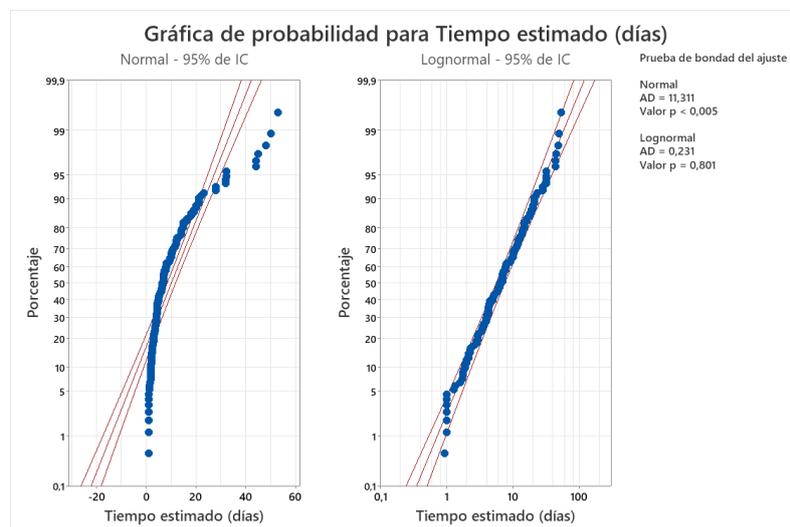


Figura 36. Prueba de distribución de Anderson Darling al tiempo estimado

Se acepta la H_0 , concluyendo que el **tiempo estimado** sigue una distribución **log normal** pues el valor de $p = 0,801 > 0,05$.

Anexo: Plan de incorporación al servicio

PLAN DE INCORPORACIÓN PROYECTO "Servicio de soporte y mantenimiento de la aplicación Gestión de la Energía Integrado"					
Fase / Acciones	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1. Introducción al entorno de trabajo: Conocer la estructura del servicio y comprender los procedimientos internos y herramientas utilizadas <ul style="list-style-type: none"> - Presentación de la empresa y el equipo - Estructura del servicio de mantenimiento y soporte (niveles de soporte, procedimientos de escalado, valoración de tiempos de respuesta) - Herramientas y tecnologías (JIRA, herramientas de control de versiones, plataformas de CI/CD/Jenkins, GitLab) 					
2. Capacitación técnica sobre el software: Entender la arquitectura y el funcionamiento del aplicativo (GE) que se soporta y mantiene, y familiarizarse con las tecnologías subyacentes del sistema. <ul style="list-style-type: none"> - Arquitectura del software: Descripción de los componentes del software (backend, frontend, bases de datos, APIs, etc.) y su flujo de trabajo. - Lenguajes y tecnologías: Tecnologías específicas utilizadas (Java, Python, .NET, JavaScript, bases de datos SQL/NoSQL, etc.). Capacitación en las herramientas y frameworks más relevantes en el entorno (Spring, React, Django, etc.) - Control de versiones: Uso de Git y prácticas recomendadas (branching, merges, pull requests). - Entorno de desarrollo: Configurar entornos, acceso a repositorios, herramientas de debugging, y plataformas de despliegue. - Prácticas de desarrollo ágil: trabajo bajo metodologías Scrum o Kanban. Priorización de tickets, criterios de aceptación, sprints, ... 					
3. Capacitación en mantenimiento y resolución de incidencias: Adquirir habilidades para identificar y solucionar incidencias comunes y conocer los procedimientos de escalado y cómo realizar seguimiento de los tickets. <ul style="list-style-type: none"> - Gestión de incidencias: Qué es un ticket, cómo clasificarlo (priorización), cómo documentarlo y cómo realizar el seguimiento. - Técnicas de resolución de problemas: Estrategias de depuración y análisis de logs, uso de herramientas de monitoreo (Prometheus, Grafana, etc.) y manejo de bases de datos para encontrar errores. - Soporte: Cómo escalar un problema y cómo colaborar en la resolución de incidentes más complejos. - Mejoras y parches: Cómo implementar parches de mantenimiento y actualizaciones. Mejores prácticas en el manejo de versiones y despliegue de parches sin interrumpir el servicio. 					
4. Introducción a DevOps y CI/CD: Comprender el enfoque DevOps para la integración y entrega continua y familiarizarse con los procesos de automatización y despliegue en el ciclo de vida del software. <ul style="list-style-type: none"> - Conceptos de DevOps: Qué es DevOps, sus principios y cómo se integra en el ciclo de vida del software. Colaboración entre equipos de desarrollo y operaciones. - Automatización de pruebas y despliegues: Uso de herramientas de integración continua (Jenkins, GitLab ..) y prácticas de despliegue continuo. - Contenedores y virtualización: Introducción a Docker y Kubernetes para despliegues y gestión de entornos escalables. - Monitoreo y gestión de la infraestructura: Herramientas como Prometheus y Grafana para monitorear aplicaciones en producción, y cómo usarlas para identificar problemas. 					
5. Gestión de la calidad: Fomentar una mentalidad de mejora continua en el servicio de soporte y mantenimiento y asegurar que los nuevos desarrolladores comprendan la importancia de la calidad de la documentación. <ul style="list-style-type: none"> - Code Reviews y estándares de codificación: Importancia de las revisiones de código para mantener la calidad y evitar errores. Estándares de codificación, buenas prácticas y patrones de diseño. - Pruebas automatizadas: Técnicas de pruebas automatizadas (unitarias, de integración, de aceptación), herramientas como JUnit, etc - Retroalimentación y mejora continua: Cómo recibir y dar retroalimentación constructiva, y cómo aplicar lecciones aprendidas. - Análisis post-incidente: Procesos para realizar análisis de causa raíz y aplicar mejoras para evitar la recurrencia de incidentes 					

Figura 37. Plan de incorporación al servicio

Anexo: Cronograma detallado

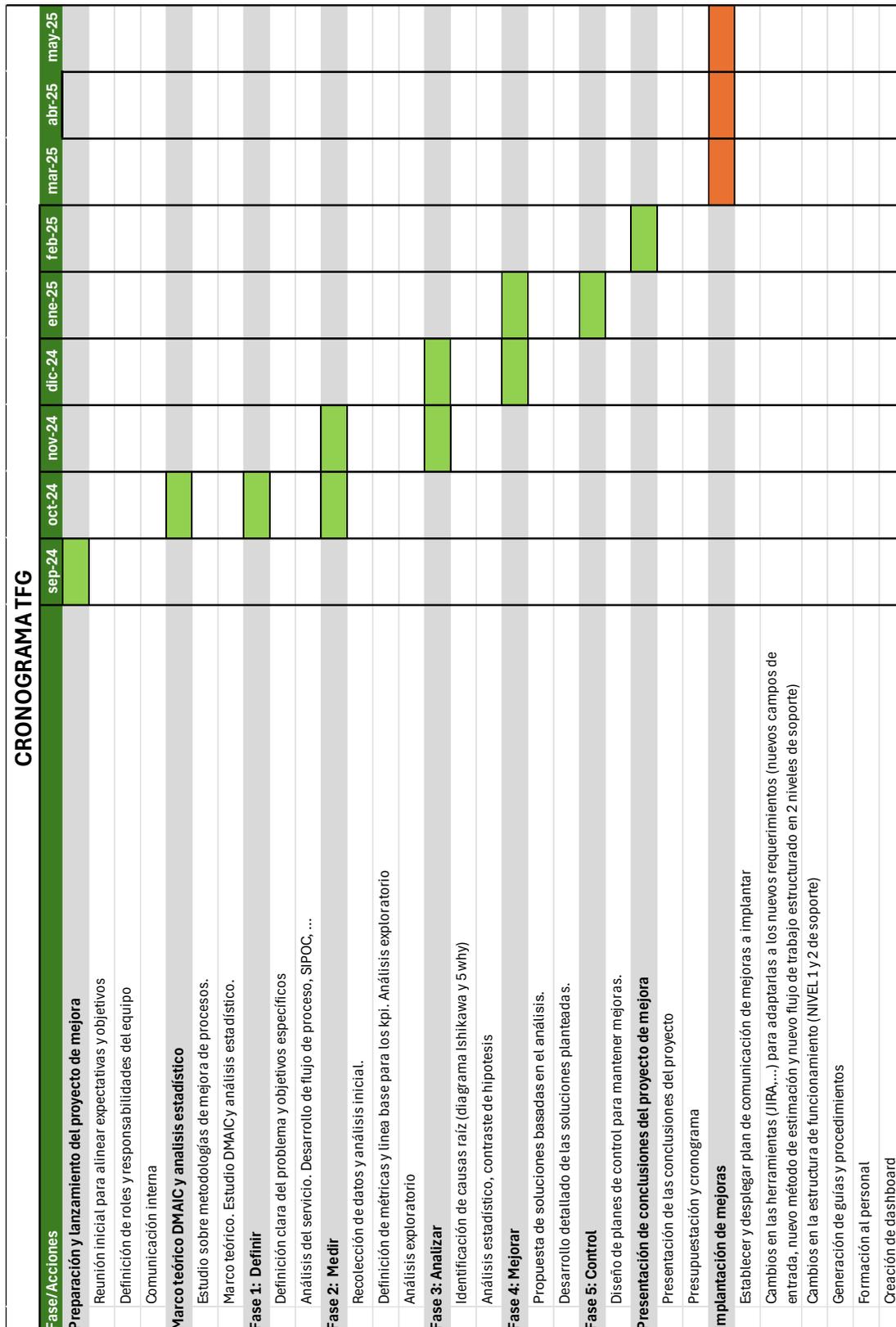


Figura 38. Cronograma del proyecto

BIBLIOGRAFÍA

Atlassian. (2024). *.atlassian.com*. Obtenido de agile:
<https://www.atlassian.com/agile>

Atlassian. (2024). *atlassian.com*. Obtenido de whitepapers/itil4:
<https://www.atlassian.com/whitepapers/itil4>

DATAtab. (2025). Obtenido de datatab.es: <https://datatab.es/tutorial/kruskal-wallis-test>

DATAtab. (2025). Obtenido de /datatab.es: <https://datatab.es/tutorial/spearman-correlation>

HubSpot. (2021). *blog.hubspot.es*. Obtenido de blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

iSixSigma. (s.f.). *iSixSigma*. Obtenido de DMAIC: A comprehensive guide to the six sigma methodology. iSixSigma. : <https://www.isixsigma.com/?s=dmaic>

lean, P. (2015). *progressalean.com*. Obtenido de 5 porqués: Análisis de la causa raíz de los problemas: <https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>

Michael L.George, D. R. (2004). *“Lean six sigma pocket toolbox”*. McGrawHill.

Minitab. (2024). Obtenido de support.minitab.com:
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/the-anderson-darling-statistic/>

Shore, L. (s.f.). *kanbantool.com*. Obtenido de kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-un-diagrama-sipoc: <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-un-diagrama-sipoc>

Torres, F. B. (2023). *“Estadística Empresarial en 101 ejemplos”*. EV Services.