

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

**DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA
MEJORAR EL PROCESO DE CONTROL DE FUGAS NO
VISIBLES EN SEDAPAL - DISTRITO ATE**

**PRESENTADA POR
HANS ALEXANDER ESPINO CARDENAS**

**ASESORES
AUGUSTO ERNESTO BERNUY ALVA
GENER VÍCTOR ZAMBRANO LOLI**

**TESIS
PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
COMPUTACIÓN Y SISTEMAS**

**LIMA – PERÚ
2022**



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y
SISTEMAS**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA MEJORAR
EL PROCESO DE CONTROL DE FUGAS NO VISIBLES EN
SEDAPAL - DISTRITO ATE**

TESIS

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
COMPUTACIÓN Y SISTEMAS**

PRESENTADA POR:

ESPINO CARDENAS, HANS ALEXANDER

ASESORES

DR. BERNUY ALVA, AUGUSTO ERNESTO

MAG. ZAMBRANO LOLI, GENER VÍCTOR

LIMA – PERÚ

2022

Esta tesis está dedicada a mis familiares por ser mi fortaleza y apoyo en esta nueva etapa profesional; a mi esposa y a mis hijos por ser mi motivo de superación.

Agradezco a mis asesores por compartir su experiencia profesional para el desarrollo del presente proyecto; y a mis padres por sus consejos y enseñanzas de vida.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Definición del problema	10
1.3. Formulación del problema	14
1.4. Objetivo general y específico	15
1.5. Importancia de la investigación	15
1.6. Viabilidad de la investigación	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Bases teóricas	25
2.3 Definición de términos básicos	38
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	40
3.1. Método o programa arquitectónico	40
3.2. Diseño metodológico	43
3.3 EDT	45
3.4 Cronograma	46
3.6 Desarrollo de la metodología SCRUM	76
CAPITULO IV: DESARROLLO	104
4.1 Implementar metodología SCRUM y CommonKADS	104

4.2 Diseño y desarrollo técnico	106
4.3 Arquitectura del sistema	111
4.4 Arquitectura de la plataforma web	114
4.5 Modelo de datos del sistema	119
4.6 Plan de pruebas	122
4.7 Aspectos éticos, formales y legales	124
CAPÍTULO V: RESULTADOS	126
5.1 Resultados del objetivo específico 1	126
5.2 Resultados del objetivo específico 2	131
5.3 Resultados del objetivo específico 3	145
5.4 Resultados del objetivo específico 4	152
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	169
CONCLUSIONES	175
RECOMENDACIONES	177
FUENTES DE INFORMACIÓN	179
ANEXOS	182

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ranking de agua no registrada en Europa por volumen	2
Figura 2: Ranking de agua no registrada en Europa por persona	3
Figura 3: Ranking de países con menor fuentes de agua potable.	4
Figura 4: Balance de pérdida de agua – Caso Nicaragua.	5
Figura 5: Ranking de EPS por interrupciones de servicio en el Perú.	8
Figura 6: Reporte de fugas por rotura en tuberías a nivel nacional.	12
Figura 7: Reporte de roturas y fugas en tuberías y acometidas	13
Figura 8: Elementos de la BSC	29
Figura 9: Modelo CommonKADS	30
Figura 10: Marco de trabajo de Scrum	33
Figura 11: Ubicaciones de fugas no visibles en las conexiones.	35
Figura 12: Organigrama funcional	36
Figura 13: Estructura de descomposición del trabajo – EDT	45
Figura 14: Cronograma	46
Figura 15: Proceso de autenticación e integración	53
Figura 16: Proceso de registro operativo GIS	53
Figura 17: Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas	54
Figura 18: Proceso de programación de cuadrillas por estado.	54
Figura 19: Proceso general	55
Figura 20: Diagrama de entrada y salida	76
Figura 21: Roles para la ejecución del proyecto	81
Figura 22: Formulario requerimiento	81

Figura 23: Diagrama Scrum	83
Figura 24: Diagrama de caso de uso	88
Figura 25: Diagrama AS-IS del diseño del sistema experto	90
Figura 26: Diagrama To Be del diseño del sistema experto.	90
Figura 27: Cronograma de implementación de la gestión por procesos	92
Figura 28: Calendario de recursos humanos	93
Figura 29: Formulario principal del sistema experto	106
Figura 30: Formulario seguimiento de programación	107
Figura 31: Modelo de datos para la base del conocimiento	107
Figura 32: Funciones implementadas para las reglas de conocimiento	109
Figura 33: Procedimiento de las reglas del conocimiento	110
Figura 34: Arquitectura del modelo de conocimiento (Aplicación WEB)	111
Figura 35: Arquitectura Lógica	112
Figura 36: Arquitectura física	113
Figura 37: Arquitectura de la plataforma web	114
Figura 38: Arquitectura del sistema experto	115
Figura 39: Parámetros de entradas y resultados	116
Figura 40: Base de conocimiento	116
Figura 41: Base de hechos	116
Figura 42: Motor de Inferencia	117
Figura 43: Subsistema de justificación	117
Figura 44: Interfaz del sistema experto y reglas	118
Figura 45: Modelo de seguridad y gestor de usuarios	119
Figura 46: Modelo de datos en Oracle	120
Figura 47: Formulario principal de acceso	122
Figura 48: Dashboard central de control de fugas	122
Figura 49: Formulario para la evaluación aplicando reglas	123
Figura 50: Evaluando fugas por sector y su nivel de criticidad	123
Figura 51: Programando inspección por cuadrillas	124
Figura 52: Módulo de accesos al sistema experto	128
Figura 53: Módulo principal del sistema experto	129
Figura 54: Módulo principal del sistema experto – Suministro.	130
Figura 55: Módulo principal del sistema experto – ubicación GIS	130
Figura 56: Tiempo promedio de evaluación	133

Figura 57: Tiempo promedio de asignación de la programación	133
Figura 58: Consistencia	134
Figura 59: Consistencia del indicador tiempo de programación	134
Figura 60: Módulo de evaluación para generar la programación	137
Figura 61: Criticidades de la evaluación	138
Figura 62: Registros con categorización críticos.	139
Figura 63: Registros con categorización mayores.	139
Figura 64: Registros con categorización medio.	140
Figura 65: Selección de 10 Registros con categorización.	140
Figura 66: Grabar los 10 registros con categorización	141
Figura 67: Asignación de cargas para los tiempos de programación.	141
Figura 68: Asignación de cargas para las cuadrillas.	141
Figura 69: Asignación de 2 inspecciones para un colaborador.	142
Figura 70: Backlog de inspecciones	142
Figura 71: Consolidado de tiempos promedios	144
Figura 72: Eficiencia del objetivo específico 3	146
Figura 73: Consistencia del objetivo específico 3	147
Figura 74: Selección de 20 registros de inspección del sector 1255	149
Figura 75: Registro de 20 inspecciones para la programación	149
Figura 76: Reporte de 28 registros de inspecciones	150
Figura 77: Asignación de 10 registros para el colaborador 1	150
Figura 78: Reporte de 18 inspecciones como backlog	150
Figura 79: Arquitectura lógica de saberes y conocimiento	152
Figura 80: Componentes de Oracle - Tablas	153
Figura 81: Componentes de Oracle – Procedimientos	154
Figura 82: Componentes de Oracle – Funciones por criticidad	155
Figura 83: Componentes de Oracle – Vistas materializadas	156
Figura 84: Funciones implementadas	157
Figura 85: Procedimiento de reglas	157

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Ranking del top ten de países con mayores recursos hídricos.	7
Tabla 2: Reporte del Control de fugas del centro de servicio de ATE	10
Tabla 3: Reporte del Control de fugas del centro de servicio de Breña	10
Tabla 4: Reporte del Control de fugas sede Carabayllo	11
Tabla 5: Reporte del control de fugas del centro de servicio Sur	11
Tabla 6: Servicios y materiales	18
Tabla 7: Recursos humanos	18
Tabla 8: Costo total	19
Tabla 9: Benchmarking de los antecedentes de investigación	24
Tabla 10: Roles para el proyecto	34
Tabla 11: Benchmarking de la metodología de investigación	42
Tabla 12: Evaluación de Scrum, XP y Kanban	44
Tabla 13: Reuniones de coordinación con el área de control de fugas	50
Tabla 14: Aspectos variables	51
Tabla 15: MO - Proceso de autenticación e integración	55
Tabla 16: MO - Descripción de Proceso de registro operativo GIS	56
Tabla 17: MO - Descripción de evaluación de identificación y detección	57
Tabla 18: MO - Descripción de procesos de programación	58
Tabla 19: Listados de recursos basado en el conocimiento	59
Tabla 20: Elementos documento de viabilidad	61
Tabla 21: TM1 - Obtener acceso al sistema experto	62
Tabla 22: TM2 - Proceso de registro Operativo GIS	63

Tabla 23: TM3 - Proceso de evaluación	64
Tabla 24: TM4 - Proceso de programación de cuadrillas por estado	65
Tabla 25: Ítem de conocimiento del operario	66
Tabla 26: Detalle del conocimiento del operario	67
Tabla 27: Ítem de conocimiento de supervisores	67
Tabla 28: Detalle de conocimiento de supervisores	68
Tabla 29: Elemento de conocimiento del especialista	68
Tabla 30: Detalle de conocimiento de especialista de control de fugas	69
Tabla 31: Elemento de conocimiento del proceso de incidencias	70
Tabla 32: Elemento de conocimiento del proceso de incidencias	70
Tabla 33: Ítem de conocimiento del proceso de incidencias	70
Tabla 34: Elemento de conocimiento del proceso de evaluación	71
Tabla 35: Cuello de botella del proceso de evaluación	71
Tabla 36: Elementos: del proceso de programación de cuadrillas	72
Tabla 37: Proceso de programación	72
Tabla 38: Operarios	73
Tabla 39: Supervisores	73
Tabla 40: Arquitectura física y lógica	75
Tabla 41: Plataforma de desarrollo	75
Tabla 42: Roles para la ejecución del proyecto	77
Tabla 43: Actividades y Roles para la ejecución del proyecto	80
Tabla 44: Stakeholders	82
Tabla 45: Requerimientos funcionales	84
Tabla 46: Requerimientos no funcionales	85
Tabla 47: Product backlog priorizado	86
Tabla 48: Manejo de usuarios en historia	94
Tabla 49: Caso de uso de usuario 2	96
Tabla 50: Caso de uso de usuario 3	97
Tabla 51: Caso de uso de usuario 4	98
Tabla 52: Caso de uso de usuario 5	98
Tabla 53: Sprint backlog – Sprint 1	99
Tabla 54: Sprint backlog – Sprint 2	100
Tabla 55: Sprint backlog – Sprint 3	100
Tabla 56: Sprint backlog – Sprint 4	101

Tabla 57: Sprint review del sprint 1	101
Tabla 58: Sprint review del sprint one	102
Tabla 59: Información registrada en la base del conocimiento	108
Tabla 60: Tabla de definición de las reglas	108
Tabla 61: Estadísticos descriptivos	131
Tabla 62: Data consolidada del tiempo de evaluación y programación	135
Tabla 63: Estadísticos descriptivos del objetivo específico 3	145
Tabla 64: Datos consolidados de la eficiencia de la programación	148
Tabla 65: Reglas por sector y criticidad	158
Tabla 66: Reglas de pesos por sector PSEC	159
Tabla 67: Reglas por material	162
Tabla 68: Reglas de longevidad y fugas	164
Tabla 69: Reglas por condición de redes	165
Tabla 70: Relación de discusiones, fuentes y resultados	174

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue desarrollar un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles que afectan al Centro de Servicios de Ate del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal); por ende, para cumplir con el objetivo se implementó un sistema experto basado en IA aplicando la metodología Scrum y CommonKADS para mejorar los tiempos de evaluación que permitan una eficiente programación en las atenciones destinadas al control de fugas no visibles de agua.

Los resultados obtenidos en el desarrollo del sistema experto mejoraron la precisión, confiabilidad y productividad en el seguimiento de las atenciones consolidadas; incrementaron la productividad en un 100%, este notable incremento está basado en la precisión de las ubicaciones cartográficas y la información precisa y en tiempo real mediante un Dashboard de seguimiento de las atenciones como herramienta de apoyo. Asimismo, se evidenció una evolución escalable y flexible de la arquitectura con otras áreas de la organización como los servicios de altas, actualización y bajas del área de servicios operacionales. Los resultados corroboran que todos los objetivos del proyecto fueron obtenidos con la finalidad de generar una vista geográfica para las atenciones de los colaboradores y personal del control de fugas para la interacción del sistema experto y el sistema GIS operacional, interacción

que logra recabar información en tiempo real como parte de su autoaprendizaje de las reglas del sistema.

Palabras clave: Sistema experto, fugas no visibles, CommonKADS, SCRUM y reglas del sistema.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to develop an expert system to improve the control process of non-visible leaks that affect the Ate Service Center of the Lima Drinking Water and Sewerage Service (Sedapal); Therefore, to meet the objective, an AI-based expert system was implemented applying the Scrum and CommonKADS methodology to improve evaluation times that allow efficient programming in the attentions aimed at controlling non-visible water leaks.

The results obtained in the development of the expert system improved the precision, reliability and productivity in the follow-up of the consolidated attentions; They increased productivity by 100%, this notable increase is based on the precision of the cartographic locations and the precise information and in real time through a Dashboard for follow-up of the attentions as a support tool. Likewise, a scalable and flexible evolution of the architecture was evidenced with other areas of the organization such as the registration, updating and cancellation services of the operational services area. The results corroborate that all the objectives of the project were obtained with the purpose of generating a geographical view for the attention of collaborators and leak control personnel for the interaction of the expert system and the operational GIS system, an interaction that manages to collect information in time. as part of their self-learning of the rules of the system.

NOMBRE DEL TRABAJO

Desarrollo de un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles en SEDAPAL

AUTOR

Hans Alexander Espino Cárdenas

RECUENTO DE PALABRAS

30458 Words

RECUENTO DE CARACTERES

152532 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

193 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.4MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 19, 2022 9:09 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 19, 2022 9:19 AM GMT-5

● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Biblioteca FIA

Eduardo Meza Valencia
Bibliotecólogo

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el agua se considera el nuevo activo máspreciado en el mundo. A nivel local, los gobiernos lo catalogan como un servicio indispensable para el consumo humano; por lo tanto, generar la expansión del servicio, conlleva también a tener un control de sus canales de distribución. En el mismo contexto, las fugas de agua en el contexto internacional representan un promedio exorbitante del 50% y en el contexto peruano corresponden un 35% de la eficiencia. Es decir, que la mayor parte de las ocurrencias son efectuadas por problemas en la toma de lectura de los suministros; además, por contar con equipos obsoletos y por la informalidad de las instalaciones sanitarias, que conllevan a la ineficiencia del servicio.

El uso de la inteligencia artificial es una técnica moderna, que recae en su aplicación para solucionar problemas complejos. Todo ello, se rescata como parte del interés del estudio en aplicar una metodología de desarrollo y de conocimiento que simule el conocimiento del experto del área de control, con el objetivo de plasmar su expertis en reglas de algoritmo para la correcta identificación de posibles fugas según el peso asignado. En resumen, el estudio tiene como objetivo la implementación de un sistema experto basado en inteligencia artificial que permita mejorar el control de las fugas de agua de los suministros en el distrito de Ate Vitarte. Por lo tanto, el presente estudio se compone de seis capítulos, distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo I: comprende el planteamiento del problema donde se evidenciará la problemática desde un contexto internacional, nacional y local, basada en cifras y reflexiones analíticas de las causas, y consecuencias en base a la situación, definición y formulación del problema, para luego plasmar los objetivos, importancia y viabilidad de la investigación, mediante el aporte de un diagrama de Ishikawa que definirá y contextualizará las posibles causas y consecuencias que puede generar diversos impactos en los tiempos, costos, eficiencia y disponibilidad del servicio de agua potable.

En el capítulo II: corresponde al marco teórico, que comprende desde una perspectiva de las bases teóricas y definiciones conceptuales, para luego complementar con los estudios previos a nivel internacional y nacional, por último, se definen los términos básicos representativos del estudio.

En el capítulo III: corresponde a la metodología del estudio. A nivel de científico se hará uso de una investigación con diseño experimental, que estará soportada con 2 metodologías en la construcción de la base de conocimiento (CommonKADS) y el desarrollo del aplicativo web mediante el marco de trabajo Scrum.

El capítulo IV: corresponde al desarrollo de la base de conocimiento (CommonKADS) y el desarrollo del aplicativo web mediante la metodología de SCRUM, en base a los requisitos funcionalidades, los roles, cronograma y Sprint de trabajo.

Para el capítulo V: corresponde con evidenciar los resultados utilizando la prueba piloto y mediante la estadística descriptiva; Además, en el capítulo VI se plasmó las discusiones del estudio con otros estudios similares que tuvieron resultados parecidos con los objetivos; y por último se efectuó las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En la actualidad, las compañías privadas y públicas de saneamiento vienen ofreciendo un servicio esencial para la vida. Por ello, invierten para poder llegar a todos los usuarios que más lo necesitan. Los gobiernos, lo catalogan como un servicio indispensable para el consumo humano; por lo tanto, generar la expansión del servicio, conlleva también a tener un control de sus canales de distribución. En el mismo contexto, las fugas de agua en el contexto internacional representan un promedio exorbitante del 50%, debido a diferentes factores asociados a la distribución y almacenamiento.

En México, se sumaron esfuerzos mediante estrategias de control de fugas no visibles que permitan identificar las diversas casuísticas que generan las fugas de agua y sus consecuencias (Nava y Delgado, 2018). Por lo tanto, establecer un proceso de control de fugas no

visibles es muy importante para la compañía de saneamiento. Asimismo, para Lagua (2022) y los reportes de Locken (2020) manifiestan que, el volumen de agua no registrada (facturada) en proporción a metros cúbicos anuales en Europa, representa el 45% aproximadamente. Los países que lideran las pérdidas de agua potable como parte de su infraestructura se aprecian en la figura 1.

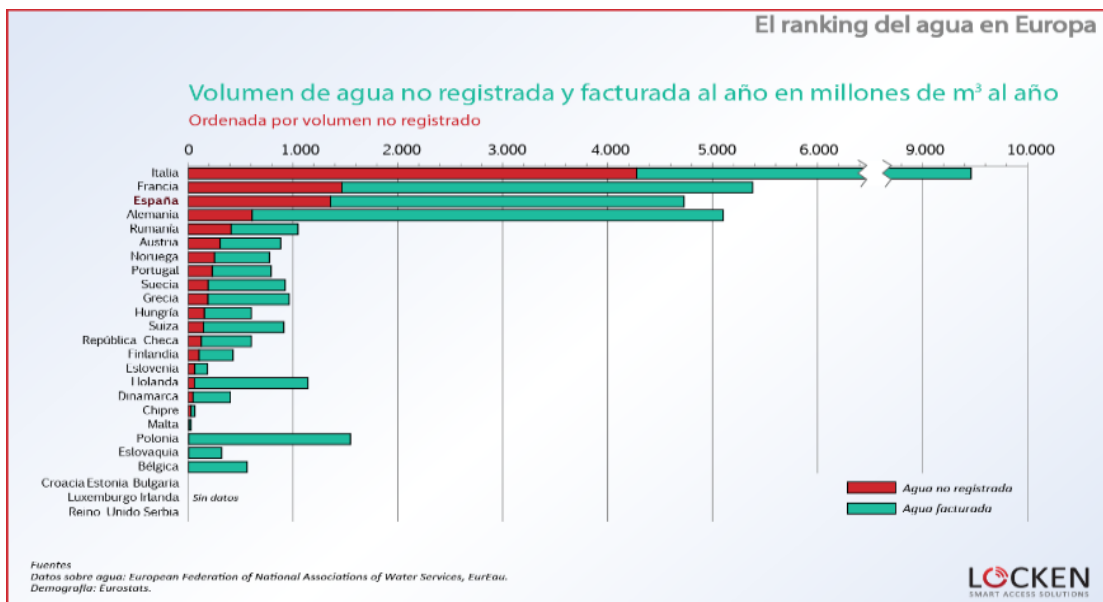


Figura 1: Ranking de agua no registrada en Europa por volumen

Fuente: Locken (2020)

Por otro lado, revisando los datos de consumo por persona en el eje de facturación consumible, y con frecuencia diaria en Europa, esta representa por Noruega, segundo lugar tenemos a Suiza e Italia en el segundo y tercer lugar. Asimismo, todo ello evidencia que el crecimiento de la población conlleva a un incremento de 4% de forma anual por cada nación, de acuerdo con la tasa población, como se visualiza en la figura 2.

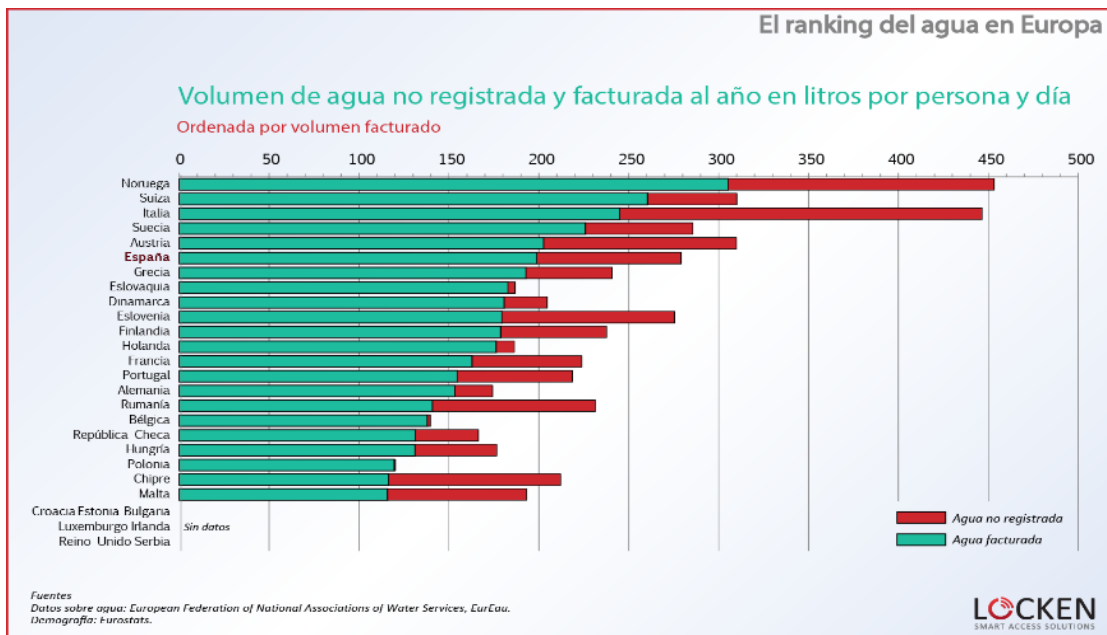


Figura 2: Ranking de agua no registrada en Europa por persona

Fuente: Locken (2020)

Según Statista (2020), en su reporte sobre el acceso al agua potable de parte de las poblaciones europeas, se obtuvo una cifra alarmante que genera preocupación a nivel mundial, debido a que las fuentes de agua dulce son forzadas o extraídas por las compañías para atender su servicio de manera informal, al tratarse de aguas subterráneas, los cuales afectan los suelos y lugares con ecosistemas vivos. Es decir, el agua no registrada por consumo por persona está siendo liderada por Papa Nueva Guinea, seguido por Angola y Mauritania, que presentan un promedio del 40% al 50% de no contar con fuentes de abastecimiento de agua (ver figura 3). Es por ello, que se recalca la importancia de controlar la pérdida de agua como premisa de las entidades.

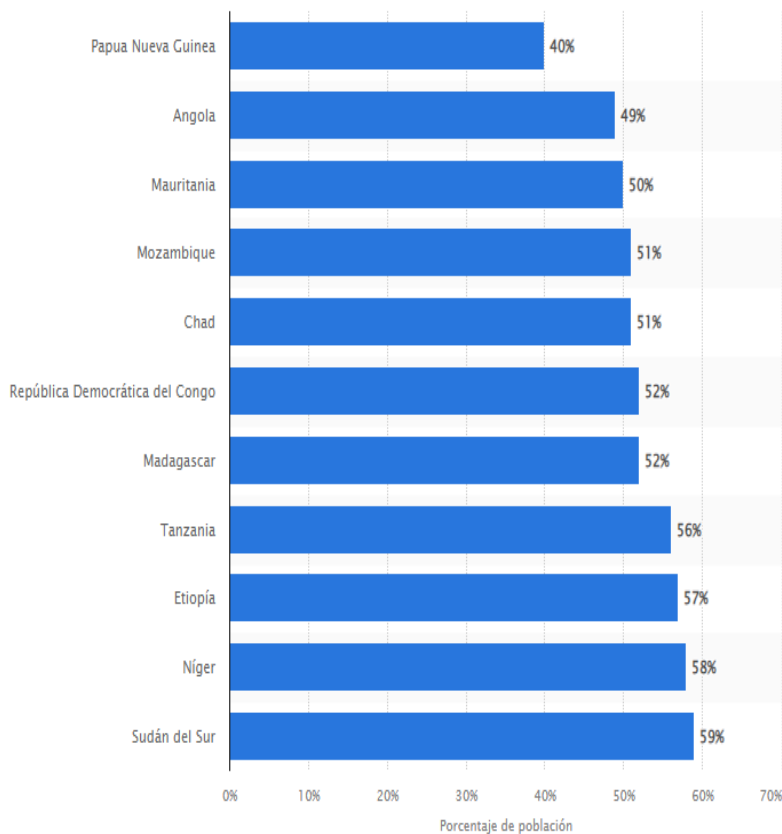


Figura 3: *Ranking de países con menor fuentes de agua potable.*

Fuente: Statista (2020)

En Luisiana, se aplicó el modelo experimental de Hele-Shaw, el cual generó una importante ayuda para controlar la producción de agua y sus fugas alternas, mediante el control dinámico de caída de presión, acompañado de un seguimiento mediante el uso de un sistema web que recopila la información para procesar los datos recopilados y mejorar la precisión (Qin et al., 2021).

En el mismo sentido, el INAA (2021) de Nicaragua, reporto que la perdida de agua genera un impacto financiero a la empresa y usuarios finales. Asimismo, las principales causas están asociadas a la fuga no visible de agua. Las falencias que ocasiona la perdida de agua están asociadas a lo siguiente: (a) fuga de agua por roturas en la red matriz de distribución; (b) agua no registrada en los micromedidores, que están compuesta por conexiones baipás que son ilegales, o robo del elemento de los hidrantes; (c) bajo nivel de reparación de fugas visibles y no visibles; y, por último, debido a los errores de mediciones comerciales. Por lo tanto, existe un balance de la perdida de agua. Ver figura 4.



Figura 4: Balance de perdida de agua – Caso Nicaragua.

Fuente: Instituto nacional de agua de abastecimiento de Nicaragua (2021)

En el mismo escenario de las entidades gubernamentales como la organización mundial de Salud, se centraliza por

fallas asociadas al diseño de ingeniería y materiales utilizados para su distribución. Ante ello, propone realizar mecanismos de control de fugas visibles y no visibles para asegurar la continuidad del servicio (OMS, 2021).

En un reporte sudafricano, se evidenció la problemática de bajo nivel de eficiencia, disponibilidad del servicio y pérdida de tiempos para identificar las fallas que generan las fugas no visibles dentro del municipio a cargo de las actividades de saneamiento. Los indicadores y mediciones de control superan el umbral del 60% del consumo total. Es decir, su eficiencia es muy baja, para el servicio que brinda. Por el cual se optó por implementar sensores de presión y un modelo de simulación DDS de predicción con el propósito de identificar anomalías para el registro, localización y detección de fugas de agua no visibles (Shabangu et al., 2020).

En el mismo contexto, en un informe llevado a cabo en Hong Kong, se evidenció la mejora en el nivel de eficiencia, mediante el uso de la tecnología de registros ruidos, sistema web de registro cartográfico de las fugas y el empleo de algoritmos ML, con el fin de identificar, registrar las fallas y con ello incrementar la eficiencia operativa (Tijani et al., 2022).

Según el diario El Comercio (2019) afirma que, existen 2 mil millones de individuos en diversas naciones con problemas de suministro de agua. Además, confirma que, en Sudamérica se concentra un 35% de los recursos hídricos renovables en el mundo. Es decir, los países

que predominan son Brasil con el primer lugar, seguido de Rusia y Estados Unidos en el tercer lugar, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1: *Ranking del top ten de países con mayores recursos hídricos*

País	Puesto
Brasil	1
Rusia	2
Estados Unidos	3
Canadá	4
China	5
Colombia	6
Indonesia	7
Perú	8
India	9
Congo	10

Fuente: El Comercio (2019)

De acuerdo, con el reporte de Sunass (2022), existen 50 empresas prestadoras del servicio de agua potable a nivel nacional, que presentan problemas asociados a pérdida del fluido de agua potable, que desencadenan diversos factores a tomar acción. Asimismo, hay que considerar que los puntos que más se adolecen, van más allá de la falta de capacidad de distribución, si no, al bajo nivel de eficiencia respecto a las fugas no visibles de agua.

Walac (2021), en su reporte sobre el ranking de interrupciones del servicio de agua potable correspondiente al 2021 a nivel nacional, presento la lista del top ten de empresas de saneamiento que

presento problemas asociados a la rotura de agua potable y fugas no visibles en las conexiones de redes primarias. La empresa chiclayana CALCA lidero un 26.18% por cada 10,000 conexiones activas, seguido de la empresa EPS Emapat y Agua tumbes, con u promedio de 19 a 23 puntos, ver la figura 5.

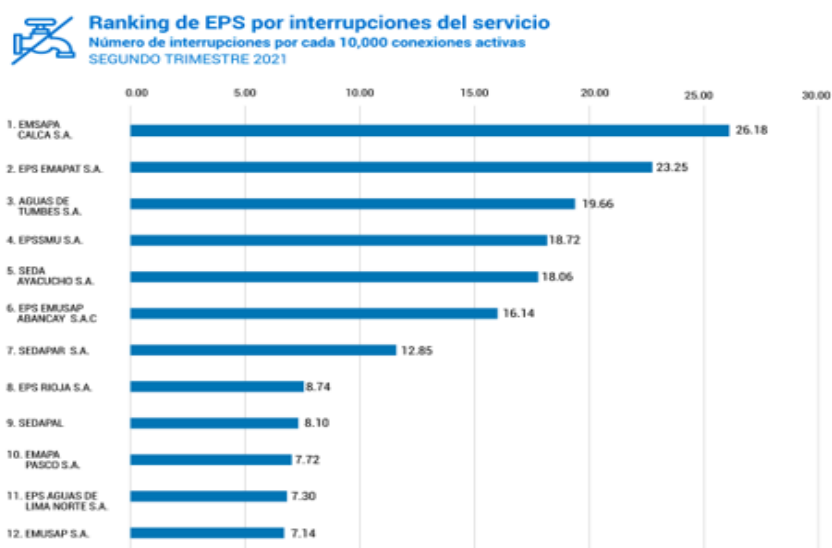


Figura 5: *Ranking de EPS por ininterrupciones de servicio en el Perú.*

Fuente: Walac (2021)

En un informe tacneño se evidencio que, con la ejecución de una aplicación móvil de registro y control de agua, además, de un sistema de evaluaciones hidráulicas para el registro de fugas no visibles, actualización cartográfica y regulación de las presiones. Todo ello favoreció a reducir las horas hombre de los trabajos antes y después de la detección de la fuga de agua potable (Avalos et al., 2021). En Lima, se aplicó la metodología ANF y SCADA, para medir la perdida de agua en los sectores 65 y 67 de SJL, el cual evidencio una alta eficiencia, efectividad en las mediciones contrastadas (Palomino, 2016).

Sedapal, es una empresa con mayor presencia a nivel nacional en el servicio de agua potable; por ello, en diciembre de 2021 reportó un total de 68,040,499.590 del volumen mensual de agua por el centro de servicio. Asimismo, como parte del equipo de trabajo, cuenta con seis unidades móviles para la detección de fugas no visibles, cuya meta mensual comprende una revisión de 250 kilómetros, para más detalle revisar el anexo 6, sobre la sectorización en Lima y Callao (Sedapal, 2018).

Para la identificación de los problemas se realizó un diagrama de Ishikawa (ver anexo 8). Los problemas presentados son: (i) contar con poco personal para el registro de las fugas en Lima y Callao; (ii) alta carga manual en las evaluaciones y programaciones diarias para las inspecciones de los registros de las fugas no visibles; (iii) falta de accesos al GIS para facilitar la ubicación de las redes agua primarias y secundarias; (iv) dificultad para llegar a los puntos de emergencia; (v) retrabajos y anulación de registros por ubicaciones falso-positivas; (vi) pérdida de tiempo en la elaboración de las evaluaciones y programaciones; (vii) duplicidad en el registro de detección y fugas en el SGIO, afectando la eficiencia y confiabilidad; (viii) no existe un punto centralizado de seguimiento de las atenciones programadas; y (ix) falta de verificación del cumplimiento del registro de 20 formularios por unidad.

1.2. Definición del problema

Revisando el reporte del equipo de control y reducción de fugas no visibles de la empresa Sedapal, se evidencio el reporte anual del 2021, filtrado por el centro de servicio, distritos, el km de revisión número de conexiones, con el fin de evidenciar las fugas detectadas y reparadas. Para el periodo del 2021 en el distrito de Ate Vitarte, se identificaron un total de 153 fugas no visibles, los cuales se llegaron a reparar un total de 90, generando una eficiencia del 59%, estando por debajo del umbral internacional y del ente regulador como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2: Reporte del Control de fugas del centro de servicio de ATE

CENTRO SERVICIO	DISTRITO	Km	Nro Conex.	FUGAS DETECTADAS		FUGAS REPARADAS	
				Numero	Caudal (lps)	Numero	Caudal (lps)
CC.SS ATE	ATE	40.1000	1,340	77	5.093	46	1.574
	EL AGUSTINO	14.2000	1,563	21	3.345	13	2.407
	LA MOLINA	31.0000	104	52	3.241	26	0.833
	LURIGANCHO	0.6000	19	1	0.116	1	0.116
	SAN LUIS	0.0000	0	0	0.000	1	0.093
	SANTA ANITA	5.0000	653	2	1.852	3	1.968
	TOTAL CC.SS ATE	90.9000	3,679	153	13.647	90	6.991

Fuente: (Sedapal, 2018)

Para el periodo del 2021 en el distrito de Breña, se identificaron un total de 74 fugas no visibles, los cuales se llegaron a reparar un total de 70, generando una eficiencia del 95%, como se visualiza en la tabla 3.

Tabla 3: Reporte del control de fugas del centro de servicio de Breña

CENTRO SERVICIO	DISTRITO	Km	Nro Conex.	FUGAS DETECTADAS		FUGAS REPARADAS	
				Numero	Caudal (lps)	Numero	Caudal (lps)
CC.SS BRE	LA VICTORIA	6.1000	688	7	1.181	7	1.181
	LIMA (CERCADO)	9.6000	1,473	10	2.338	3	1.424
	MAGDALENA	32.2000	356	51	2.650	55	2.708
	PUEBLO LIBRE	2.2000	277	4	0.694	3	0.579
	SAN MIGUEL	1.2000	166	2	0.382	2	0.382
	TOTAL CC.SS BRE	51.3000	2,960	74	7.245	70	6.274

Fuente: (Sedapal, 2018)

Para el periodo del 2021 en el distrito de Carabayllo, se identificaron un total de 156 fugas no visibles, los cuales se llegaron a reparar un total de 168, generando una eficiencia del 108%, mejorando el umbral internacional y del ente regulador, ver tabla 4.

Tabla 4: *Reporte del Control de fugas sede Carabayllo*

CENTRO SERVICIO	DISTRITO	Km	Nro Conex.	FUGAS DETECTADAS		FUGAS REPARADAS	
				Numero	Caudal (lps)	Numero	Caudal (lps)
CC.SS CO	CARABAYLLO	10.3000	1,179	7	2.211	5	1.470
	COMAS	24.7000	299	29	2.384	16	0.544
	INDEPENDENCIA	39.0000	699	94	5.579	96	4.734
	LOS OLIVOS	1.2000	150	0	0.000	0	0.000
	PUENTE PIEDRA	2.2000	256	1	0.058	1	0.058
	RIMAC	18.6000	2,628	19	4.792	22	3.958
	SAN MARTIN DE PORRES	3.2000	293	6	0.405	28	2.037
	TOTAL CC.SS CO	99.2000	5,504	156	15.429	168	12.801

Fuente: (Sedapal, 2018)

Para el periodo del 2021 en la sede Sur, se identificaron un total de 86 fugas no visibles, los cuales se llegaron a reparar un total de 41, generando una eficiencia del 48%, disminuyendo el umbral internacional y del ente regulador, ver tabla 5.

Tabla 5: *Reporte del control de fugas del centro de servicio Sur*

CENTRO SERVICIO	DISTRITO	Km	Nro Conex.	FUGAS DETECTADAS		FUGAS REPARADAS	
				Numero	Caudal (lps)	Numero	Caudal (lps)
CC.SS SUR	CHORRILLOS	43.7000	806	41	4.525	23	0.845
	LINCE	1.6000	187	1	0.926	1	0.926
	MIRAFLORES	8.3000	802	10	4.560	3	0.046
	SAN BORJA	0.7000	40	1	0.694	0	0.000
	SAN ISIDRO	19.2000	383	19	1.354	12	0.926
	SANTIAGO DE SURCO	1.9000	214	2	0.602	0	0.000
	SURQUILLO	3.6000	561	12	3.044	2	0.046
	TOTAL CC.SS SUR	79.0000	2,993	86	15.705	41	2.789

Fuente: (Sedapal, 2018)

El control de fugas presenta bajos indicadores respecto a la eficiencia de atención, que conlleva a generar una pérdida de tiempo en los registros e identificación y validación del proceso de control de fugas de agua potable. Para Laguna (2022), las fugas de agua se presentan mayormente por problemas asociadas a las tuberías de las redes primarias y secundarias, como se comprueba en la figura 6.

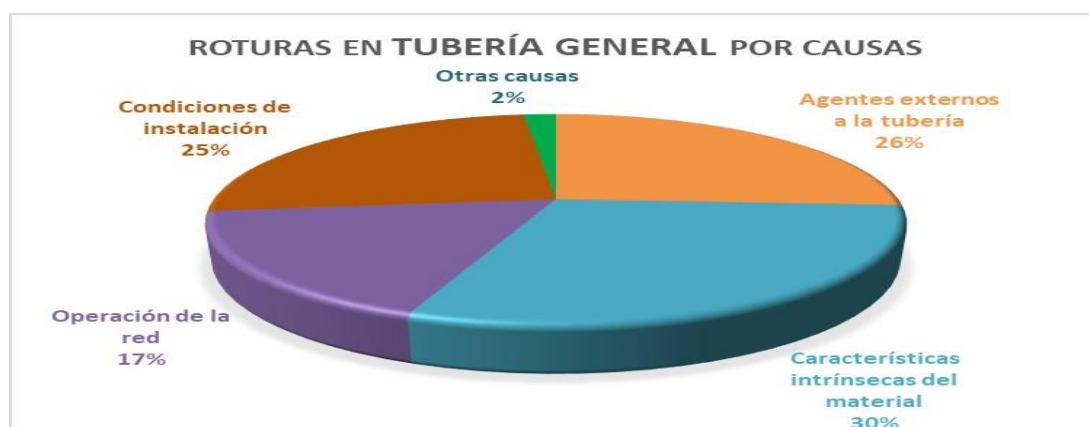


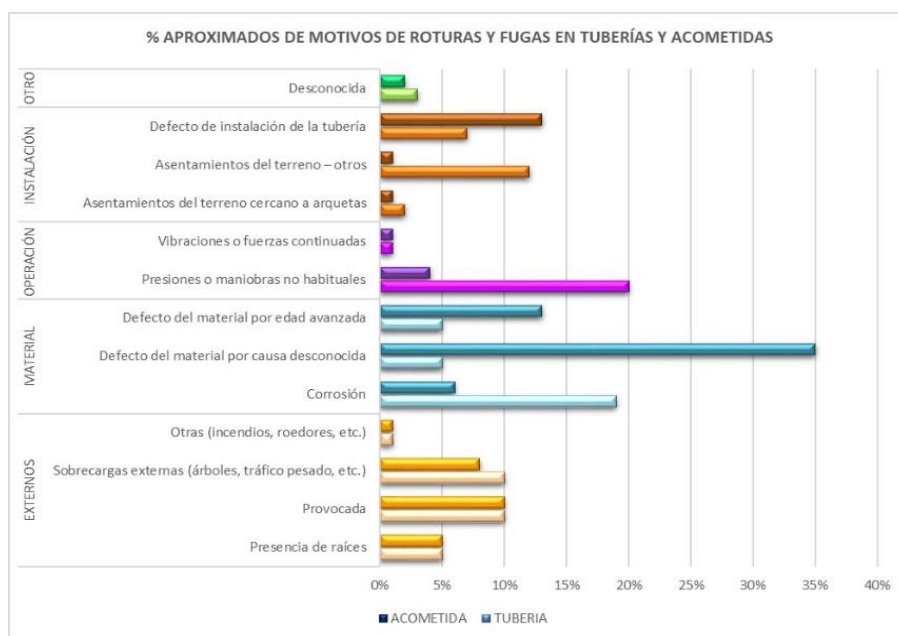
Figura 6: Reporte de fugas por rotura en tuberías a nivel nacional.

Fuente: Laguna (2022)

Ante la problemática presentada se propone desarrollar un sistema con módulos de registros, identificación cartográfica y validación, con el fin de incrementar la eficiencia operativa del equipo de control de fugas, reducir los tiempos para la detección y atención de las fugas reportadas. En resumen, la propuesta de desarrollo utilizará técnicas de tecnologías de información mediante una arquitectura híbrida (on premise y Cloud). Es por ello, que cuenta con el respaldo del área de control y de

supervisión de Sedapal, porque las brechas de mejora, permitirá reducir el umbral actual de pérdida de agua que corresponde a 40%.

Para Sedapal, los problemas asociados a las fugas no visibles y visibles, se enmarcan dentro los problemas asociados a las roturas de las tuberías principales o de empalme, que se alinean a las fugas en tuberías y por acometida, como se aprecia en la figura 7.



Fuente: (Sedapal, 2018)

Por último, Sedapal como parte de su compromiso social, requiere dar solución a la problemática en curso, por el cual se propone la elaboración un software alineado a al IA que permita mejorar los controles de fugas no visibles. Los cuales, se formularon a partir de un Gap de análisis y mediante la elaboración del diagrama de Ishikawa (ver anexo 9), con el fin de identificar las causas y sus consecuencias, a corto y largo plazo, en caso el are no plasme la solución al área de gerencia, para poder llevar adelante el proyecto.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Como un sistema experto mejora el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal?

1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo un sistema experto mejora el seguimiento de las atenciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal?
- b) ¿Cómo un sistema experto mejora el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal?
- c) ¿Cómo un sistema experto mejora la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal?
- d) ¿Cómo un sistema experto mejora los parámetros de decisión de las evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal?

1.3. Objetivo general y específico

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Desarrollar un sistema experto para mejorar el seguimiento de las atenciones en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.
- b) Desarrollar un sistema experto para mejorar el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.
- c) Desarrollar un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.
- d) Desarrollar un sistema experto para mejorar los parámetros de decisión de las evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

1.4. Importancia de la investigación

El presente estudio fortalecerá los conocimientos técnicos, conceptuales y teóricos del proceso de control de fugas de agua no

visibles, que se basará en reglas para brindar recomendaciones sobre los puntos más álgidos que afecten los tiempos, la eficiencia, y los costos operativos para las fugas no visibles de agua en las redes de suministro principal y secundario. El proyecto es relevante por contar con el respaldo gerencial cuyo compromiso es aunado para la mitigación de la pérdida de agua, el cual se ha ido incrementando por diversos factores internos y externos de la sociedad, ocasionando pérdida de tiempo en la detección, registro y validación de fugas no visibles; incremento del volumen de pérdida de agua por metro cúbico; pérdida de los costos de producción y distribución; por último, la pérdida de agua valorizada. Los beneficios tangibles se verán reflejados en el incremento de la disponibilidad del servicio.

La relevancia práctica está sumergida en el diseño y posterior implementación del sistema permitirá generar grandes beneficios, debido a que, contribuye a identificar y detectar las posibles fugas de agua en las principales redes de abastecimiento, con el fin de poder atacar el problema con el apoyo de las cuadrillas operativas; y así, reducir los tiempos, mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos que conllevan a su realización de la reparación y de paso, evitar las alertas de tipo falso positivo, que solo conduce a perder horas hombre de esfuerzo, pérdida de tiempo y sobrecarga de trabajos. Los beneficios se visualizarán por el incremento de la disponibilidad del servicio, presentado un nivel mínimo de cortes de servicios por desabastecimiento.

Como parte de la relevancia teórica, tenemos el aporte de la teoría de la inteligencia artificial, donde se afirma que, las computadoras en el tiempo más cercano imitaran el pensamiento humano. Por otro lado, se reafirma que los aportes de la ciencia, los cuales generaron nuevos aportes a la computación al despertar el interés de la población en la inteligencia artificial (Darrell, 2014). En el mismo sentido, podemos afirmar que el proceso de control de fugas de agua está conformado de manera integral por los procesos de identificación, detección y registro de las fugas no visibles, por tanto, podemos afirmar que los sistemas y los procesos de control, guardan relación dentro de su esquema de trabajo.

1.5. Viabilidad de la investigación

El estudio es viable, por formar parte de la estrategia de mejora continua de la empresa de saneamiento de Sedapal. Además, se cuenta con el aval técnico del área, para la realización del sistema en el área de control de fugas de agua. Los recursos serán asumidos por el empleador en un 100%. Se contará con 3 de especialistas para la construcción y diseño del sistema experto basado en reglas.

1.6.1 Viabilidad técnica

El desarrollo del proyecto denominado sistema experto basado en reglas, se regirá bajo una arquitectura Cloud que actualmente cuenta la empresa de saneamiento. Es decir, sobre el servicio actual se va a realizar un aprovisionamiento de un nuevo servidor virtual AIX

con la instalación de sus componentes, además de la adquisición de laptops para el equipo de trabajo, como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6: *Servicios y materiales*

Descripción	Cantidad	Costo	Total
Servicio de aprovisionamiento de servidor AIX	1	S/. 6000	S/. 2000
Adquisición de Laptops Corei5 – 8GB Ram – HD SD 256	5	S/. 3000	S/. 15000
Total			S/. 26,000

Elaborado por: el autor

1.6.2 Viabilidad Operativa

Todo proyecto, requiere un total de 3 FTEs para su ejecución durante el periodo de 3 meses. Dichos especialistas, cuentan con la habilidad necesaria, considerando que el diseño del sistema experto será en un ambiente cloud.

Tabla 6: *Recursos humanos*

Rol	Persona a cargo	Duración de trabajo	Costo	Total
Product Owner	Reyes Renan	2 meses	S/. 5,000	S/. 10,000
Scrum Máster	Hans Espino	3 meses	S/. 5,000	S/. 15,000

Development Team	Frank Castillo	3 meses	S/. 6,000	S/. 18,000
			Total:	S/. 43,000

1.6.3 Viabilidad económica

El proyecto es factible y viable, porque los gastos y contrataciones forman parte de las iniciativas de innovación del área de control de fugas del centro de servicio de ATE en la empresa Sedapal. Por lo tanto, existe un seguimiento por parte del gestor de proyecto, para llevar a cabo la propuesta de solución, además del interés de la gerencia operativa, como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 7: *Costo total*

Detalle	Monto
Recursos humanos	S/. 43,000.00
Servicios y materiales	S/. 20,000.00
Total:	S/. 63,000.00

Elaborado por: el autor

1.6.4. Alcance

El presente estudio tiene como alcance lo siguiente:

- a) El proyecto se desarrolla en el área de control de fugas para el centro de servicio de ATE en la empresa de saneamiento de Sedapal.
- b) La metodología aplicada en el proyecto es Scrum.
- c) El proyecto se enfocará solo en la identificación, detección y registro de fugas.
- d) El diseño utilizara una plataforma Web
- e) Se utilizará la metodología de conocimiento de CommonKADS

- f) El diseño de sistema es considerado como parte de la primera fase.
- g) El aprovisionamiento será bajo la arquitectura cloud actual.

1.6.5 Limitaciones

Se contemplan las siguientes limitaciones en el proyecto:

- a) Los especialistas se alienarán al proceso de cambio de la empresa.
- b) Los accesos serán controlados por el SKLM como parte del diseño de la solución del sistema experto basado en reglas.
- c) Las reglas se definirían bajo los lineamientos del área de control y de la experiencia usuaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Müller et al. (2021), en su investigación sobre el desarrollo de un sistema experto basado en inteligencia artificial para el mercado de materiales y procesos en la industria. Tuvo como resultados que el sistema experto permitió mejorar los procesos industriales, permitiendo que el sistema se incorpore nuevos conocimientos en base al expertis de los ingenieros. Asimismo, el sistema experto híbrido reproduce las habilidades de resolución de problemas de los expertos con respecto a su conocimiento tecnológico y de proceso durante el mercado de materiales. Por lo tanto, se evidencia una mejora considerable del 45% en la eficiencia y tiempo considerando el uso de un sistema experto.

En España, Mulugeta (2020), en su investigación sobre los controles y monitoreo del agua, tuvo como objetivo desarrollar una aplicación basada en Inteligencia artificial accesible desde un

entorno web para el monitoreo y control de un sistema de reutilización de agua en torres de refrigeración, la metodología utilizada fue de tipo aplicada y diseño experimental. El estudio tuvo como resultado reducir el tiempo de las mediciones en la fase de evaluación, mediante los parámetros de estado y sus mediciones en tiempo real, los cuales son utilizados por los colaboradores.

En la ciudad de Jujuy, se revisó los aportes de Rodríguez et al. (2019), sobre el desarrollo de un prototipo como modelo inteligente en el registro y detección para procesos de suministro de agua. Asimismo, tuvo como objetivo el desarrollo de un prototipo de sistema inteligente embebido que estará integrado a circuitos electrónicos en Arduino para registrar, medir, detectar el nivel caudal de agua de entrada y salida; con el fin de evidenciar las fugas de agua no visible entre tramos de distribución de las redes secundarias. El alcance del estudio se enmarcó en el registro del caudal y la presión del conducto, integrado al sistema sensor de alarmas y monitoreo, los cuales se registraban mediante las reglas del sistema inteligente. Como resultado se evidenció que el sistema inteligente ayuda en la identificación de las fugas de agua no visible, permitiendo registrar, detectar y localizar los puntos críticos de fuga de suministro.

Shabangu et al. (2020), en un estudio llevado a cabo en los municipios de distribución de agua en Sudáfrica que presentan un 60% de pérdida de volumen de agua. Su objetivo se basó en los controles de los suministros salubres. El estudio presentó un diseño experimental y

método analítico. Los resultados evidencian que el uso de sensores de presión y el modelo de simulación del sistema inteligente aplicando algoritmos de predicción DDS, permitieron el registro, localización y detección en los conductos de distribución. En el mismo sentido, se confirma que implementados sistemas inteligentes basados en la inteligencia artificial, contribuyen de manera significativa para mejorar los procesos de control.

2.1.2. Antecedente nacional

Fernández y Pinto (2018), en su estudio tuvo como objetivo la implementar un expert system basado en IA. Los resultados del estudio sostienen que el diseño y prototipo permitieron producir una arquitectura como sistema de control automatizado con capacidad de aprendizaje. Asimismo, se resalta la capacidad del manejo de situaciones que aparecen durante la operación en tiempo real. Con el esquema propuesto, se valida la mejora del control a nivel de desempeño, eficiencia, costo y tiempo en la gestión operativa del área de monitoreo.

2.1.3 Benchmarking de antecedentes

Tabla 8: *Benchmarking de los antecedentes de investigación*

Titulo	Problema	Objetivo	Técnica Moderna	Datos	Ambito	Procesos involucrados
Sistema especialista para cálculo de sobretensiones inducidas en sistemas de distribuida frente es descargas atmosféricas indirectas	Afectación de los controles de tensión de descarga atmosférica	Desarrollar una metodología de cálculo mediante el uso de un sistema experto que permita identificar y mejorar los procesos de descarga atmosféricas	Inteligencia Artificial	Minería de datos	Social	Recopilar información histórica para el estado de identificación de los procesos de descarga atmosféricas.
Desarrollo de un sistema experto basado en inteligencia artificial para el marcado de materiales y procesos en la industria.	Afectación de la eficiencia y pérdida de tiempo en el proceso de marcado de materiales.	Desarrollar un sistema experto basado en inteligencia artificial para el marcado de materiales y procesos en la industria.	Inteligencia Artificial	Entrevistas fichas de observación	Social	Recopilar información de los expertos para que puedan determinar el correcto marcado de los materiales como parte del control.
Smart wáter para la detección de fugas de agua: prototipo como modelo inteligente en el registro y detección de fugas de agua	Afectación en el registro y detección de fugas de agua, generando un bajo nivel de eficiencia.	Desarrollar un prototipo como modelo inteligente en el registro y detección de fugas no visibles	Inteligencia Artificial Arduino	Minería de datos Cuestionarios	Social	Recopilar información mediante entre el sistema inteligente embebido y los circuitos electrónicos para poder detectar, medir y registrar las fugas de agua.
Diseño e implementación de un sistema experto para la supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales	Afectación en la supervisión y control de fugas de agua residuales.	Diseñar e implementar un sistema experto para la supervisión y control de fugas de aguas residuales	Inteligencia Artificial Basado en reglas	Entrevistas fichas de observación	Social	Recopilar información de las fugas de agua con la finalidad de incrementar la eficiencia del control y supervisión.

Elaborado por: el autor

2.2 Bases Teóricas

La variable problema asociada al control de reducción de fugas no visibles tiene un soporte base en las teorías de sistemas, de información, de control y de gestión financiera.

2.2.1. Teórica de inteligencia artificial.

Leavitt (2022), hace referencia al aporte de Turing, quien sostiene que, las computadoras en un futuro no tan lejano podrán pensar por sí misma. Es decir, da el inicio de la teoría de la inteligencia artificial y afirma que las computadoras en el tiempo más cercano imitaran el pensamiento humano. Por otro lado, Leyva y Smarandache (2018) reafirman que, los aportes de la ciencia de Von Neuman, Norbert Wiener y Alan Turing, generaron nuevos aportes a la computación, por despertar el interés de la población en la inteligencia artificial.

2.2.2 Teoría de sistemas

La teoría de sistemas de Von Bertalanffy según el aporte de Hernández (2020) afirma que, los sistemas son un conjunto de partes que se encuentran integrados como un todo, y a su vez, tienen relación con el ambiente interno y externo. Es decir, la teoría de sistemas plantea que los sistemas se adaptan a cualquier nivel de los campos de investigación.

2.2.3 Teoría de la información

Para Zacharia (2019) afirma que, la teoría de la información tiene como principio el trato correcto de la información como un recurso vital, para ser recopilado, analizado, medido y transmitido. Es decir, no solo se considera información, sino como es utilizada y transmitida para dar solución o explicar una razón científica. La categoría problema asociada al control de pérdidas de fugas no visibles guarda relación con la teoría de información, debido a que parte del proceso consiste en recopilar datos desde un punto origen ubicado en las redes de distribución hacia un destino que son los equipos informáticos, mediante la interacción de equipos tecnológicos como sensores y geófonos que transmiten información codificada, que debe ser recopilada, consolidada, procesada, analizada y traducida para tomar decisiones. En resumen, se afirma la relación entre la teoría y la categoría problema del estudio.

2.2.4 Teoría de control

La teoría de control, cuya contribución recae en James Maxwell consiste en buscar la estabilidad de los sistemas dinámicos, por tanto, se extiende su aplicabilidad a los procesos generalizados de los sistemas (Galeano et al., 2021). En el mismo sentido, se afirma que el control de pérdidas de fugas no visibles se vincula directamente con la teoría de control, debido a que ambos buscan la estabilidad de sus procesos. Mas aun, al intentar descubrir las causas que afectan la estabilidad del volumen ingresado con el inicio con la salida de distribución de agua potable.

2.2.5 Teoría financiera

La teoría financiera, que tiene como propósito optimizar la eficiencia para reducir costos e incrementar el valor del servicio. Es decir, se relaciona a los objetivos del estudio que busca reducir tiempo, mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción y distribución, con el fin de generar rentabilidad (Redondo & Fernández, 2018). Es decir, mediante la determinación de un sistema web, se logrará detectar, validar y registrar el control de pérdida de fugas no visibles de agua potable en el pre y post test. Con ello, se busca recopilar datos para su consolidación, medición y análisis de los tiempos de afectación, eficiencia de los volúmenes de agua y la reducción de los costos operativos con el fin de demostrar el impacto.

2.2.6 Sistemas expertos

En referencia a la variable independiente, corresponde a las herramientas de apoyo basado en IA, que son parte de los sistemas expertos que se comportan como especialistas humanos, y que luego, son incorporados mediante una lógica de programación al sistema (Flores y Gardi, 2020). Dentro de su esquema de arquitectura mayormente se aplican para entorno Web, además, se refleja como un conjunto de elementos propios de la solución que trabajan en conjunto con estrecha relación (De pablos et al., 2019).

Su esquema o estructura se basa en herramientas informáticas web o de escritorio que procesan, memorizan, aprenden y razonan sobre diferentes casuísticas para resolver los problemas.

Asimismo, Flores et al. (2019) mencionan que, consiste en una herramienta informática que emula el conocimiento humano, con el fin de procesar información consolidada y validada por los expertos en la materia. Es decir, mediante su lógica basada en reglas, lógica difusa o basada en casos, determina y sugiere como si fuese un experto humano.

2.2.7 Características de los sistemas expertos

Los sistemas expertos presentan diversas características como: (i) la confiabilidad y eficiencia; (i) performance y entrega oportuna; (c) flexible y entendible; y (d) tiempo de respuesta oportuno. Es decir, al momento de automatizar el conocimiento del especialista mediante algoritmo de programación, el sistema experto simula el comportamiento para brindar respuestas (Flores et al., 2019).

Para la estructura del sistema experto, tenemos a Emaze (2022) y Sandoval et al. (2021) quienes afirman que, la estructura se centra en (i) el conocimiento que es trasladado en un algoritmo; (ii) los hechos y registros que encapsulan el expertis, y el (ii) motor inferencial.

2.2.8 Metodología CommonKADS

Es una metodología para el desarrollado primordial de la base de conocimiento y despliegue base de la arquitectura de un sistema experto e inteligente (Flores y Mendivel, 2019). En el mismo contexto, la base de conocimiento es el eje de un sistema experto, debido a que posee el esquema de la base de conocimiento. Su aplicación difiere de la

capa de negocio, debido a que en dicho motor de conocimiento se centraliza la forma de cómo interpreta el sistema la capacidad para determinar un resultado (Sandoval et al., 2021).

Respecto a los Sistemas basados en conocimiento consiste en un conjunto de elementos que interactúan para poder interpretar el conocimiento del experto, mediante una arquitectura compleja de comportamientos. Asimismo, presenta 3 características como parte de su comportamiento en los sistemas: (a) su ejecución puede ser realizada por cualquier persona con los mínimos conocimientos; (b) poseen el conocimiento del experto humano; y por último (c) representan el conocimiento humano (BSC), para procesar y almacenar mediante su aprendizaje. además, comprenden elementos como hechos, interfaces, reglas, motor de inferencia y la heurística, como se aprecia la figura 8.

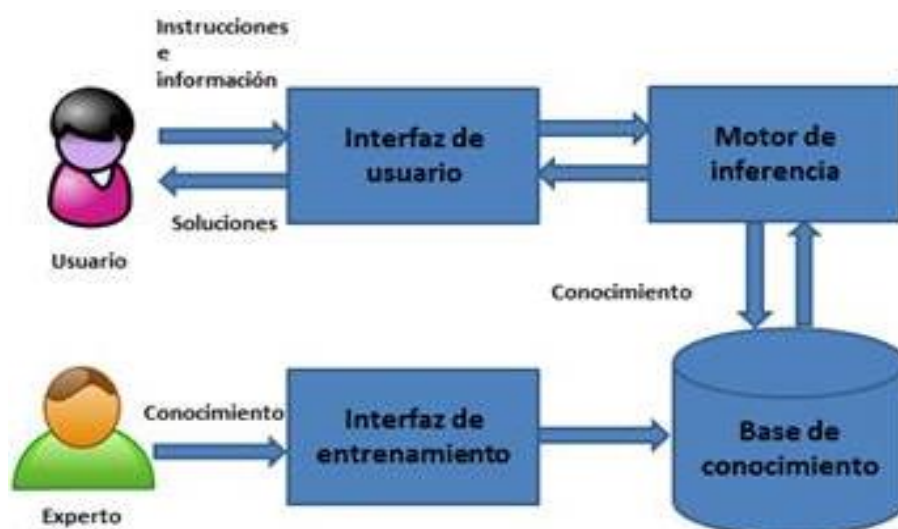


Figura 8: Elementos de la BSC

Fuente: (Emaze, 2022).

2.2.9 Metodología de conocimientos

La metodología propuesta obedece a las buenas prácticas para el desarrollo del sistema de apoyo basado en IA. Para ello se contempla el uso de 10 fases para su desarrollo utilizando la metodología CommonKADS. A solicitud de la jefatura de TIC, se optó por implementar la metodología CommonKADS por considerarse como un modelo completo para la base de conocimientos, como se aprecia en la figura 9.

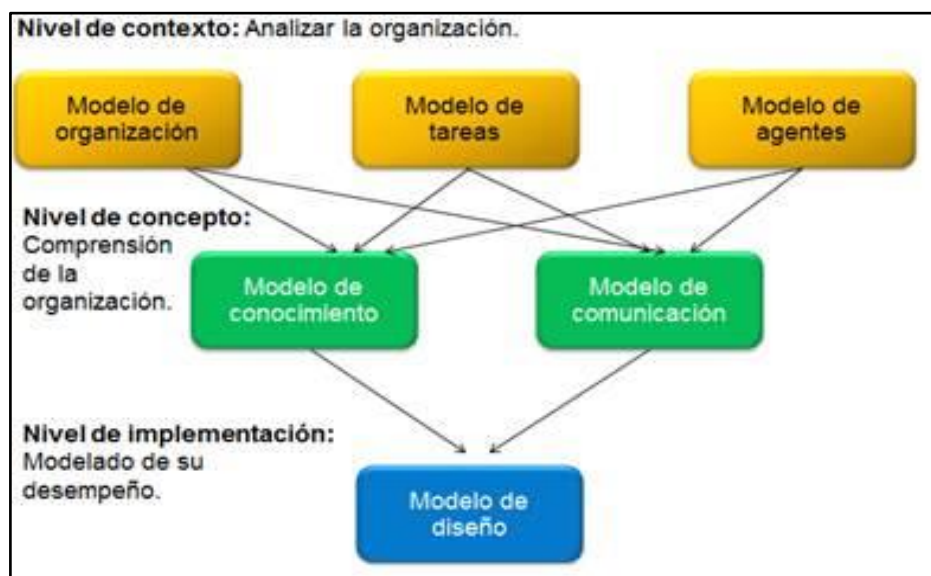


Figura 9: *Modelo CommonKADS*

Fuente: (Emaze, 2022).

2.2.10 Modelos de CommonKADS

2.2.10.1 Modelo de la organización (OM)

Es un formulario considerado la base de conocimiento preliminar, para poder descubrir los problemas y oportunidades de mejora. Es decir, cumple el rol de inicio del proyecto alineado a la IA.

2.2.10.2 Modelo de tarea (TM)

Consiste en presentar el listado de actividades en alto nivel que serán realizadas en el entorno organizativo en que se propone instalar el sistema base de conocimiento, proporcionando así, un marco para la ejecución del sistema experto basado en reglas.

2.2.10.3 Modelo de agente (AM)

Los modelos de agentes tienen como premisa ser los ejecutores de las tareas que permiten tener la inferencia entre los actores y agentes de la base de conocimiento, Es decir, un agente es un ejecutor de varias tareas que son plasmadas y diagramadas en la metodología.

2.2.10.4 Modelo de comunicaciones (CM)

Representa el inicio del intercambio de información entre los diferentes agentes involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el modelo de tarea. Su actividad es relevante para poder comprender a nivel de arquitectura como se relaciona y comparte variables para poder interpretar o recomendar una decisión.

2.2.10.5 Modelo del conocimiento (EM)

El modelo de conocimiento es la interpretación lógica y motor de la Base de conocimiento que plasma la metodología utilizando el método basado en casos, reglas, lógica difusa o árbol de decisiones.

2.2.11 Tipos del conocimiento

2.2.11.1 Conocimiento explícito

Este conocimiento se puede comunicar y transmitir con los agentes y actores del sistema experto. Su obtención es práctica porque se puede evidenciar por los miembros de la organización.

2.2.11.2 Conocimiento tácito

Comprende una permanencia inconsciente y desarticulada, todo ello, es debido a que ese conocimiento es complejo porque proviene de un saber y una experiencia no transmitida.

2.2.11.3 Hitos del proyecto

El desarrollo de la metodología comprende los siguientes hitos importantes para su realización: Hitos: Cuadro consolidado de las variables de control de fugas; Arquitectura de la solución; Elaborar las reglas – base de conocimiento; Elaborar el prototipo del sistema experto y Elaborar manual técnico del sistema experto.

2.2.12 Objetivos de Scrum

Los objetivos de la metodología scrum son: (i) reduce la complejidad en el análisis, diseño y desarrollo del producto; (ii) promueve la colaboración en equipos; (iii) amplifica la comunicación entre los roles y el cliente; (iv) es un proceso iterativo e incremental; y (v) controla y planifica las actividades del proyecto (Sutherland & Sutherland, 2018).

A continuación, el marco de trabajo de scrum, que posee un conjunto de elementos interactivos y flexibles, ver figura 10.

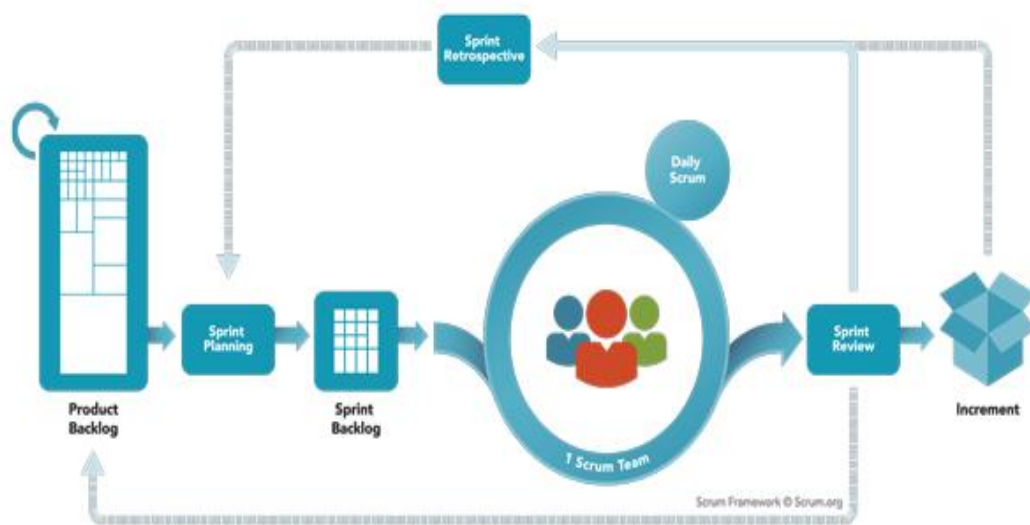


Figura 10: Marco de trabajo de Scrum

Fuente: (Scrum, 2017).

2.2.13 Eventos Scrum

Los eventos de scrum son esquemas de trabajo que presentan un tiempo de duración para cada iteración de actividades, de cara a la planificación de los proyectos; con la finalidad de minimizar la cantidad de reuniones y así fortalecer la comunicación y colaboración de los involucrados (Scrum, 2017).

2.2.14 Artefactos Scrum

Los artefactos de Scrum se consideran como la forma que como aprovechar las oportunidades de inspección y de cómo ser transparente durante la ejecución de las actividades del proyecto, con el fin

de poder comprender cada actividad en curso. Los artefactos utilizados son: (i) product backlog; (ii) sprint backlog y por último (iii) increment (Watts, 2021). A continuación, se evidencia la lista de roles y especialistas, como se aprecia en la tabla 10.

Tabla 9: Roles para el proyecto

Especialistas	Rol	Funciones
Analista de Sistemas	Development Team	Analizar las variables y vistas de los frameworks y formularios. Efectuar el prototipo de la solución automatizada.
Especialista en IA Especialista del área y control de fugas	Product Owner	Realizar el análisis de la base de conocimientos y la base de reglas a definir para el proyecto
Hans Cárdenas	Scrum Máster	Encargado de dirigir las actividades y cumplimiento del producto

Elaborado por: el autor

2.2.15 Control de fugas

La variable de estudio se compone por dos conceptos que buscan mitigar los escenarios actuales de la distribución de agua potable. El control, según la RAE (2022), lo define como un acto de

control de inspección, fiscalización y comprobación. Asimismo, para Pedraza y Rosas (2011) afirman que, el control de fugas consiste en actividades continuas en función al espacio y tiempo, que comprende procesos de coordinación para identificar la localización y eliminación de las fugas de agua.

2.2.16 Proceso de control de fugas

Para Sedapal (2018), el proceso de control de reducción de fugas se ejecuta en 2 ámbitos: (a) fugas visibles y (b) fugas no visibles. Es por ello, que el proceso de reducción de fugas no visibles es un nuevo campo de cobertura para la ciencia, debido a que la documentación, procedimientos y procesos son recientes y se encuentran en un proceso de maduración (ver figura 11).

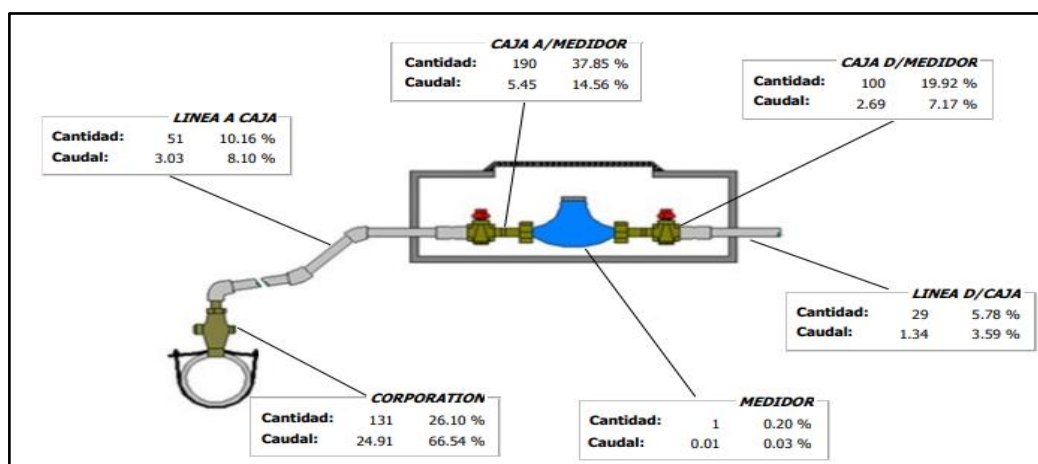


Figura 11: Ubicaciones de fugas no visibles en las conexiones.

Fuente: (Sedapal, 2018)

2.2.17 Procedimiento del proceso de control

El procedimiento del control de fugas no visibles contempla las siguientes actividades: (a) muestreo de campo y

recolección de datos estadísticos; (b) determinación de las causas y ratios de pérdida de agua; (c) Se establece el programa de control de fugas, incluyendo costos y plazos; y por último (d) se ejecutan las acciones a corto plazo incluyendo datos de la detección, registro y validación de los controles de reducción de fuga de agua no visible (Pedraza & Rosas, 2011).

El área del equipo de control y reducción de fugas comprende un total de seis grupos funcionales, un área de secretaria y una de gestión administrativa, su distribución se observa en la figura 12.



Figura 12: *Organigrama funcional*

Fuente: (Sedapal, 2018).

2.2.18 Características del proceso de control

Las dimensiones de estudio del proceso de control de reducción de fugas no visibles, comprenderá características en función al logro de los objetivos del área de control de las empresas de

saneamiento. Los subprocesos considerados son: la detección, registro y validación, la eficiencia operativa y la disponibilidad del servicio (Ortiz, 2019). Los indicadores están en función al tiempo de detección, registro y validación del control de fugas no visibles. Además de medir la eficacia y eficiencia operativa; y por último la disponibilidad del servicio.

2.2.19 Funciones del área de control

Respecto a las funciones que realiza el área operativa de control y reducción de fugas en la empresa Sedapal, tenemos lo siguiente: (a) programa, implementa y ejecuta las mediciones del sistema distribución de agua potable; (b) programa, ejecuta y evalúa los procesos de control de pérdida de fugas no visibles en los sistema de distribución, incluyendo los planes correctivos; (c) Gestiona el desarrollo de los sectores de distribución, evaluando y validando la operatividad; (d) desarrollo acciones de control de perdidas en la gestión del control de fugas no visibles; (e) desarrolla estrategias en el control de fugas visibles y no visibles; (f) gestiona el desarrollo del catastro con el fin de coordinar las localizaciones, normas de los catastros de redes y conexiones domiciliarias; (g) efectuar la detección, registro y validación del control de fugas no visibles en la redes de suministro; (h) mantener actualizada y ordenada la documentación, planos y demás instrumentos de sustentación del catastro; y por ultimo (i) la planificación, formulación, propuesta y ejecución de los programas de preparación de respuesta, rehabilitación y reconstrucción post atención.

2.3 Definición de términos básicos

Inteligencia artificial: Son maquinas que imitan el comportamiento y razonamiento humano con el fin de aprender, y brindar respuesta en base a nuevos conocimientos (Mathivet, 2018).

Sistema Experto: son herramientas tecnológicas de apoyo que forman parte de la rama de la inteligencia artificial. Su arquitectura se basa en conocimientos adquiridos de un experto que son interpretados mediante algoritmos que pueden ser basados en caso de uso, redes neuronales, basado en reglas y lógica difusa.

CommonKADS: Se enmarca en un modelo y buna practica para la construcción del conocimiento y desarrollado de sistemas basado en inteligencia artificial. Asimismo, se considera como una buena práctica para llevar adelante el ciclo de vida de un sistema inteligente (Flores et al., 2019).

La base de conocimientos: es un conjunto de elementos que interactúan para poder interpretar el conocimiento del experto.

Control de Fugas: Termino operativo que consiste en actividades continuas en función al espacio y tiempo, que comprende procesos de coordinación para identificar la localización y eliminación de las fugas de agua (Sedapal, 2018).

Detección: Proceso de identificación en la cartografía según la zona del incidente e identificación de la red de suministro.

Reducción de fugas: Mitigación de la pérdida del suministro en las redes de saneamiento y se ejecuta en 2 ámbitos: (a) fugas visibles y (b) fugas no visibles.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método o programa arquitectónico

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación por su naturaleza es aplicada, ya que, se desarrollará una solución practica para el problema asociado a la variable dependiente. Para Hernández y Mendoza (2018) afirman que, los estudios de tipo aplicativo buscan una utilidad práctica que genere beneficios a la empresa o sociedad. Es decir, poner en práctica la teoría con el fin de solucionar problemas, apoyándose en la investigación básica.

3.1.2 Enfoque

Los enfoques de investigación cuantitativa presentan las siguientes características: (i) son medibles mediante el uso de la estadística; (ii) observables en el campo de trabajo; (iii) utilizan instrumentos de recolección de datos; y por último (iv) se basan en el paradigma del

positivismo por considerar el conocimiento como la fuente principal de las ciencias (Carhuancho et al., 2019).

3.1.3 Diseño de investigación

Según Kothari y Garg (2019), el diseño de estudio a emplear será el experimental, porque se manipulará intencionalmente la variable dependiente denominado proceso de control de fugas, con el objetivo de evaluar como reduce el tiempo de detección, registro y validación del proceso de control fugas no visibles.

3.1.4 Según el grado de manipulación

El diseño de estudio por ser experimental será de tipo preexperimental, con un método hipotético - deductivo y analítico. Según Hernández y Mendoza (2018) afirman que, los estudios preexperimentales, trabajan con un solo grupo de estudio, mediante el uso de pre y post test. Para Carhuancho et al. (2019) confirman que, los estudios preexperimentales, representan un nivel mínimo de control debido a que solo se aplica a un grupo de estudio, antes y después de la prueba.

3.1.5 Por el nivel de profundidad

Las investigaciones exploratorias parten de una problemática que no ha sido claramente definida a profundidad (Lifeder, 2022). Es decir, para poder comprender el fenómeno, se debe aplicar diversos instrumentos y métodos para poder comprender el problema. Asimismo, permitirá tener una percepción real para poder tomar decisiones para su

implementación. Asimismo, se aplicó un benchmarking del diseño de investigación que se aplicaran al proyecto en estudio, como se visualiza en la tabla 11.

Tabla 10: *Benchmarking de la metodología de investigación*

Enfoques, diseños y tipos de investigación	Descripción
Según su enfoque	Cuantitativa: por ser medible, objetivo, cuantificable y utilizar los instrumentos de recopilación para luego realizar los resultados mediante el uso de la estadística descriptiva e inferencial (Hérendez & Mendoza, 2018).
Según el diseño de estudio	Experimental: Consiste en la forma y estructura de cómo se quiere llevar a adelante la investigación (Kothari & Garg, 2019).
Según el grado de manipulación de variables	Preexperimental: Porque permitirá realizar el estudio con un solo grupo, sin considerar un grupo de control, mediante el uso de pre y post test (Hérendez & Mendoza, 2018).
Según el tipo de estudio:	Aplicada: Porque dentro de su ámbito se desarrollará una solución practica para el problema asociado a la variable dependiente (Carhuancho et al., 2019).

Elaborado por: el autor

3.2. Diseño metodológico

El diseño del sistema experto comprende un conjunto de actividades para su análisis, diseño y desarrollo. Por el cual, se comprende el desarrollo de la base de conocimiento mediante la metodología CommonKADS que es extraído del experto que pertenece al área de control de fugas de agua en la empresa Sedapal. Luego se procede con el desarrollo de la capa de negocio mediante la tecnología SCRUM basado en el diseño y prototipo de la solución que permita cumplir el alcance técnico del estudio. Para el procedimiento de evaluación, se aplicó los parámetros de madurez de un GAP de análisis que permitirá identificar, cuál de las metodologías es la más adecuada para el proyecto. Los puntos de control de evaluación son: (i) Puntaje 1 “deficiente”, corresponde a un valor que no se ajusta al proyecto del sistema experto; (ii) Puntaje 2 “Básico”, corresponde a un valor que presenta un 25% de aceptación para el proyecto.

3.2.1 Metodología ágil

Son esquemas que permiten diseñar a forma de llevar a cabo las actividades de un proyecto de software. Luego de la comparación de las bondades de la gestión por cascada y ágiles, se procedió con utilizar la metodología ágil debido a que el puntaje ponderado fue el más alto de acuerdo con los beneficios que ofrece y se alinea al prototipo del sistema experto, como se visualiza en la tabla 7. Para el presente estudio se optó por utilizar la metodología scrum debido a que presento el mayor puntaje de las bondades que ofrece y porque se alinea al método de trabajo de la organización.

Tabla 11: *Evaluación de Scrum, XP y Kanban*

Puntos de control	Scrum	P	XP	P	Kanban	P
Alcance	Estructura el proyecto en bloques para su revisión y planificación continua	5	Estructura el proyecto en fases para el ciclo de vida del producto	5	Estructura el proyecto en fases de seguimiento a las tareas de inicio a fin.	5
Principios	Diseño complejo	5	Codificación simplificada y permite un control de cambios	5	Limitado a trabajos puntuales por fases	4
Complejidad del diseño	Diseño complejo	5	Diseño básico	4	Diseño visual	5
Reuniones	Diarias con todos los roles	5	Diarias y comunicación constante	5	Seguimiento en línea	4
Cambios	No se permite cambios en el Sprint	5	Permite realizar cambios durante la iteración.	4	Kanban no prescribe iteraciones.	4
Integración con SGTI	Se alinean al proceso de cambios. Su actividad esta planificada	5	Se alinean al proceso de cambios. Su actividad no está planificada	5	Se alinean al proceso de cambios. Su actividad está planificada	5
Dueño del proceso	Scrum máster	5	Equipo de trabajo	4	Equipo de trabajo	5
Puntuación (*)		40		36		35

Elaborado por: el autor

3.3 EDT

ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO EDT					
PROYECTO:	Diseño de un Sistema Experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles en Sedapal distrito de Ate		MANAGER DEL PROYECTO:	Hans Espino Cárdenas	
FECHA:	11/04/2022				
PROYECTO	Diseño de un Sistema Experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles en Sedapal distrito de Ate				
FASE	1. Gestión de Proyecto	2. Análisis y Diseño	3. Desarrollo	4. Integración y Pruebas	5. Producción
ACCIONES	1.1 Planificación 1.2 Informe de avance 1.3 Cronograma 1.4 Kickoff 1.5 Informe de cierre	2.1 Análisis 2.1.1 Ingeniería de requerimientos 2.1.2 Mapeo de procesos 2.1.3 Propuestas de alternativas funcionales + POC 2.1.4 Plan de Pruebas 2.2 Diseño 2.2.1 Modelamiento de datos 2.2.1.1 Conceptual 2.2.1.2 Físico 2.2.2 Prototipado 2.3 Documentación	3.1 Funcionalidades 3.2 Casos de Prueba 3.2 Base de Datos 3.3 Diseño de Interfaces Gráficas 3.4 Documentación	4.1 Carga de datos 4.2 Pruebas Unitarias 4.2 Pruebas Integrales 4.3 Resultados de los criterios de calidad 4.4 Pruebas de usuario 4.5 Documentación	5.1 Pre-producción 5.2 Pase a producción 5.3 Despliegue 5.4 Manual del sistema

Figura 13: Estructura de Descomposición del Trabajo – EDT

Elaborado por: el autor

3.4 Cronograma

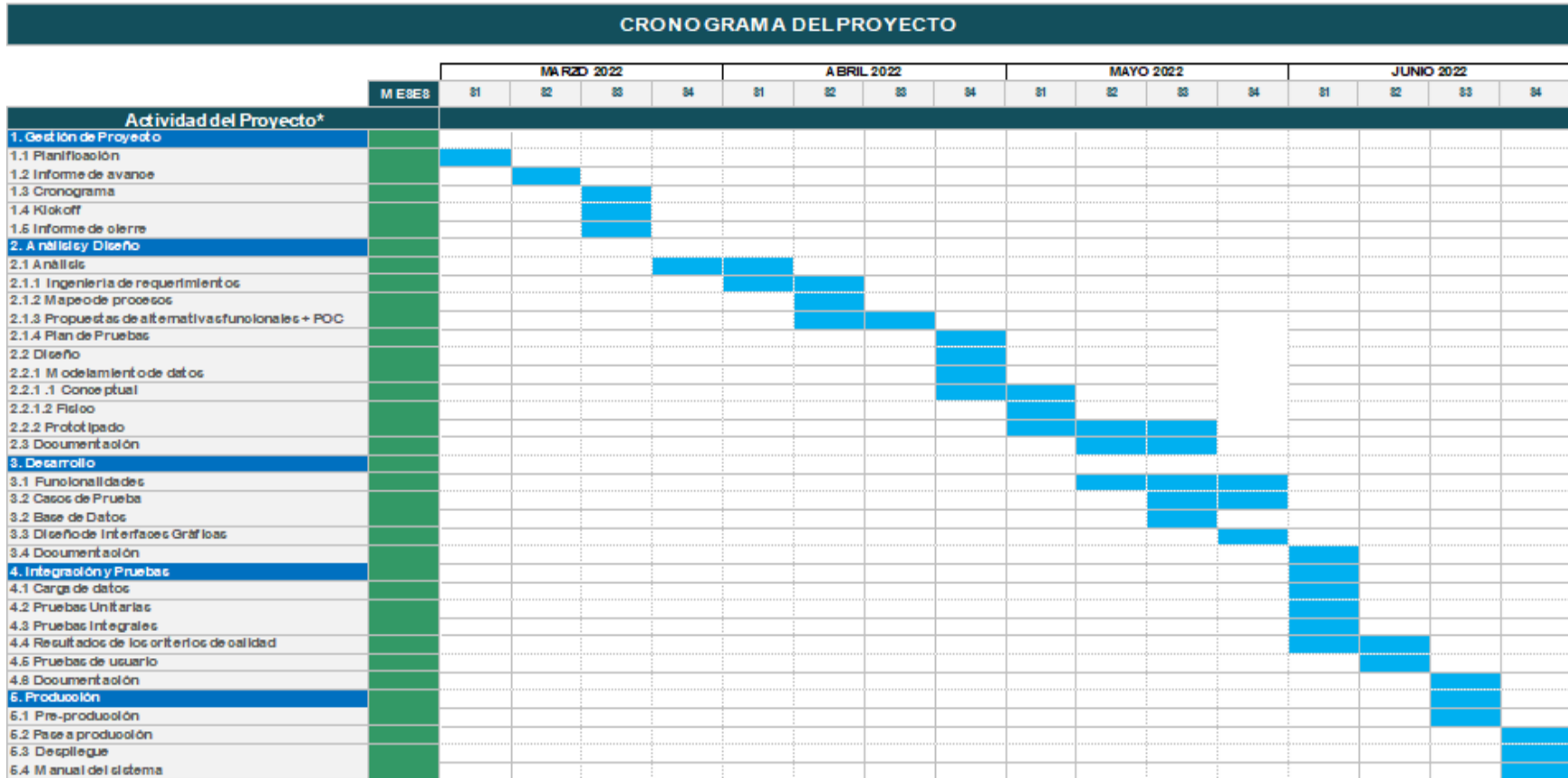


Figura 14: Cronograma

Elaborado por: el autor

3.5 Desarrollo de la metodología CommonKADS

Como parte del desarrollo del sistema expertos, se utilizará el método basado en reglas que será soportada mediante la metodología CommonKADS.

Su desarrollo comprende un conjunto de fases que permitirán integrar la base de conocimientos con la estructura de análisis y diseño del prototipo basado en la metodología ágil (Scrum). A continuación, se procede con la entrega de los siguientes entregables del proceso de la base de conocimientos alineados a la metodología CommonKADS.

3.5.1 Formulario de análisis OM1 – Identificación de Problemas

- a) El área de control de fugas de la empresa Sedapal, presenta problemas para determinar las fugas no visibles en las redes de distribución de agua potable, el cual genera retrabajos en las tareas de identificación y remediación del problema.
- b) El equipo de control no llegar a detectar de manera eficiente las fugas, por consiguiente, los trabajos presentan un resultado negativo. Generando una pérdida de tiempo y bajo nivel de eficiencia en las identificaciones.
- c) Las cuadrillas de trabajo realizan un retrabajo por cambios en la programación debido a las identificaciones inexactas. Generando sobre costos debido alertas falsas positivas, generando doble esfuerzo del personal.

- d) Existe una carencia del personal especialista y jefatural en el control de fugas, debido a que el conocimiento no se relaciona con la experiencia en campo. Generando una dependencia de las identificaciones de las fugas y por ello, generando programaciones no efectivas.
- e) No existe una integración con los sistemas base de gestión de incidencias y el operacional GIS, que permita reducir los tiempos de evaluación y determinación de las programaciones de manera confiable.

Oportunidades:

- a) Existe una alta incidencia en la perdida de agua nos visible que genera un impacto en la disponibilidad del servicio a los pobladores y la facturación del consumo de cada usuario.
- b) Necesidad construir un sistema experto confiable y eficiente que permita la integración de los sistemas operacionales GIS y el módulo de gestión de incidencias, que reduzca el tiempo de evaluación diagnostica de las fugas y la determinación de la programación semanal para las cuadrillas.

Soluciones:

- a) **Solución 1:** Construir un sistema de apoyo denominado experto en base a reglas para el proceso de control de fugas no visibles que permita mejorar los subprocesos que demanda la evaluación de

identificación de fugas no visibles y la elaboración de la programación semanal para las cuadrillas de trabajo.

- b) **Solución 2:** Contratar ingenieros especializados para las diversas sedes de Sedapal para el área de gestión y control de fugas, el cual permita mejorar en un 10% la correcta identificación de las fugas y así elaborar la programación de las cuadrillas.
- c) **Solución 3:** Elaborar un programa de capacitación para todos los empleados de las áreas operativas y de gestión para mejorar las actividades cotidianas en el área de gestión y en el control de fugas.
- d) **Solución 4:** Desarrollar un sistema experto basado en casos que permita registrar las incidencias y altas de servicios para identificar la relación de falencias con el objetivo de alertar las posibles fallas de fugas en las redes de distribución.

Objetivos del sistema experto

- a) Disminuir los tiempos, costos e incrementar la eficiencia del proceso de evaluación de identificación de fugas no visibles de recomendación de dietas nutricionales.
- b) Disminuir los tiempos e incrementa la confiabilidad en la determinación de la programación de trabajos semanales considerando sus respectivos factores de alertamiento e incidencia.
- c) Elaborar un programa de capacitación para todos los empleados de las áreas operativas y de gestión para mejorar las actividades cotidianas en el área de gestión y en el control de fugas.

- d) Desarrollar un sistema experto basado en casos que permita registrar las incidencias y altas de servicios para identificar la relación de falencias con el objetivo de alertar las posibles fallas de fugas en las redes de distribución.

Reuniones de coordinación

En la tabla 13, se evidencia la lista de reuniones de coordinación

Tabla 12: *Reuniones de coordinación con el área de control de fugas*

Fecha	Participantes	Objetivo
02/03/2022	Hans Espino (Project leader) Jefatura del área de control de fugas – Sede central de ATE. Especialistas Jefe de Operaciones	Revisión de la problemática y alcance de la solución.
15/03/2022	Hans Espino (Project leader) Jefatura del área de control de fugas – Sede central de ATE. Especialistas de IT Jefe de Operaciones	Realizar el Kick off del proyecto del sistema experto basado en reglas. Revisar objetivos y presupuesto
21/03/2022	Hans Espino (Project leader) Analista Especialistas de IT	Etapas de elaboración de la metodología CommonKADS
28/03/2022	Hans Espino (Project leader) Analista	Etapas de diseño funcional y técnico de la solución.

	Especialistas	
05/04/2022	Hans Espino (Project leader) Analista Especialistas	Etapa de construcción de la solución.
15/04/2022	Hans Espino (Project leader) Especialistas de IT	Etapa de despliegue de la solución. Etapa de testing y transferencia de conocimiento.
30/05/2022	Hans Espino (Project leader) Jefatura del área de control de fugas – Sede central de ATE. Especialistas de IT Jefe de Operaciones	Etapa de transferencia de conocimientos.

Elaborado por: el autor

Formulario OM2

En la tabla 14 se muestra los procesos, personas, recursos, conocimiento y cultura.

Tabla 13: *Aspectos variables*

OM-2	Relevancia definida
Esquema	Procesos y Organigramas (ver anexo 11) Autenticación e integración registro operativo GIS
Procesos	Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas Proceso de programación de cuadrillas por estado.

Operarios

Personas

Especialistas de control de fugas

Lideres de cuadrillas

API de conexión a sistema Operacional GIS.

Registro de incidencias y altas de servicio.

Recursos

Terminales de registro operativo GIS

Reporte en Excel de la programación diaria, semanal y mensual

Reporte de atenciones no ejecutadas.

Conocimiento

Conocimiento de los operarios y especialistas del área de control de fugas (reglamento interno).

Conocimiento de las incidencias de la fugas visibles y no visibles en el área de control de fugas

Conocimiento de las redes de distribución.

Conocimiento de la evaluación de identificación y registro de fugas de agua potable

Conocimiento del experto del área de control de fugas en identificar, discriminar, alertar las posibles fugas.

Cultura y poder

El desarrollo de la solución comprende 2 metodologías: (i) la metodología de la base de conocimientos mediante CommonKADS; y (ii) metodología ágil "Scrum".

Proceso de autenticación e integración: consiste en el acceso de conexión al API de integración, aunado al acceso del sistema experto.

Elaborado por: el autor

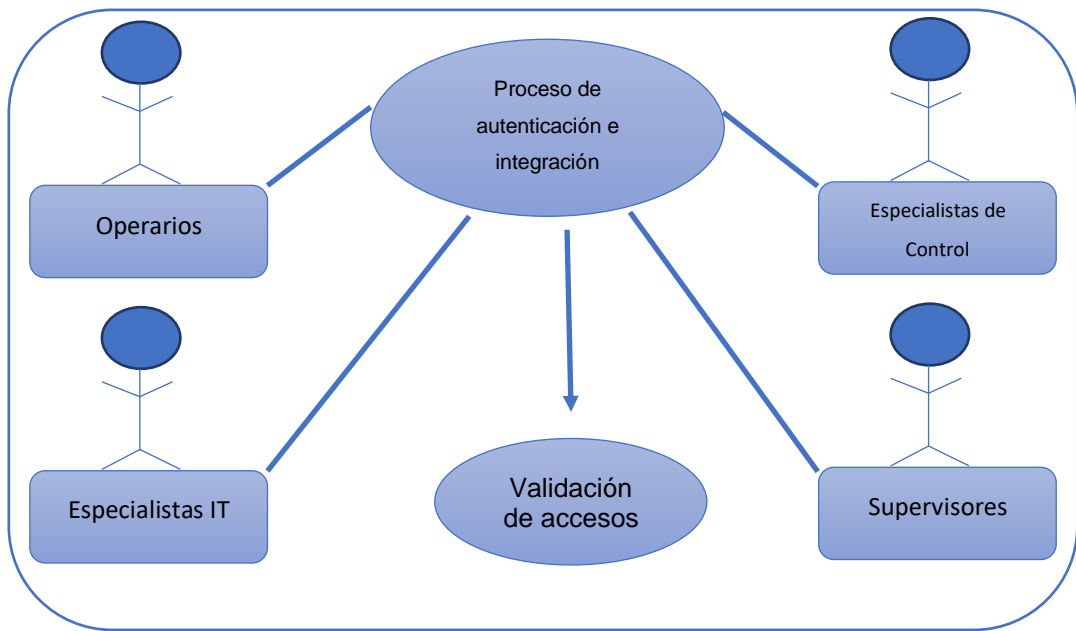


Figura 15: Proceso de autenticación e integración

Elaborado por: el autor

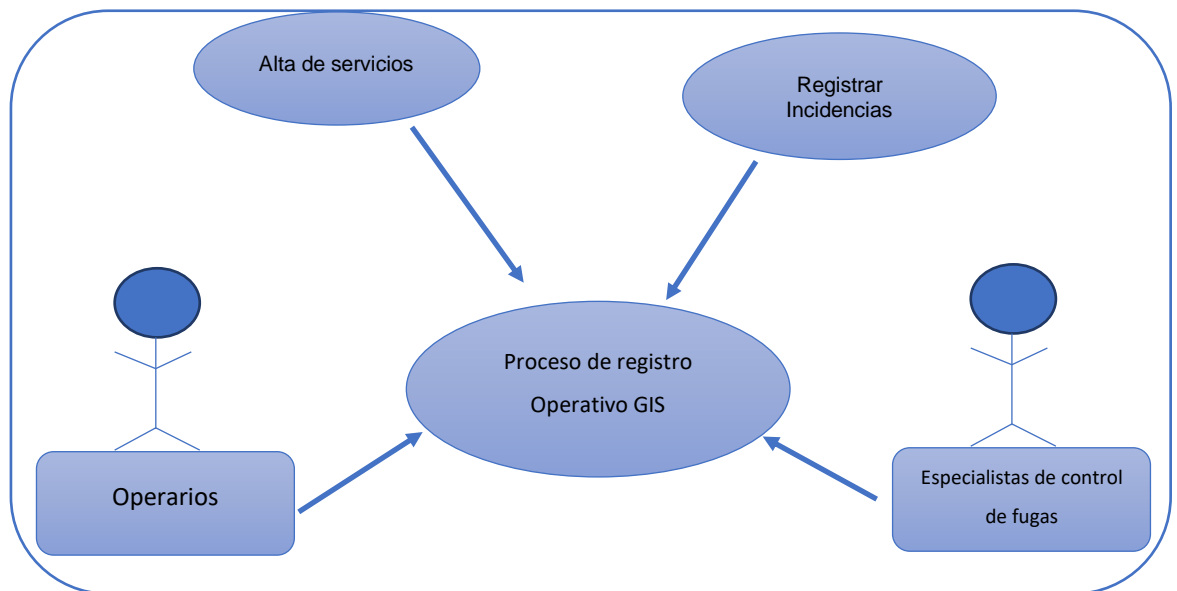


Figura 16: Proceso de registro operativo GIS

Elaborado por: el autor

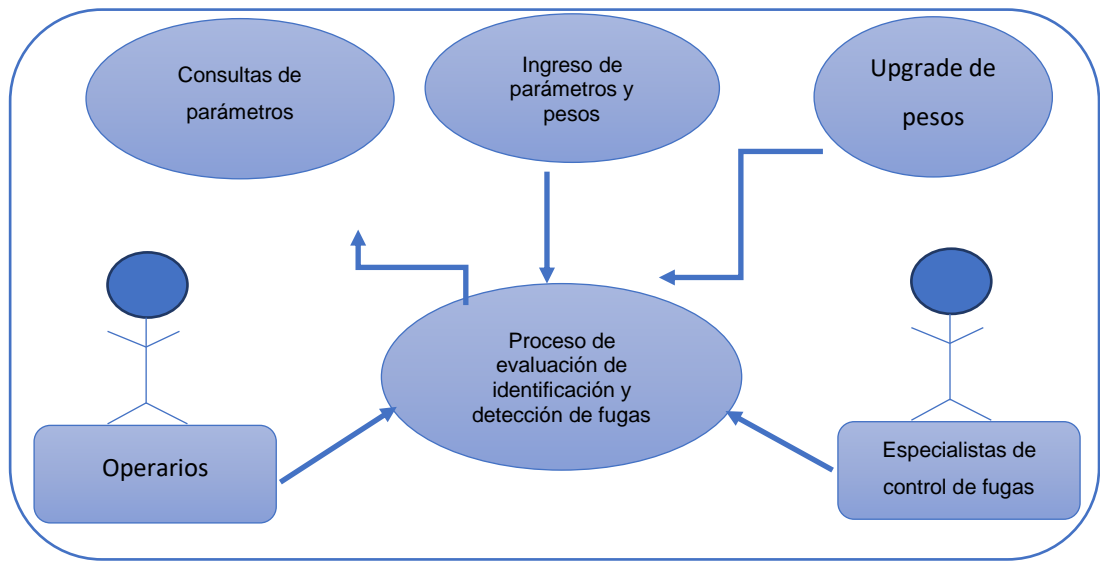


Figura 17: Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas

Elaborado por: el autor

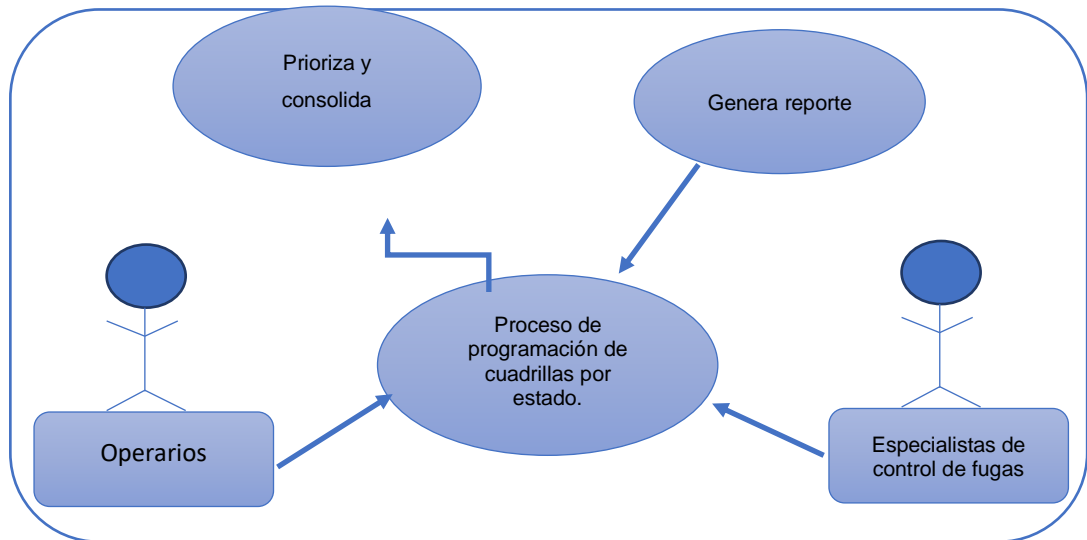


Figura 18: Proceso de programación de cuadrillas por estado.

Elaborado por: el autor

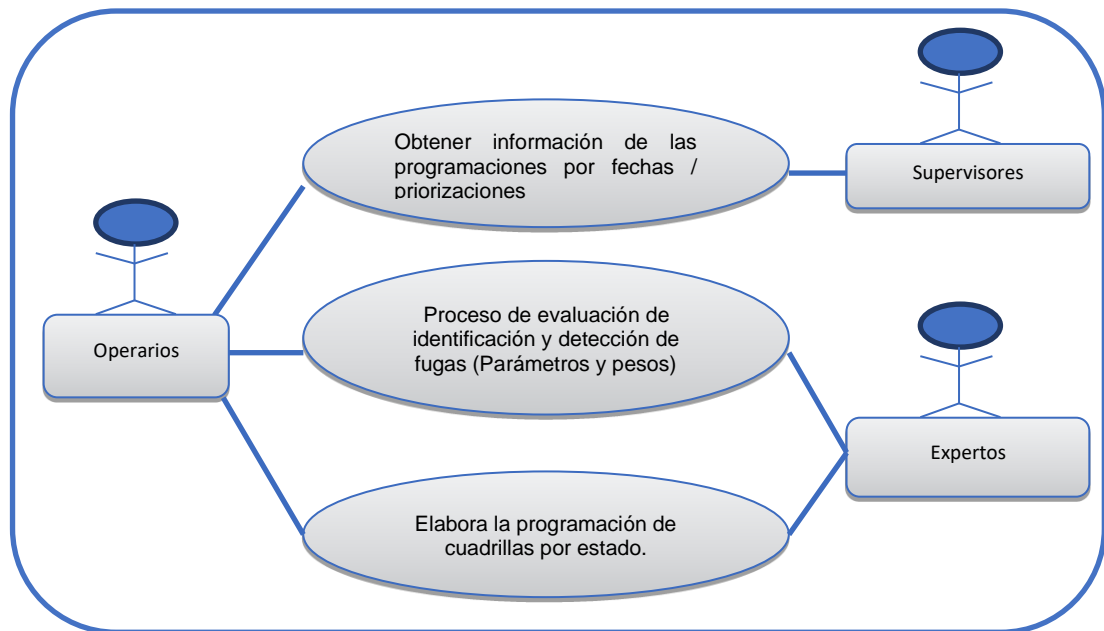


Figura 19: Proceso general

Elaborado por: el autor

3.5.2 Reingeniería de los procesos

Tabla 14: MO - Proceso de autenticación e integración

Esquema de la organización		Proceso de Autenticación e integración				
Activity	Responsable	Área	Recurso en general	Prioridad	Estado	
1.1 Acceso al sistema experto y generar la conexión de la API	Operarios Supervisor es Especialistas de control de fugas	Área de control de fugas operativa Outsourcing	Conocimiento del personal (Reglamento de IT). Políticas de seguridad ISO 27001	Si	Alta	

Elaborado por: el autor

Tabla 15: MO - Descripción de Proceso de registro operativo GIS

Esquema		Proceso de registro operativo GIS				
N°	Act.	Owner	Área	Recurso en general	Prioridad	Estado
1.2	Proceso de registro operativo GIS	Operarios Supervisor Especialista de control de fugas	Área de control de fugas Monitoreo	Conocimiento del proceso de incidencias Conocimiento de la categorización de los incidentes Conocimiento del proceso de AMB de servicios	Si	Muy Alta
1.3	Alta de servicios	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas	Área de control de fugas	Conocimiento del proceso de AMB de servicios Conocimiento del proceso de requerimientos	Si	Alta

Elaborado por: el autor

Tabla 16: MO - Descripción de evaluación de identificación y detección

Esquema de la organización						
Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas						
N°	Activity	Responsable	Área	Recurso en general	Prioridad	relevancia
1.5	Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas	Supervisor Especialistas de control de fugas	Área de control de fugas	Conocimientos de los factores que determinan una evaluación por parte de los expertos. Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros	Si	Muy Alta
1.6	Consultas de parámetros	Supervisor Especialistas de control de fugas Operarios	Área de control de fugas	Conocimientos de los factores que determinan una evaluación por parte de los expertos. Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros	Si	Alta

1.7	Ingreso de parámetros y pesos	Supervisor es Especialistas de control de fugas Operarios	Área de control de fugas	Conocimientos de los factores que determinan una evaluación por parte de los expertos.	Si	Alta
-----	-------------------------------	---	--------------------------	--	----	------

Elaborado por: el autor

Tabla 17: MO - Descripción de procesos de programación

Esquema de la organización		Proceso de programación de cuadrillas por estado				
N°	Activity	Responsable	Área	Recurso en general	Prioridad	
1.9	Proceso de programación de cuadrillas por estado	Supervisor Especialista de control de fugas	Área de control de fugas Áreas externas	Conocimientos de las programaciones y distribución de las cuadrillas Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas	Muy Alta	

Elaborado por: el autor

Formulario OM-3

Listado base del conocimiento

Tabla 18: Listados de recursos basado en el conocimiento

Esquema de la organización	OM-3 Listados de recursos basado en el conocimiento					
	Conocimiento	Resp.	Ítem	Es valido	Ubicación	El factor tiempo
Expertis y saberes del personal (Reglamento de IT).	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas	1.1	Si	Si	Si	Si
Políticas de seguridad ISO 27001	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas	1.1	Si	Si	Si	Si
Conocimiento del proceso de incidencias	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas		Si	Si	Si	Si

Conocimiento de la categorización de los incidentes	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si
Conocimiento del proceso de AMB de servicios	Supervisores Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si
Conocimiento del proceso de requerimientos	Supervisores Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si
Conocimientos de los factores que determinan una evaluación por parte de los expertos.	Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si
Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros	Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si
Conocimiento de los sistemas operacionales GIS	Operarios Supervisores	Si	Si	Si	Si

	Especialistas de control de fugas				
Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas	Operarios Supervisores Especialistas de control de fugas	Si	Si	Si	Si

Elaborado por: el autor

Formulario OM-4

Elementos del documento de viabilidad

Tabla 19: Elementos documento de viabilidad

Elementos	Descripción	puntaje
Es viable si o no el Negocio	Sirve de apoyo a los supervisores y operarios Los expertos apoyan en la obtención de los parámetro y pesos.	9
	Los controles de seguridad de los accesos y auditoria	9

Existe el compromiso por parte de los expertos, supervisores y operarios.	9
Framework de apoyo amigable y presenta	9
Puntaje	36
Puntaje Total	36

Elaborado por: el autor

3.5.6 Modelo de Tarea

Este modelo describe las tareas que realizan los agentes de la organización.

Formulario TM-1

Análisis y descripción de las tareas dentro del proceso

Tabla 20: TM1 - Obtener acceso al sistema experto

Tarea	Obtener acceso al sistema experto y generar la conexión de la API
Organización	Área de control de fugas
Objetivos y Valores	Seleccionar y brindar el servicio que solicitan los supervisores y operarios
Objetos Manejados	Entrada: Proceso de autenticación e integración Salida: Validación de accesos
Tiempo	Contar con accesos del área de IT Post condición: Acceso al sistema

Agentes	Operarios, especialistas de control, Especialista IT y Supervisores.
Conocimientos y Competencias	Conocimiento del personal (Reglamento de IT). Políticas de seguridad ISO 27001
Recursos	Listado de incidencias Listado de programaciones manuales Software GIS Sistema operacional

Elaborado por: el autor

Tabla 21: TM2 - Proceso de registro Operativo GIS

Tarea	Proceso de registro Operativo GIS
Organización	Área de control de fugas
Objetivos y Valores	Alta de servicios y registrar incidencias
Objetos Manejados	Entrada: Alta de servicios y registros de incidencias Salida: Registro de nuevo servicio y registro de incidentes por causales de fuga.
Tiempo	Multiacceso por terminales registradas Registrar el servicio con Orden de pedido y registrar los incidentes previo tique de cliente. Post condición: Consulta de altas de servicios e incidentes reportados.
Agentes	Operarios, especialistas de control de fugas y Supervisores.

Saberes	saberes del proceso de incidencias saberes de la categorización de los incidentes Conocimiento del proceso de AMB de servicios Conocimiento del proceso de requerimientos
Recursos	Listado de incidencias Listado de programaciones manuales Software GIS y Sistema operacional

Elaborado por: el autor

Tabla 22: TM3 - Proceso de evaluación

Tarea	Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas
Organización	Área de control de fugas
Objetivos y Valores	Proceso completo de evaluación con opción de consultas de parámetros, ingreso de parámetros y pesos, y Upgrade
Objetos	Entrada: ingreso de parámetros y pesos; y Upgrade.
Manejados	Salida: consultas de parámetros. Evaluación de identificación y detección de fugas.
Tiempo	Multiacceso por terminales registradas Ingreso de parámetro base, que luego se contrastaran con las variables y pesos. Al interno aplicara las reglas para su evaluación. Post condición: reporte de evaluación.
Agentes	Supervisores y Especialistas de control de fugas

Conocimientos y Competencias	Conocimientos de los factores que determinan una evaluación por parte de los expertos. Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros Conocimiento de los sistemas operacionales GIS Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas
Recursos	Catalogo manual de variables y esos Listado de programaciones manuales y software GIS Sistema operacional

Elaborado por: el autor

Tabla 23: TM4 - Proceso de programación de cuadrillas por estado

Tarea	Proceso de programación de cuadrillas por estado.
Organización	Área de control de fugas
Objetivos y Valores	Proceso de programación de cuadrillas por estado., que permite priorizar y consolidar, además de generar reporte
Objetos Manejados	Entrada: Prioriza y consolida Salida: Genera reporte del Proceso de programación de cuadrillas por estado.

Temporización y Control	<p>Frecuencia: Multiacceso por terminales registradas</p> <p>Duración: baja</p> <p>Precondición: Ingreso de prioriza y consolidar para generar el reporte de salida sobre el proceso de programación de cuadrillas por estado.</p> <p>Post condición: reporte de programación de cuadrillas.</p>
Agentes	Especialistas de control de fugas y Operarios
Conocimientos y Competencias	<p>Conocimientos de las programaciones y distribución de las cuadrillas</p> <p>Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros</p> <p>Conocimiento de los sistemas operacionales GIS</p> <p>Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas</p> <p>Conocimientos de las programaciones y distribución</p> <p>Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas</p>

Elaborado por: el autor

Formulario basado en CK - TM-2

Listado de saberes y conocimiento

Tabla 24: Ítem de conocimiento del operario

Modelo de tareas	Ítem de conocimiento del operario
Nombre	Ítem de conocimiento del operario
Optativo y poseedor	Operarios
Utilizado por	<p>1.1 Proceso de autenticación e integración</p> <p>1.2 Proceso de registro operativo GIS</p>
Dominio	Are de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 25: Detalle del conocimiento del operario

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-
Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Aplicado	-	-
Piloto	-	-
Complicado	-	-
Intransferible a la operación	No	Si
Saber practico	Si	Si
lógico	Si	-
Papel	Si	Si

Elaborado por: el autor

Tabla 26: Ítem de conocimiento de supervisores

Actividades	Expertis de los supervisores
Datos	Ítem de saberes de supervisores
De	Supervisores en general
Utilizado por	1.1 Proceso de autenticación e integración 1.2 Proceso de registro operativo GIS 1.3 Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas

1.4 Proceso de programación de cuadrillas
por estado.

Dominio Are de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 27: Detalle de conocimiento de supervisores

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-
Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Complicado	-	-
Intransferible a la operación	No	Si
Saber practico	Si	Si
Lógico	Si	-
Papel	Si	Si

Elaborado por: el autor

Tabla 28: Elemento de conocimiento del especialista

Método de actividades y tareas	Saberes de supervisores
Nombre	Ítem de conocimiento de especialista de control de fugas
Poseído por	Especialistas de control de fugas

Usado en	1.1 Proceso de autenticación e integración 1.2 Proceso de registro operativo GIS 1.3 Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas 1.4 Proceso de programación de cuadrillas por estado.
Dominio	Área de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 29: Detalle de conocimiento de especialista de control de fugas

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-
Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Aplicado	-	-
Piloto	-	-
Complicado	-	-
Intransferible a la operación	No	Si
Electrónica	Si	-
Habilidades	-	-
Disponibilidad del Conocimiento	-	Si

Elaborado por: el autor

Tabla 30: Elemento de conocimiento del proceso de incidencias

Modelo de Tareas	Ítem de conocimiento del proceso de incidencias
Nombre	Conocimiento del proceso de incidencias
Poseído por	Supervisores, operarios y especialistas.
Usado en	1.1 Proceso de autenticación e integración 1.2 Proceso de registro operativo GIS
Dominio	Área de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 31: Elemento de conocimiento del proceso de incidencias

Modelo de Tareas	Ítem de proceso
Nombre	Proceso
Poseído por	Supervisores, operarios y especialistas.
Usado en	Proceso den general
Dominio	Área de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 32: Ítem de conocimiento del proceso de incidencias

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-

Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Aplicado	-	-
Complicado	-	-

Elaborado por: el autor

Tabla 33: Elemento de conocimiento del proceso de evaluación

Modelo de Tareas	Ítem del proceso de evaluación de identificación y Detección
Nombre	Proceso de evaluación de identificación y detección
Poseído por	Especialista de control de fugas
Usado en	1.3Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas
Dominio	Área de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 34: Cuello de botella del proceso de evaluación

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-

Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Aplicado	-	-
Complicado	-	-
Intransferible a la operación	No	Si
Saber practico	Si	Si
Lógico	Si	-

Elaborado por: el autor

Tabla 35: Elementos: del proceso de programación de cuadrillas

Modelo de Tareas	Ítem del proceso de programación de cuadrillas por estado
Nombre	Proceso de programación de cuadrillas por estado
Poseído por	Especialista de control de fugas y supervisores
Usado en	1.3 Proceso de evaluación de identificación y detección de fugas 1.4 Proceso de programación de cuadrillas por estado
Dominio	Área de control de fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 36: Proceso de programación

Saberes	(Si/No)	Existe algún cuello de botella en el flujo
Controlado y exigente	Si	-
Objetivo	-	-
Hermético	Si	-

Expertis	No	-
Experiencia usuaria	Si	-
Aplicado	-	-
Papel	Si	Si
Electrónica	Si	-
Habilidades	-	-
Disponibilidad del Conocimiento	-	Si

Elaborado por: el autor

3.5.7 Modelado de Agentes

Tabla 37: Operarios

Modelado	Agente
Datos	Operarios
Empresa	experto Efectuar evaluaciones de fugas y programaciones para las cuadrillas.
Por	Obtener información de los incidentes (Registro y alta de servicios) Consultar información de las evaluaciones.
Se comunica con	Supervisor Especialista de control y fugas

Elaborado por: el autor

Tabla 38: Supervisores

Modelado	Agente
Datos	Supervisores
Empresa	Experto supervisor Estructura: Área de control de fugas

	1.1 Obtener evaluaciones de fugas y programaciones para las cuadrillas.
De	1.2 Obtener reportes de atención de incidentes 1.3 Consultar información de las evaluaciones y programaciones de cuadrillas.
Se comunica con	Operarios y especialista de control de fugas.
	Conocimientos de las programaciones y distribución de las cuadrillas
Conocimiento	Conocimiento de los pesos de las variables y parámetros
	Conocimientos de las programaciones y distribución de las cuadrillas
	Conocimiento de la ficha de evaluación de fugas
Otras Competencias	Informar, atender y generar reportes de programaciones según las evaluaciones de control de fugas.
	Responsabilidades: Genera ordenes de trabajo para las cuadrillas.
Responsabilidades y Restricciones	Supervisión de operarios, especialistas y terceros

Elaborado por: el autor

3.5.8 Modelo de conocimiento

Como parte del modelo de conocimiento, se plasmará la base de conocimientos para la evaluación de identificación y detección de fugas se aprecia en la tabla 35.

Tabla 39: Arquitectura física y lógica

Modelado	Detalle técnico
Modelado	El especialista de control de fugas registra los datos de parámetros necesarios, incluyendo datos de parámetros que provienen del sistema operacional GIS, con el objetivo de realizar la evaluación obtener resultados, que determinaran que rangos son programables para las cuadrillas

Elaborado por: el autor

Tabla 40: Plataforma de desarrollo

Diseños	Especificación de la plataforma
Parte física HW	Laptop y servidores
Saberes	Reglas de Conocimiento basada en parámetros y reglas con pesos.

Elaborado por: el autor

En la figura 20 se muestra el proceso del sistema experto, donde existe relación en los datos de ingreso y salida.

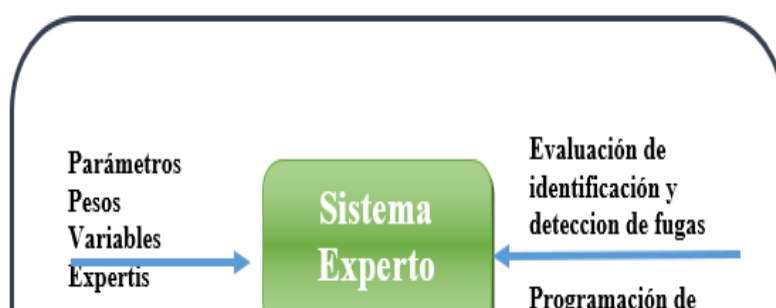


Figura 20: Diagrama de entrada y salida

Elaborado por: el autor

3.6 Desarrollo de la metodología SCRUM

3.6.1 Análisis y diseño de procesos

SEDAPAL, empresa con mayor presencia a nivel nacional en el servicio de agua potable, en diciembre de 2021 reporto un total de 68,040,499.590 del volumen mensual de agua por el centro de servicio.

Como parte del equipo de trabajo, cuenta con seis unidades móviles para la detección de fugas no visibles, cuya meta mensual comprende una revisión de 250 kilómetros, para más detalle revisar el anexo 6, sobre la sectorización en Lima y Callao (Sedapal, 2018). Es decir, los tiempos de detección, registro y validación de fugas no visibles en Lima y Callao, corresponde a 52 horas en promedio, generando una baja calidad del servicio por las interrupciones no programadas.

El problema crítico que se detectó con los reportes del equipo de control y reducción de fugas no visibles de la empresa Sedapal, se evidenció el reporte anual del 2021, filtrado por el centro de servicio, distritos, el km de revisión número de conexiones, con el fin de evidenciar las fugas detectadas y reparadas (Sedapal, 2018).

Para el periodo del 2021 en el distrito de Ate Vitarte, se identificaron un total de 153 fugas no visibles, los cuales se llegaron a reparar un total de 90, generando una eficiencia del 59%, estando por debajo del umbral internacional y del ente regulador de la Sunass. Sedapal como propuesta tecnológica desea implementar un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles en SEDAPAL.

3.6.2 Ejecución del proyecto

La ejecución del proyecto se realiza utilizando la metodología flexible SCRUM, aprovechando su enfoque dinámico al momento de trabajar en un proyecto, enfocándose en iteraciones rápidas de identificación de variables que afectan la tubería, como fecha de instalación, materiales, contratistas, para la detección temprana de fugas de agua invisibles, evitando resultados finales insatisfactorios.

3.6.3 Roles para la ejecución del proyecto

Tabla 41: Roles para la ejecución del proyecto

Rol	Persona a cargo
Product Owner	Reyes Renan
Scrum Máster	Espino Cárdenas Hans

3.6.4 Herramientas de SCRUM

El team de proyectos del Squad de desarrollo, comprende una distribución por mesas ágiles para atender los pedidos en la organización. Los equipos de trabajo presentan una gestión autónoma para el avance de sus actividades de acuerdo con los Sprints de forma semanal. Asimismo, considerando que el team de scrum, comprende especialistas de diferentes torres de servicio para la capa de infraestructura, desarrollo y gestión. Es decir, presenta un equipo multifacético, con un trabajo iterativo que enriquece el equipo de trabajo y optimiza el envío de sus entregables.

El product Owner del team de proyecto de la organización, comprende la responsabilidad de la gestión en el listado de actividades que están pendientes para el avance del sistema experto. Es decir, tiene un rol que comprende la etapa de gestión que es el control, dirección y organización de las actividades de desarrollo.

Respecto al equipo de desarrollo, comprenden la fase de construcción del sistema experto de acuerdo con los lineamientos del product Owner, que busca que el sistema experto herede el conocimiento del experto en función a las reglas. El team técnico, posee las habilidades técnicas y blandas, para poder plasmar la lógica del experto, de acuerdo con la línea de tiempo en los Sprints y la retroalimentación de mejora como parte de la madurez del proceso de control del servicio.

Por último, el scrum máster del proyecto está enfocado a los lineamientos del servicio de IT y sus procesos, para poder llevar adelante la construcción de la solución con la gestión respectiva, para que el producto pase del ambiente de desarrollo a certificación y luego al ambiente productivo en los tiempos establecidos. además, de respetar los controles de cambio que ameriten por los especialistas de desarrollo.

Tabla 42*Actividades y Roles para la ejecución del proyecto*

Rol	Profesional	Actividad	Participación
Product Owner	Renan Reyes (Especialista del Equipo de Registro y Control de Fugas)	- Encargado de realizar los requerimientos para la construcción del sistema.	10
		- Revisa y evalúa las funcionalidades del sistema implementado.	
		- Realiza pruebas funcionales de los módulos. - Reuniones de coordinación de acuerdo con el cronograma del proyecto.	
Scrum Máster	Hans Espino (Analista del Equipo de Tecnologías de Información)	- Realizar el Split de historias de usuarios.	80
		- Ordenar los ítems del Product Backlog.	
		-- Facilitar las reglas a implementar para el sistema experto.	
		- Solución a posibles desacuerdos.	
Scrum Team	Frank Castillo (Programador)	- Implementación del modelo de base de datos.	10
		- Implementación de la base del conocimiento.	
		- Desarrollo del Backend del Sistema Experto.	
		- Desarrollo del Front End del Sistema Experto.	

Elaborado por: el autor

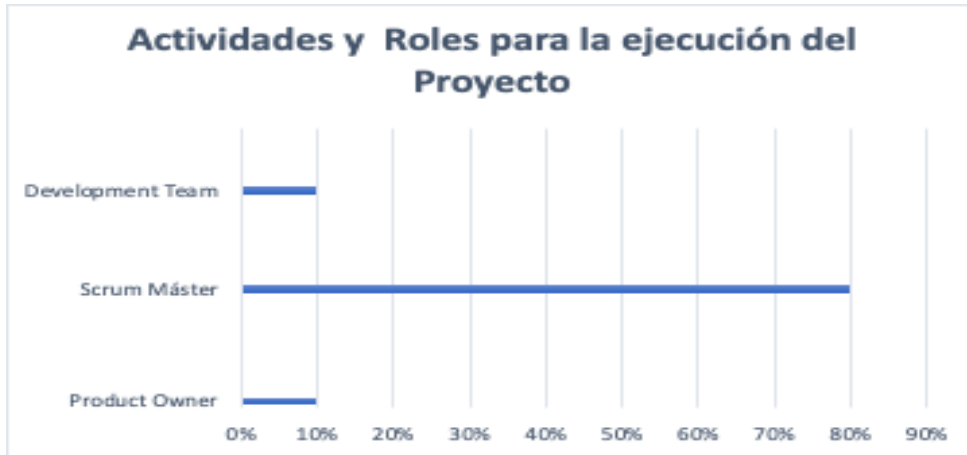


Figura 21: Roles para la ejecución del proyecto

Elaborado por: el autor

Se procedió a realizar el registro a nivel de requerimiento de la implementación de un sistema experto que permita determinar las detecciones de Fugas no Visibles en las tuberías a fin de detectar en forma temprana posibles pérdidas de agua.

sedapal		FORMULARIO		Código	: GDIFO005
		Requerimiento de Desarrollo y/o Mantenimiento de Sistemas de Información		Revisión	: 02
				Aprobado	: J-ETIC
				Fecha	: 2015.09.10
				Página	: 1 de 2
1. REQUERIMIENTO N°:			FECHA REQ.:	18/04/2022	
2. GERENCIA / EQUIPO: GPDP			ECRF		
3. TIPO DE DESARROLLO:			<input type="checkbox"/> Mantenimiento <input checked="" type="checkbox"/> Nuevo Sistema		
4. SISTEMA:			<input type="checkbox"/> OPEN SGC <input type="checkbox"/> SGIO <input type="checkbox"/> SAP <input checked="" type="checkbox"/> OTROS Indicar: WEB		
5. TIPO DE REQUERIMIENTO:			(T) Tarea (x) Proyecto		
6. TÍTULO: Fugas No Visibles					
7. RESPONSABLES:					
Líder Usuario: Renan Reyes			Responsable de Servicio: Hans Espino		
8. AFECTADOS RELEVANTES:					
N°	Nombres y Apellidos	Gerencia / Equipo	Cargo		
	Todos los ECRF	GPDP/ECRF	-		
9. EVALUACIÓN DE IMPACTO:					
N°	Nombre del elemento de infraestructura	Tipo de elemento (Aplicativo, Servidor de Aplicaciones, Servidor de Comunicaciones, Base de Datos, Firewall, Router, entre otros)			
1					
10. DETALLE DEL REQUERIMIENTO:					

Figura 22: Formulario requerimiento

Elaborado por: el autor

3.6.5 Metodología de desarrollo del proyecto

El proyecto de investigación utiliza el desarrollo de una metodología ágil de acuerdo con el análisis realizado. Asimismo, la metodología elegida es el marco de trabajo es SCRUM, teniendo como objetivo realizar de manera óptima el desarrollo del aplicativo experto para realizar la identificación de Fugas no Visibles, utilizando un conocimiento experto en base a reglas como principal característica.

3.6.6 Stakeholders proyectos

Dentro del proyecto que se va a desarrollar se identifica en la tabla 39 los Stakeholders pertenecientes al proyecto.

Tabla 43: Stakeholders

Involucrados Directos	Involucrados Indirectos	Excluidos/ Neutrales	Oponentes Potenciales
Personal del Equipo de Fugas no Visibles	Contratistas, Proveedores, Unidades Móviles	Empresas de Agua y Alcantarillado en el ámbito Nacional.	Usuarios de Servicio de Agua
Personal del Equipo de Tecnologías de Informática y Telecomunicaciones	Empresa de Agua y Alcantarillado Sedapal	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento	

Elaborado por: el autor

3.6.7 Metodología de desarrollo del proyecto (SCRUM)

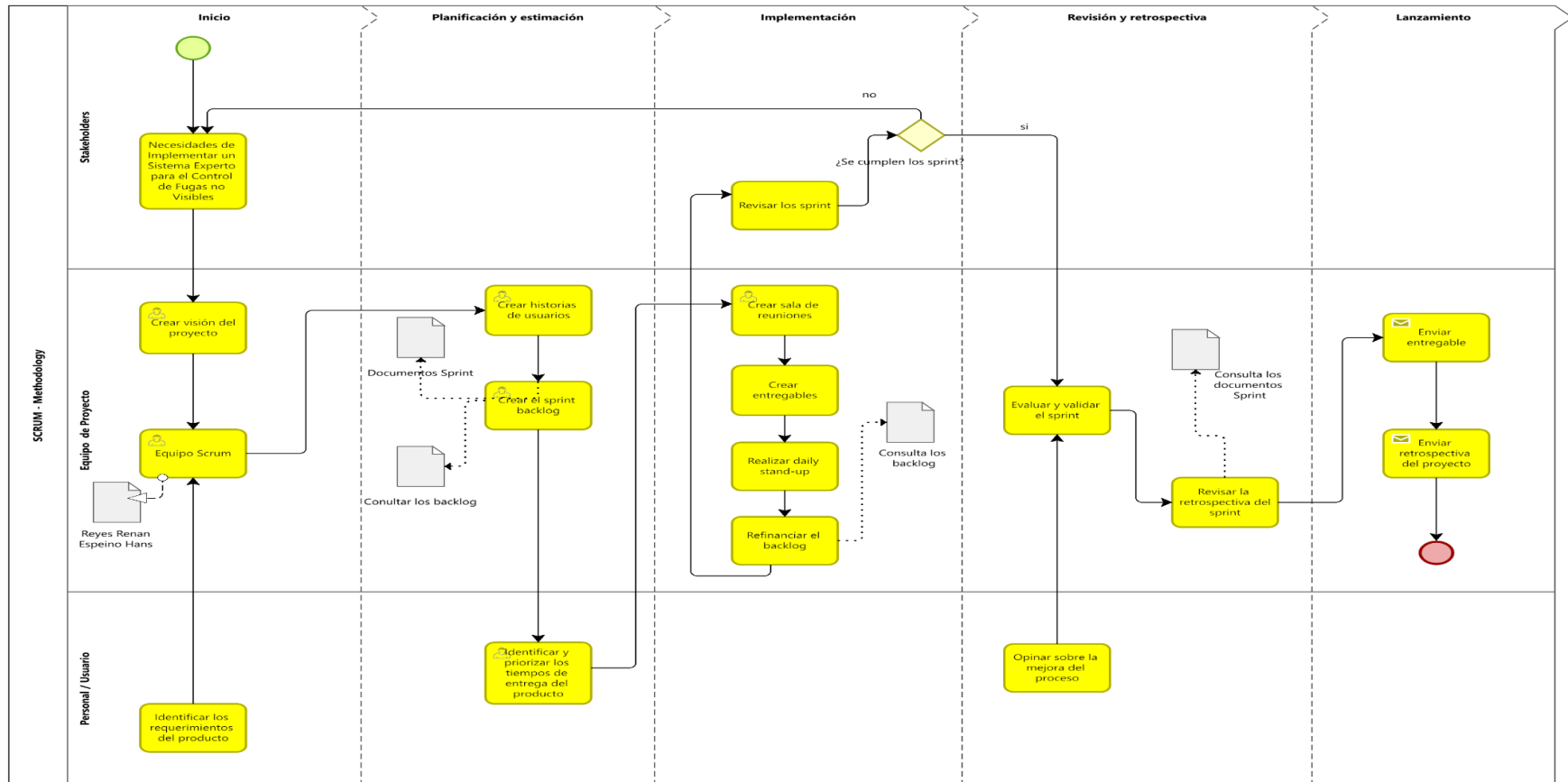


Figura 23: Diagrama Scrum

Elaborado por: el autor

3.6.8 Requerimientos del proyecto

Dentro del desarrollo del proyecto a implantar se procedió a definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema experto, como se visualiza en la tabla 40 y 41.

Tabla 44: Requerimientos funcionales

Id	Descripción	Historia de usuario
RF01	Se proporcionará las credenciales de acceso a los usuarios mediante correo electrónico.	
RF02	Se utilizará el perfil administrador para generar las credenciales de acceso.	
RF03	Se crearán credenciales de accesos para usuario con perfil Analista y supervisor equipo control y reducción de fugas ECRF. También para contratistas.	HU1: Crear credenciales de
RF04	Deberá permitir acceder a la aplicación web con el usuario proporcionado.	acceso
RF05	Deberá tener la opción recuperar contraseña en la pantalla del login.	
RF06	Se enviará un correo electrónico al usuario para recuperar su contraseña.	
RF07	Debe permitir consultar la sugerencia de programación y programación definitiva.	HU2: Consultar las
RF08	Debe permitir consultar en la web la programación definitiva el contratista, para poder asignar al personal con la inspección.	Programacione s con el perfil Analista y

		Supervisor ECRF.
RF09	Debe permitir al Analista poder generar las sugerencias de programación.	HU3: Aprobación de
RF10	Debe permitir al Analista de ECRF poder generar la programación definitiva.	la programación definitiva por
RF11	Aprobación de la programación definitiva, por parte del supervisor de ECRF.	parte del Supervisor de ECRF.
RF12	Registra la carga de trabajo y ejecuta los requerimientos en campo.	HU4: Registro de fugas por
RF13	Revisa la carga de trabajo y asigna al operador contratista.	parte del supervisor contratista.
RF14	Registro de información de campo en formulario por parte del operador contratista y actualiza la misma en la base de datos fugas.	HU5: Registro de información en formulario y actualiza base datos de fugas.
Elaborado por: el autor		

Tabla 45: Requerimientos no funcionales

Id	Descripción	Historia de usuario
RNF0 1	La aplicación web deberá ser intuitiva y no representar dificultad para su uso.	Aplica para todas las historias de usuario

RNF0 2	La aplicación web deberá estar disponible los 24x7x365 horas a través del explorador Google Chrome.	Aplica para todas las historias de usuario
RNF0 3	La aplicación deberá estar disponible si se ingresa desde una laptop o computadora personal.	Aplica para todas las historias de usuario
RFN0 4	Deberá permitir varios usuarios conectados en simultáneo	Aplica para todas las historias de usuario

Elaborado por: el autor

3.6.9 Product Backlog priorizado

Se realizó el product backlog considerando las historias de usuario según su priorización por sprint y su esfuerzo estimado para su desarrollo. Ver tabla 42.

Tabla 46: Product backlog priorizado

Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Prioridad	Sprint
N°1	HU1	Crear credenciales de acceso	1	
N°2	HU2	Consultar las Programaciones con el perfil Analista y Supervisor ECRF.	1	Sprint 1
N°3	HU3	Aprobación de la programación definitiva por parte del Supervisor de ECRF.	1	
N°4	HU4	Registro de fugas por parte del supervisor contratista.	1	Sprint 2

N°5	HU5	Registro de información en formulario y actualiza base datos de fugas.	2	
N°6	HU6	Desarrollo del Modelo de Datos (DB)	2	Sprint 3
N°7	HU7	Motor de Inferencia (Lógica)	2	
N°8	HU8	Registro de información de Fugas	3	
N°9	HU9	Desarrollo de Sección Generar Programación	3	
N°10	HU10	Desarrollo de Sección Registro de Inspección	3	
N°11	HU10	Desarrollo de las Principales Interfaces de Usuario (UI)	3	Sprint 4
N°12	HU10	Desarrollo de Sección Tablero de Mando - Mapas	3	
N°14	HU11	Desarrollo de Sección Reportes de fugas	3	

Elaborado por: el autor

3.6.10 Diagrama de caso de uso

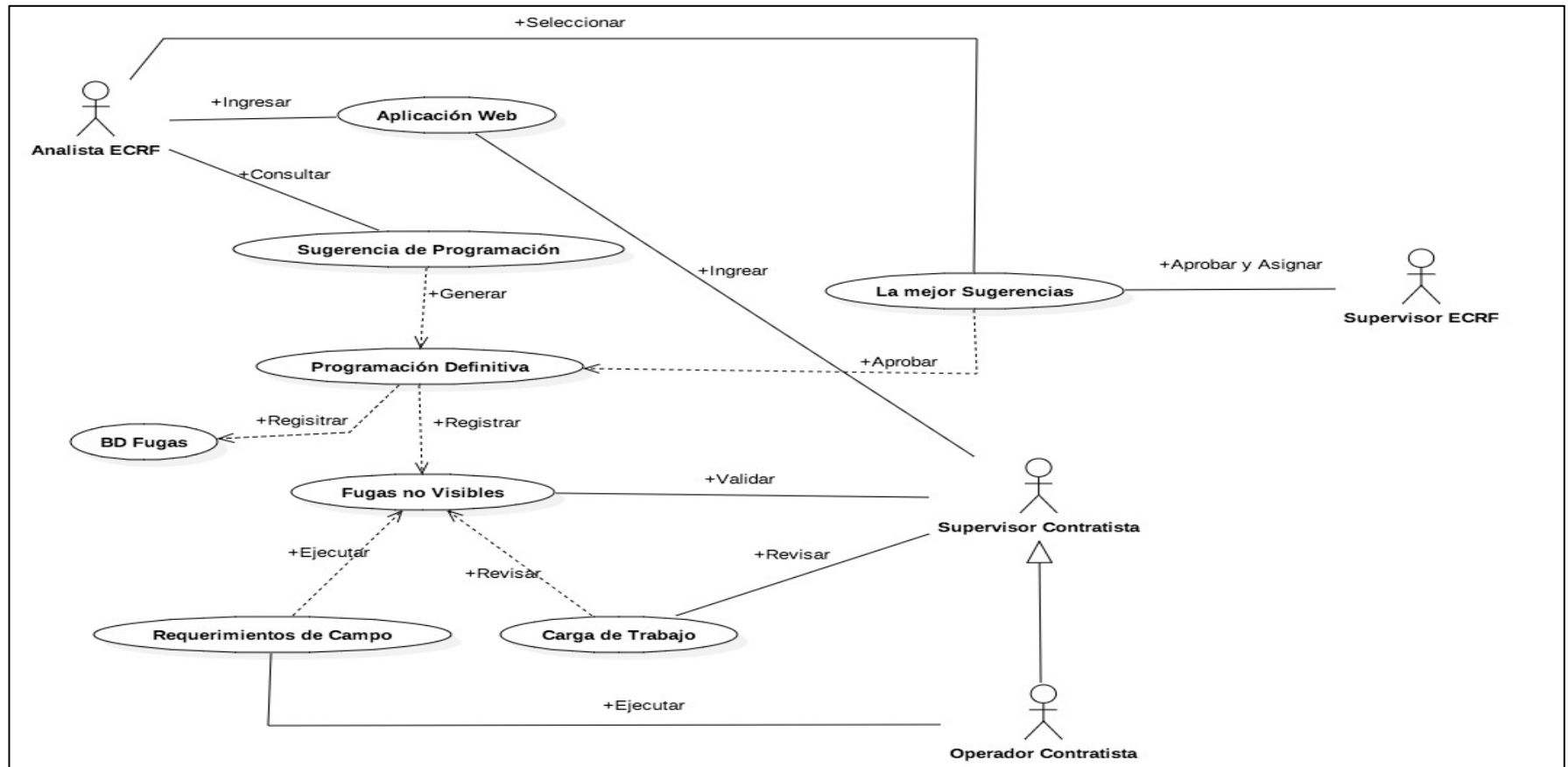
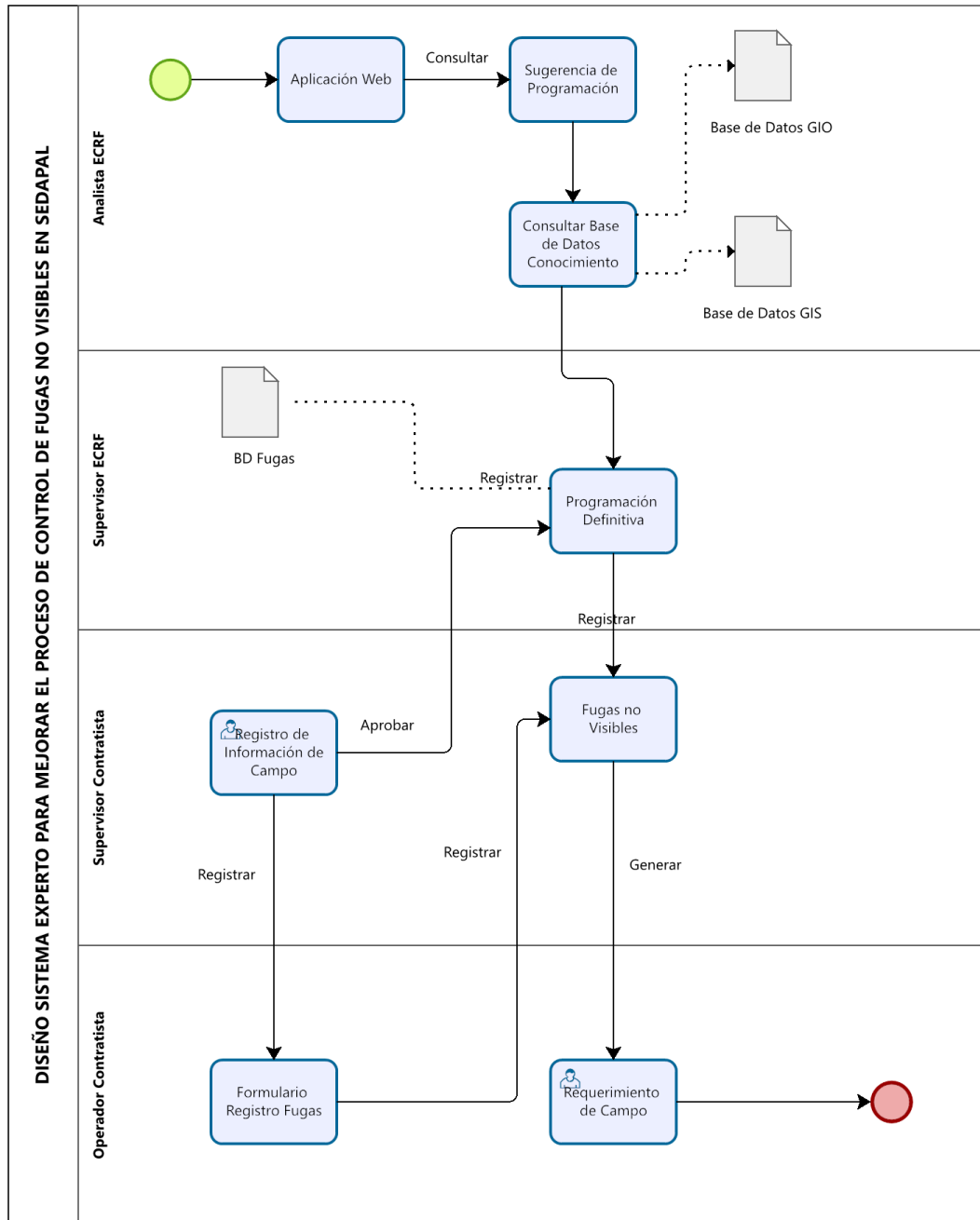


Figura 24: Diagrama de caso de uso

Elaborado por: el autor

3.6.11 Diagrama AS - IS



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 25: Diagrama AS-IS del Diseño Sistema Experto

Elaborado por: el autor

3.6.12 Diagrama TO - BE

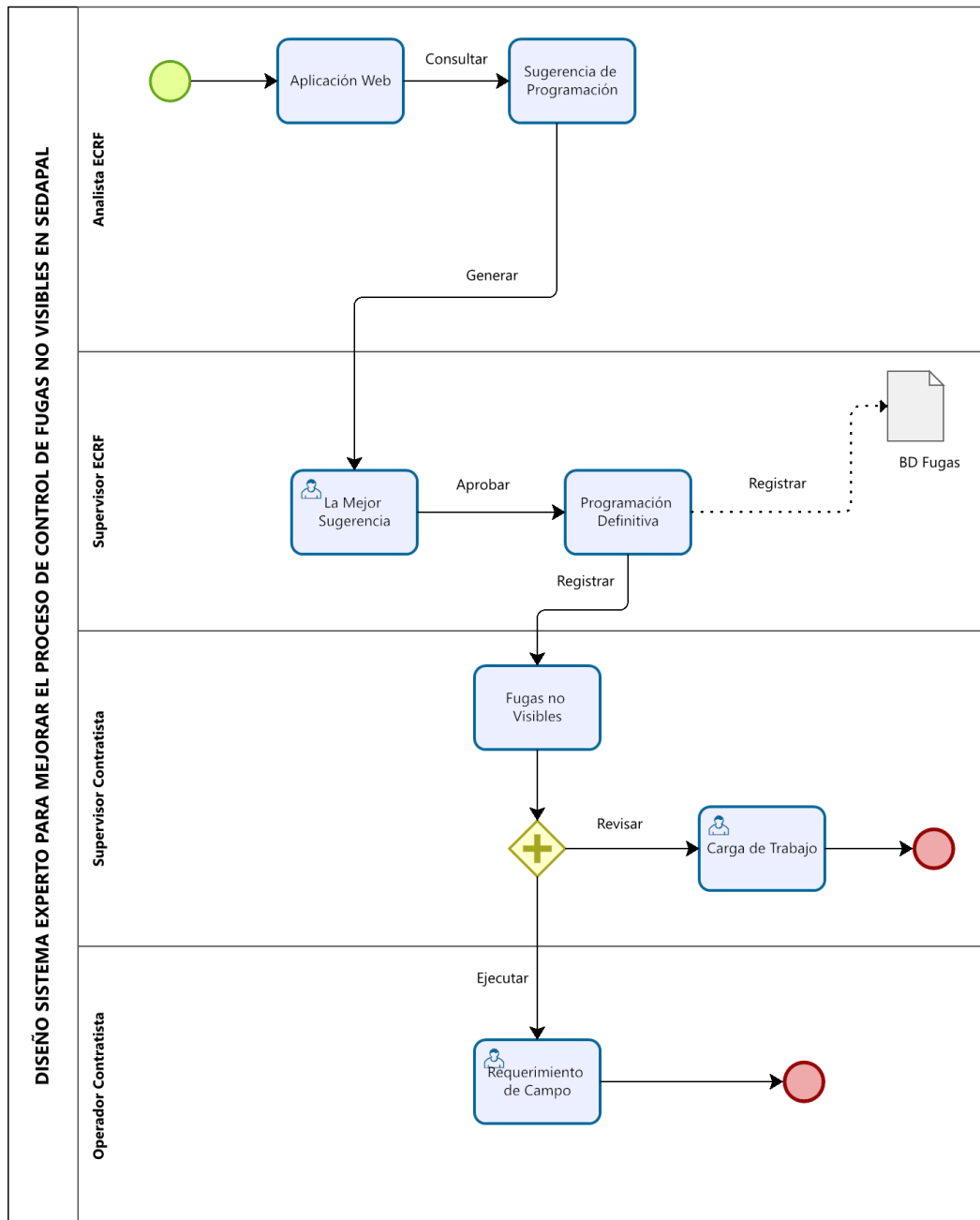


Figura 26: Diagrama To Be del Diseño Sistema Experto.

Elaborado por: el autor

3.6.13 Cronograma del proyecto

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos	Costo
1	♦ DISEÑO SISTEMA EXPERTO PARA MEJORAR EL PROCESO DE CONTROL DE FUGAS NO VISIBLES EN SEDAPAL	81 días	lun 3/7/22	lun 6/27/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 68,638.36
2	♦ Fase de Inicio	9 días	lun 3/7/22	jue 3/17/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 3,786.84
3	Acta de constitución del proyecto para el Desarrollo del Sistema Experto	1 día	lun 3/7/22	lun 3/7/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
4	Visión del Sistema Experto	1 día	mar 3/8/22	mar 3/8/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
5	Identificación de los Usuarios y el Equipo de Desarrollo	1 día	mié 3/9/22	mié 3/9/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
6	Asignación del equipo del Proyecto de Desarrollo	1 día	jue 3/10/22	jue 3/10/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
7	Propuesta para el Desarrollo del Proyecto AS Is - To Be	2 días	vie 3/11/22	lun 3/14/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 420.76
8	Análisis de los datos de ingreso,proceso y salida	1 día	mar 3/15/22	mar 3/15/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
9	Product backlog	1 día	mié 3/16/22	mié 3/16/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
10	Desarrollo del Cronograma de actividades	1 día	jue 3/17/22	jue 3/17/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
11	♦ Fase de Planeación	4 días	vie 3/18/22	mié 3/23/22	Reyes Renan[10%]	S/ 83.04
12	Elaboración historias de usuario	3 días	vie 3/18/22	mar 3/22/22	Reyes Renan[10%]	S/ 31.14
13	Creación de sprint backlog	1 día	mié 3/23/22	mié 3/23/22	Reyes Renan[10%]	S/ 10.38
14	♦ Fase de Ejecución	66 días	jue 3/24/22	jue 6/23/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 46,230.59
15	♦ Sprint 1: Planificación y Desarrollo	11 días	jue 3/24/22	jue 4/7/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 4,670.11
16	Levantamiento de información y requerimientos del área usuaria	2 días	jue 3/24/22	vie 3/25/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 420.76
17	Asignación de historias de usuario	2 días	lun 3/28/22	mar 3/29/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 420.76
18	Diseño de arquitectura del Sistema Experto	2 días	mar 3/30/22	jue 3/31/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 437.46
19	Diseño de base de datos del Sistema Experto	2 días	vie 4/1/22	lun 4/4/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 420.76
20	Revisión de la Base de Datos de Conocimientos	2 días	mar 4/5/22	mié 4/6/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 437.46
21	Reunión de Planificación del Desarrollo del Sistema Experto	1 día	jue 4/7/22	jue 4/7/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
22	♦ Sprint 2: Planificación y Desarrollo	20 días	vie 4/8/22	jue 5/5/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Castillo Frank[10%]	S/ 9,584.10
23	Corrección de lo realizado en Sprint 1 y/o finalizar actividades	2 días	vie 4/8/22	lun 4/11/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
24	Revisión y análisis de los requerimientos y necesidades	1 día	mar 4/12/22	mar 4/12/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
25	Desarrollo de los módulos del sistema experto	3 días	mié 4/13/22	vie 4/15/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 625.05
26	Creación de la base de datos para el sistema experto	2 días	lun 4/18/22	mar 4/19/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
27	Codificación de los módulos del Sistema experto	2 días	mié 4/20/22	jue 4/21/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
28	Revisión de los módulos y código fuente	2 días	vie 4/22/22	lun 4/25/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
29	♦ Funcionalidad - Acceso a la aplicación	6 días	mar 4/26/22	mar 5/3/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 2,500.20
30	Diseño de interfaz del sistema experto web	2 días	mar 4/26/22	mié 4/27/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
31	Codificación de inicio de sesión por web	3 días	jue 4/28/22	lun 5/2/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 625.05
32	Codificación de la ficha de registro web.	1 día	mar 5/3/22	mar 5/3/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
33	Pruebas y validación de datos	2 días	mié 5/4/22	jue 5/5/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
34	♦ Sprint 3: Planificación y Desarrollo	19 días	vie 5/6/22	mié 6/1/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 10,886.10
35	Corrección de lo realizado en Sprint 2 y/o finalizar actividades	1 día	vie 5/6/22	vie 5/6/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
36	Revisión y estimación de requerimientos	1 día	lun 5/9/22	lun 5/9/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
37	Refinar historias de usuario	2 días	mar 5/10/22	mié 5/11/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
38	♦ Menú principal de Analista ECRF	3 días	jue 5/12/22	lun 5/16/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 1,281.24
39	Diseño de interfaz del Perfil y registro de datos para analista	1 día	jue 5/12/22	jue 5/12/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
40	Codificación (integración de modelo)	1 día	vie 5/13/22	vie 5/13/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
41	Pruebas	1 día	lun 5/16/22	lun 5/16/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
42	Review y retrospectiva	1 día	mar 5/17/22	mar 5/17/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
43	♦ Menú principal de Supervisor ECRF	11 días	mié 5/18/22	mié 6/1/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 4,583.70
44	Diseño de interfaz	1 día	mié 5/18/22	mié 5/18/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
45	Codificación (integración de modelo)	7 días	jue 5/19/22	vie 5/27/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 1,458.45
46	Pruebas	2 días	lun 5/30/22	mar 5/31/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 416.70
47	Review y retrospectiva	1 día	mié 6/1/22	mié 6/1/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
48	♦ Sprint 4: Planificación y Desarrollo	10 días	jue 6/2/22	mié 6/15/22	Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 5,341.72
49	Corrección de lo realizado en Sprint 3 y/o finalizar actividades	1 día	jue 6/2/22	jue 6/2/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
50	Revisión y estimación de requerimientos	1 día	vie 6/3/22	vie 6/3/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 210.38
51	Refinar historias de usuario	2 días	lun 6/6/22	mar 6/7/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 420.76
52	♦ Menú principal de Operario/Supervisor Contratista	6 días	mié 6/8/22	mié 6/15/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 2,500.20
53	Diseño de interfaz	1 día	mié 6/8/22	mié 6/8/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
54	Codificación	4 días	jue 6/9/22	mar 6/14/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 833.40
55	Pruebas	1 día	mié 6/15/22	mié 6/15/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 208.35
56	Integración de módulos de la aplicación	1 día	jue 6/16/22	jue 6/16/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
57	Pruebas funcional (Regresión)	1 día	vie 6/17/22	vie 6/17/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
58	Pruebas no funcionales de la aplicación	1 día	lun 6/20/22	lun 6/20/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
59	Realizar manual de usuario	2 días	mar 6/21/22	mié 6/22/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 437.46
60	Review y retrospectiva	1 día	jue 6/23/22	jue 6/23/22	Castillo Frank[10%],Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 218.73
61	♦ Fase de Cierre	2 días	vie 6/24/22	lun 6/27/22	Espino Cárdenas Hans[80%],Reyes Renan[10%]	S/ 820.76
62	Reunión con el cliente,entrega del proyecto	2 días	vie 6/24/22	lun 6/27/22	Espino Cárdenas Hans[80%]	S/ 400.00

Figura 27: Cronograma de implementación de la gestión por procesos

Elaborado por: el autor

3.6.14 Calendario de Recursos Humanos

Nombre: Iniciales: Capac. máx.: Anterior

Costos Cal. base:

Tasa estándar: Por uso: Grupo:

Tasa h. extra: Acumular: Código:

Proyecto	Id	Nombre de tarea	Trabajo	traso por redis	Retraso	Comienzo programad	Fin programado
Cronograma de	14	Fase de Ejecución	66h	0d	0d	jue 24/03/22	jue 23/06/22
Cronograma de	22	Sprint 2: Planificación y Desarrollo	20h	0d	0d	vie 8/04/22	jue 5/05/22
Cronograma de	34	Sprint 3: Planificación y Desarrollo	19h	0d	0d	vie 6/05/22	mié 1/06/22
Cronograma de	1	DISEÑO SISTEMA EXPERTO PARA MEJ	81h	0d	0d	lun 7/03/22	lun 27/06/22

Nombre: Iniciales: Capac. máx.: Anterior

Costos Cal. base:

Tasa estándar: Por uso: Grupo:

Tasa h. extra: Acumular: Código:

Proyecto	Id	Nombre de tarea	Trabajo	traso por redis	Retraso	Comienzo programad	Fin programado
Cronograma de	2	Fase de Inicio	9h	0d	0d	lun 7/03/22	jue 17/03/22
Cronograma de	11	Fase de Planeación	4h	0d	0d	vie 18/03/22	mié 23/03/22
Cronograma de	14	Fase de Ejecución	66h	0d	0d	jue 24/03/22	jue 23/06/22
Cronograma de	15	Sprint 1: Planificación y Desarrollo	11h	0d	0d	jue 24/03/22	jue 7/04/22
Cronograma de	61	Fase de Cierre	2h	0d	0d	vie 24/06/22	lun 27/06/22
Cronograma de	1	DISEÑO SISTEMA EXPERTO PARA MEJ	81h	0d	0d	lun 7/03/22	lun 27/06/22

Nombre: Iniciales: Capac. máx.: Anterior

Costos Cal. base:

Tasa estándar: Por uso: Grupo:

Tasa h. extra: Acumular: Código:

Proyecto	Id	Nombre de tarea	Trabajo	traso por redis	Retraso	Comienzo programad	Fin programado
Cronograma de	2	Fase de Inicio	72h	0d	0d	lun 7/03/22	jue 17/03/22
Cronograma de	14	Fase de Ejecución	528h	0d	0d	jue 24/03/22	jue 23/06/22
Cronograma de	15	Sprint 1: Planificación y Desarrollo	88h	0d	0d	jue 24/03/22	jue 7/04/22
Cronograma de	22	Sprint 2: Planificación y Desarrollo	160h	0d	0d	vie 8/04/22	jue 5/05/22
Cronograma de	34	Sprint 3: Planificación y Desarrollo	152h	0d	0d	vie 6/05/22	mié 1/06/22
Cronograma de	48	Sprint 4: Planificación y Desarrollo	80h	0d	0d	jue 2/06/22	mié 15/06/22
Cronograma de	61	Fase de Cierre	16h	0d	0d	vie 24/06/22	lun 27/06/22
Cronograma de	1	DISEÑO SISTEMA EXPERTO PARA MEJ	648h	0d	0d	lun 7/03/22	lun 27/06/22

Figura 28: Calendario de Recursos Humanos

Elaborado por: el autor

3.6.15 Planificación

Historias de usuarios: Se realizó las historias de usuario, considerando los requerimientos especificados, que permita identificar las variables que afectan a las tuberías, como fecha de instalación, materiales, contratistas, para la detección temprana de posibles

fugas no visibles de agua. De igual manera se identificó Analista y Supervisor ECRF como actores en la utilización del proyecto internamente y actores como operario supervisor contratista externamente.

Tabla 47: Manejo de usuarios en historia

Historia de manejo de usuarios	
Número: uno	Datos: Crear credenciales de acceso
Relevancia: uno	Riesgo: Bajo
Sprint: Sprint 1	Requerimientos varios
Descripción	
<p>Usuario Analista ECRF.</p> <p>Deseo: Realizar consultas sobre sugerencia de programación.</p> <p>Para: que puedan consultar en la aplicación web.</p>	
Criterios de aceptación	
<p>CA-01: Dado que se accede a la opción Usuario cuando se encuentra logueado en la aplicación entonces se visualizará en la interfaz los siguientes campos agrupados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos personales: Documento Identidad, Nombre(s), Apellidos, Edad, Sexo • Visualizar opciones de consultar Sugerencia de Programación. • Tipo de perfil: Analista ECRF. • Email • Celular • Contraseña (autogenerado y no visible) • Botón Registrar • Botón Consultar • Botón Modificar 	

CA-02: Dado que se intenta registrar un usuario cuando no se completa todos los campos obligatorios entonces la aplicación mostrará el mensaje “Completa todos los campos requeridos”.

CA-03: Dado que se intenta registrar un usuario cuando se ingresa caracteres no permitidos para un o varios campos entonces la aplicación no permitirá digitarlo.

CA-04: Dado que se completa todos los datos en los campos de manera correcta cuando se selecciona Registrar entonces se mostrará el mensaje “Registrado correctamente”.

CA-05: Dado que se registró de manera correcta el usuario cuando se visualizó el mensaje informativo entonces se enviará vía correo las credenciales de acceso al usuario

CA-06: Dado que carga la pantalla inicial cuando se abre la aplicación entonces se visualizará lo siguiente:

- Campo Email
- Campo Contraseña
- Botón Ingresar
- Botón Recuperar contraseña

CA-07: Dado que cada Analista digita las credenciales de acceso email y contraseña correctamente cuando se desea acceder a la aplicación entonces se permitirá ingresar.

- Email: correo electrónico del usuario
- Contraseña: alfanumérico y mayor a seis dígitos

CA-08: Dado que se digita credenciales de acceso email y/o contraseña incorrectos cuando se intenta acceder a la aplicación entonces se mostrará el mensaje restrictivo “Usuario y/o Contraseña incorrectos. Vuelva intentarlo”.

CA-09: Dado que no se ingresa credenciales de acceso email y/o contraseña cuando se intenta acceder a la aplicación entonces se mostrará el mensaje restrictivo “Usuario y/o Contraseña incompletos”.

CA-10: Dado que el Analista no recuerda su contraseña cuando intenta acceder a la aplicación entonces se deberá presionar el Botón Recuperar contraseña y se le enviará un correo para restablecerlo.

Elaborado por: el autor

Tabla 48: *Caso de uso de usuario 2*

Historial	
Número: dos	Datos: Consultar las Programaciones con el perfil Analista y Supervisor ECRF.
Prioridad: 1	Riesgo: Bajo
Sprint: Sprint 1	Requerimientos: RF07 – RF08
Descripción	
Yo como: usuario Analista ECRF y Supervisor ECRF.	
Deseo: Debe permitir consultar la sugerencia de programación y programación definitiva.	
Debe permitir consultar en la web la programación definitiva el supervisor	
Para: Consultar las Programaciones.	

Criterios de aceptación

CA-01: Dado que se accede a la opción Usuario cuando se encuentra logueado en la aplicación entonces se visualizará en la interfaz los siguientes campos agrupados:

- Sugerencia de programación y programación por parte del analista.

CA-02: El analista y supervisor pueden consultar las sugerencias de programación.

Elaborado por: el autor

Tabla 49: Caso de uso de usuario 3

Historial	
Ítem: 03	Datos: Aprobación de la programación definitiva por parte del Supervisor de ECRF.
Prioridad: 1	Riesgo: Bajo
Sprint: Sprint 2	Requerimientos: RF09, RF10, RF11

Descripción
Yo como: usuario Supervisor de ECRF.
Deseo: Debe permitir al Analista poder generar las sugerencias de programación. Debe permitir al Analista de ECRF poder generar la programación definitiva. Aprobación de la programación definitiva, por parte del supervisor de ECRF.
Para: Aprobación de la programación definitiva

Criterios de aceptación
CA-01: Aprobación de la programación definitiva, por parte del supervisor de ECRF, para su ejecución por parte de los operarios en campo.

Elaborado por: el autor

Tabla 50: Caso de uso de usuario 4

Historial	
Valor: 04	Datos: Registro de fugas por parte del supervisor contratista.
Prioridad: 1	Riesgo: Bajo
Sprint: Sprint 2	Requerimientos: RF12 – RF13
Descripción	
Yo como: usuario supervisor contratista y operario contratista.	
Deseo: Registra la carga de trabajo y ejecuta los requerimientos en campo.	
Revisa la carga de trabajo y asigna al operador contratista.	
Para: Registro de fugas por parte del supervisor contratista.	
Criterios de aceptación	
CA-01: Dado que el supervisor ingresa a la opción de registrar carga de trabajo y genera reporte de los requerimientos en campo.	
CA-02: Dado que el supervisor ingresa a la interfaz y revisa la carga de trabajo y asigna al operador contratista.	
Elaborado por: el autor	

Tabla 51: Caso de uso de usuario 5

Historia de Usuario	
Numero: 05	Datos: Información en formulario y actualiza base datos de fugas.
Prioridad: 2	Riesgo: Mediano
Sprint: Sprint 3	Requerimientos: RF14
Descripción	
Yo como: usuario supervisor contratista.	

Deseo: Aprobación de la programación definitiva por parte del Supervisor de ECRF.

Registro de información de Fugas.

Desarrollo de Sección Reportes de fugas.

Para: Actualiza la base datos de fugas.

Criterios de aceptación

CA-01: Dado que se selecciona la opción crear un nuevo formulario para registrar información de fugas en la base de datos.

CA-02: Dado que se ingresa a la opción para poder consultar información registrada de fugas.

Elaborado por: el autor

3.6.16 Sprint backlog

Se desarrolló el sprint backlog correspondiente a cada sprint, especificando cada tarea a realizar con su nivel de prioridad y la participación de cada rol para el cumplimiento de las historias de usuario como entregable.

Tabla 52: Sprint backlog – Sprint 1

SPRINT 1			
Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
1	HU1	Crear credenciales de acceso	7 C.A.
2	HU2	Consultar las Programaciones con el perfil Analista y Supervisor ECRF	10 C.A.

Elaborado por: el autor

Tabla 53: Sprint backlog – Sprint 2

SPRINT 2			
Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
		Aprobación de la programación	
3	HU3	definitiva por parte del Supervisor de ECRF.	1 C.A.
4	HU4	Registro de fugas por parte del supervisor contratista.	3 C.A.

Elaborado por: el autor

Tabla 54: Sprint backlog – Sprint 3

SPRINT 3			
Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
		Registro de información en	
5	HU5	formulario y actualiza base datos de fugas.	3 C.A.
6	HU6	Desarrollo del Modelo de Datos (DB)	6 C.A.

Elaborado por: el autor

Tabla 55: Sprint backlog – Sprint 4

SPRINT 4			
Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
7	HU7	Motor de Inferencia (Logical)	3 C.A.
8	HU8	Registro de información de Fugas	6 C.A.
9	HU9	Desarrollo de Sección Generar Programación	6 C.A.
10	HU10	Desarrollo de Sección Registro de Inspección	6 C.A.
11	HU10	Desarrollo de las Principales Interfaces de Usuario (UI)	6 C.A.
12	HU10	Desarrollo de Sección Tablero de Mando - Mapas	6 C.A.
13	HU11	Desarrollo de Sección Reportes de fugas	6 C.A.

Elaborado por: el autor

3.6.16 Sprint review

Tabla 56: *Sprint review del sprint 1*

SPRINT 5			
-----------------	--	--	--

Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
7	HU7	Motor de Inferencia (Logical)	3 C.A.
8	HU8	Registro de información de Fugas	6 C.A.
9	HU9	Desarrollo de Sección Generar Programación	6 C.A.
10	HU10	Desarrollo de Sección Registro de Inspección	6 C.A.
11	HU10	Desarrollo de las Principales Interfaces de Usuario (UI)	6 C.A.
12	HU10	Desarrollo de Sección Tablero de Mando - Mapas	6 C.A.
13	HU11	Desarrollo de Sección Reportes de fugas	6 C.A.

Elaborado por: el autor

Tabla 57: Sprint review del sprint one

SPRINT 4			
Ítem	HU	Nombre de Historia de Usuario	Criterios Aceptación (C.A.)
5	HU5	Registro de información en formulario y actualiza base datos de fugas.	3 C.A.
6	HU6	Desarrollo del Modelo de Datos (DB)	6 C.A.

Elaborado por: el autor

CAPITULO IV

DESARROLLO

4.1 Implementar metodología SCRUM y

CommonKADS – Form 01

- a) El área de control de fugas de la empresa Sedapal, presenta problemas para determinar las fugas no visibles en las redes de distribución de agua potable, el cual genera retrabajos en las tareas de identificación y remediación del problema.
- b) El equipo de control no llegar a detectar de manera eficiente las fugas, por consiguiente, los trabajos presentan un resultado negativo. Generando una pérdida de tiempo y bajo nivel de eficiencia en las identificaciones.
- c) Existe una carencia del personal especialista y jefatura en el control de fugas, debido a que el conocimiento no se relaciona con la experiencia en campo. Generando una dependencia de las

identificaciones de las fugas y por ello, generando programaciones no efectivas.

- d) No existe una integración con los sistemas base de gestión de incidencias y el operacional GIS, que permita reducir los tiempos de evaluación y determinación de las programaciones de manera confiable.

Análisis de control de fugas

- a) Existe una alta incidencia en la pérdida de agua no visible que genera un impacto en la disponibilidad del servicio a los pobladores y la facturación del consumo de cada usuario.
- b) Necesidad construir un sistema experto confiable y eficiente que permita la integración de los sistemas operacionales GIS y el módulo de gestión de incidencias, que reduzca el tiempo de evaluación diagnóstica de las fugas y la determinación de la programación semanal para las cuadrillas.

Solución para el control de fugas

- a) **Solución 1:** Construir un software basado en IA para el control de fugas no visibles que permita mejorar los subprocesos que demanda la evaluación de identificación de fugas no visibles y la elaboración de la programación semanal para las cuadrillas de trabajo.
- b) **Solución 2:** Contratar ingenieros especializados para las diversas sedes de Sedapal para el área de gestión y control de fugas, el cual

permita mejorar en un 10% la correcta identificación de las fugas y así elaborar la programación de las cuadrillas.

- c) **Solución 3:** Elaborar un programa de capacitación para los empleados de las áreas operativas y de gestión.

4.2 Diseño y desarrollo técnico

4.2.1 Formularios

A continuación, se evidencia el formulario principal para los procesos de evaluación de identificación de fugas no visibles y la elaboración de la programación semanal para las cuadrillas de trabajo, como se aprecia en la figura 29.

#	Codigo Tuberia	Fecha de Generación	# de Suministro	Estado de Sector	# de Fugas x Estado del Sector	Codigo de Sector	# de Fugas X Sector	Material de Tuberia	# de Fugas X Material
1	TA-545613	2022-05-18 23:42:32	4000793	CON	2610	SEA-1205	182	AC	3493
2	TA-545613	2022-05-18 23:42:32	5313510	CON	2610	SEA-1205	182	AC	3493
3	TA-545612	2022-05-18 23:42:32	4015371	CON	2610	SEA-1205	182	PVC	2848
4	TA-545613	2022-05-18 23:42:32	4051487	CON	2610	SEA-1205	182	AC	3493
5	TA-56175	2022-05-18 23:42:32	5773082	CON	2610	SEA-1205	182	PVC	2848

Figura 29: Formulario principal del sistema experto

Elaborado por: el autor

En la figura 30, se presenta como evidencia el seguimiento de la programación aceptada por parte del usuario al seleccionar las cargas en el sistema experto en la identificación de las fugas no visibles a ser inspeccionadas en el campo.

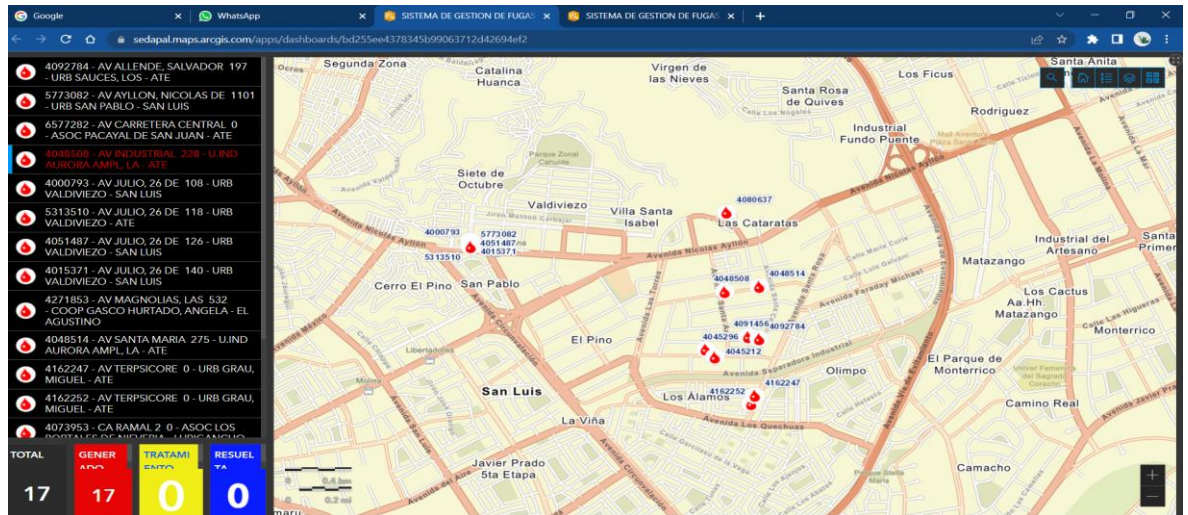


Figura 30: Formulario seguimiento de programación

Elaborado por: el autor

4.2.2 Codificación

Codificación de la representación de conocimiento:


SISEXPERTO.BASE_CONOCIMIENTO	
REGLA	VARCHAR2 (50 BYTE)
ID_FORMULA	NUMBER (5)
OUT_RESULTADO	NUMBER (10,2)
IN_VALOR1	VARCHAR2 (50 BYTE)
IN_VALOR2	NUMBER (10,2)
IN_VALOR3	NUMBER (10,2)
 BASE_CONOCIMIENTO_INDEX1 (REGLA, ID_FORMULA, IN_VALOR1, IN_VALOR2, IN_VALOR3)	

Figura 31: Modelo de datos para la base del conocimiento

Elaborado por: el autor

El conocimiento específico del problema a resolver se encuentra en un repositorio de base de datos Oracle, con las reglas necesarias para aplicación del conocimiento y determinar las posibles fugas no visibles en la empresa. En este modelo se consideró los parámetros de nombre de la regla, identificador de fórmula, resultados y valores definidos para el cálculo de criticidad.

Tabla 58: Información registrada en la base del conocimiento

REGLA	ID_FORMULA	OUT_RESULTADO	IN_VALOR1	IN_VALOR2	IN_VALOR3
1 PSEC	6	0.4	SEA-1267	19	(null)
2 PSEC	1	0.1	SEA-1268	3	(null)
3 PSEC	2	0.2	SEA-1268	10	(null)
4 PSEC	3	0.3	SEA-1268	12	(null)
5 PSEC	4	0.35	SEA-1268	15	(null)
6 PSEC	5	0.4	SEA-1268	20	(null)
7 PSEC	6	0.4	SEA-1268	19	(null)
8 PSEC	1	0.1	SEA-1269	3	(null)
9 PSEC	2	0.2	SEA-1269	10	(null)
10 PSEC	3	0.3	SEA-1269	12	(null)
11 PSEC	4	0.35	SEA-1269	15	(null)
12 PSEC	5	0.4	SEA-1269	20	(null)
13 PSEC	6	0.4	SEA-1269	19	(null)
14 PSEC	1	0.1	SEA-1270	3	(null)
15 PSEC	2	0.2	SEA-1270	10	(null)
16 PSEC	3	0.3	SEA-1270	12	(null)

Elaborado por: el autor

En la tabla 59 se observa la información registrada de los valores consignados por el experto para desarrollar los cálculos necesarios.

4.2.3 Codificación de sistema

Tabla 59: *Tabla de definición de las reglas*

# REGLA	REGLA	DESCRIPCIÓN
		Parámetro estado del sector y criticidad SEC -
1	CRITICIDAD_SEC	CRITICIDAD_SEC
2	PSEC	Parámetro de pesos por sector PSEC - PSEC
3	CRITICIDAD_MAT	Parámetros de material - CRITICIDAD_MAT
4	PMAT	Parámetros de PESO de material - PMAT

		Parámetros de longevidad y fugas -
5	CRITICIDAD_LON	CRITICIDAD_LON
6	PLON	Parámetros de PESO de Longevidad - PLON
		Parámetros de condición de redes -
7	CRITICIDAD_RED	CRITICIDAD_RED
8	PRED	Parámetros de PESO de Criticidad redes- PRED
		Parámetros del nivel de incidentes de fugas
9	NIVEL_INC	reportadas - NIVEL_INC
		Parámetros de evaluación por experiencia -
10	EVAL_EXP	EVAL_EXP

```

create or replace FUNCTION          REGLA_PRED
(CRITICIDAD_RED in number)
RETURN number
IS
PRED number(10,2);
BEGIN
select out_resultado into PRED from sisexperto.base_conocimiento where regla = 'PRED' and in_valor2=CRITICIDAD_RED;
return PRED;
END;

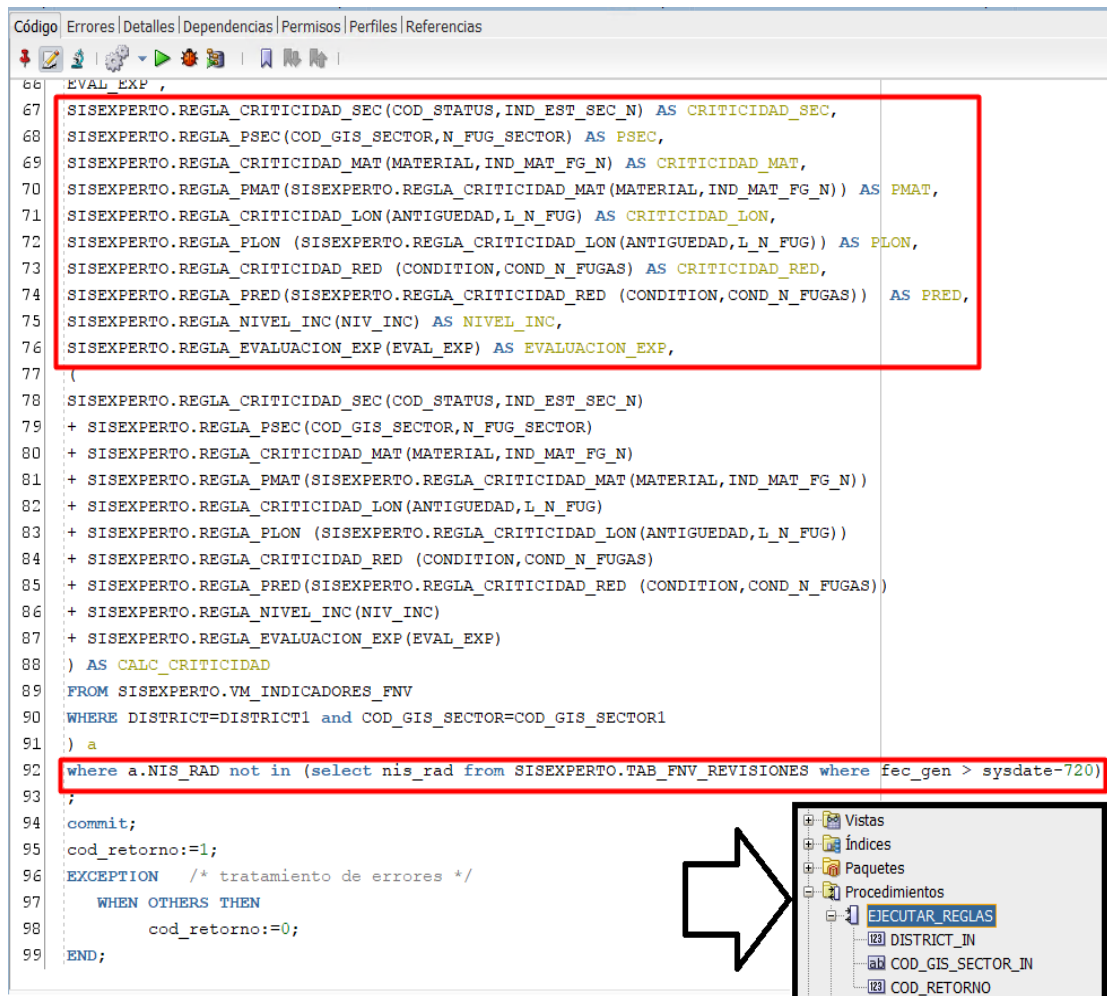
```

Figura 32: Funciones implementadas para las reglas de conocimiento

Elaborado por: el autor

En gráfica se evidencia la implementación de las 10 reglas a través de funciones en base de datos Oracle, estas funciones implementadas son usadas por la aplicación para la utilización del conocimiento experto y hallar las posibles fugas no visibles de la empresa.

4.2.4 Codificación de conocimiento



```
66 EVAL_EXP ,
67 SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_SEC(COD_STATUS,IND_EST_SEC_N) AS CRITICIDAD_SEC,
68 SISEXPERTO.REGLA_PSEC(COD_GIS_SECTOR,N_FUG_SECTOR) AS PSEC,
69 SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT(MATERIAL,IND_MAT_FG_N) AS CRITICIDAD_MAT,
70 SISEXPERTO.REGLA_PMAT(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT(MATERIAL,IND_MAT_FG_N)) AS PMAT,
71 SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON(ANTIGUEDAD,L_N_FUG) AS CRITICIDAD_LON,
72 SISEXPERTO.REGLA_PLON(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON(ANTIGUEDAD,L_N_FUG)) AS PLON,
73 SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED(CONDITION,COND_N_FUGAS) AS CRITICIDAD_RED,
74 SISEXPERTO.REGLA_PRED(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED(CONDITION,COND_N_FUGAS)) AS PRED,
75 SISEXPERTO.REGLA_NIVEL_INC(NIV_INC) AS NIVEL_INC,
76 SISEXPERTO.REGLA_EVALUACION_EXP(EVAL_EXP) AS EVALUACION_EXP,
77 (
78 SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_SEC(COD_STATUS,IND_EST_SEC_N)
79 + SISEXPERTO.REGLA_PSEC(COD_GIS_SECTOR,N_FUG_SECTOR)
80 + SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT(MATERIAL,IND_MAT_FG_N)
81 + SISEXPERTO.REGLA_PMAT(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT(MATERIAL,IND_MAT_FG_N))
82 + SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON(ANTIGUEDAD,L_N_FUG)
83 + SISEXPERTO.REGLA_PLON(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON(ANTIGUEDAD,L_N_FUG))
84 + SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED(CONDITION,COND_N_FUGAS)
85 + SISEXPERTO.REGLA_PRED(SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED(CONDITION,COND_N_FUGAS))
86 + SISEXPERTO.REGLA_NIVEL_INC(NIV_INC)
87 + SISEXPERTO.REGLA_EVALUACION_EXP(EVAL_EXP)
88 ) AS CALC_CRITICIDAD
89 FROM SISEXPERTO.VM_INDICADORES_FNV
90 WHERE DISTRICT=DISTRICT1 and COD_GIS_SECTOR=COD_GIS_SECTOR1
91 ) a
92 where a.NIS_RAD not in (select nis_rad from SISEXPERTO.TAB_FNV_REVISIONES where fec_gen > sysdate-720)
93 ;
94
95 commit;
96 cod_retorno:=1;
97 EXCEPTION /* tratamiento de errores */
98 WHEN OTHERS THEN
99     cod_retorno:=0;
100 END;
```

Figura 33: Procedimiento de las reglas del conocimiento

Elaborado por: el autor

En la figura 33 se observa la creación de un procedimiento en la BD Oracle que se encarga de llamar a todas las reglas del conocimiento y usarlas para aplicar a la información de tuberías por sus suministros asociados con el objetivo de detectar las posibles fugas no visibles.

4.3 Arquitectura del sistema

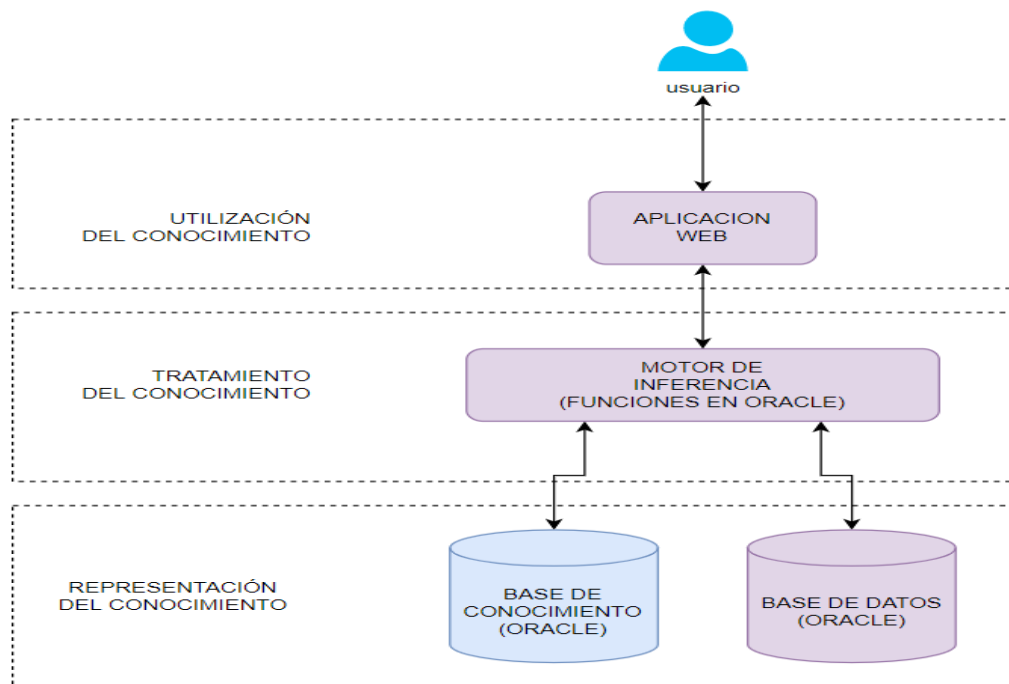


Figura 34: Arquitectura del modelo de conocimiento (Aplicación WEB)

Elaborado por: el autor

En la figura 34, se observa la arquitectura del sistema experto y el modelo de conocimiento donde se aprecia que se encuentra dividido en 3 niveles.

- Base de conocimiento, está conformado por la base de datos del experto (base del conocimiento) y la base de datos de la información histórica a tratar.
- Motor inferencial, este nivel se implementa a través de funciones construidas en Oracle para el tratamiento del uso de las reglas de conocimiento.
- Interfaz usuario, este nivel esta implementado en una aplicación web en lenguaje PHP y formato responsivo.

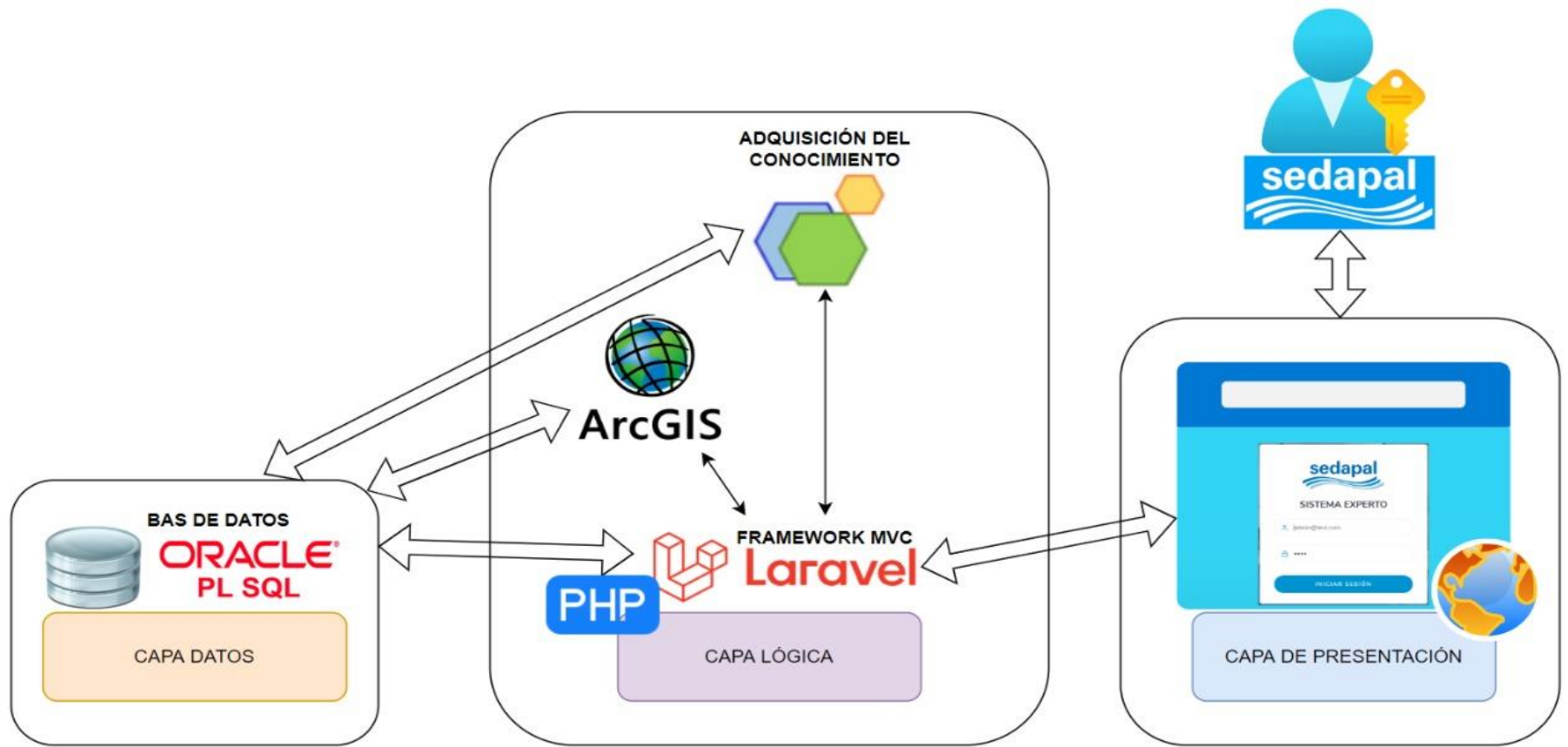


Figura 35: Arquitectura Lógica

Elaborado por: el autor

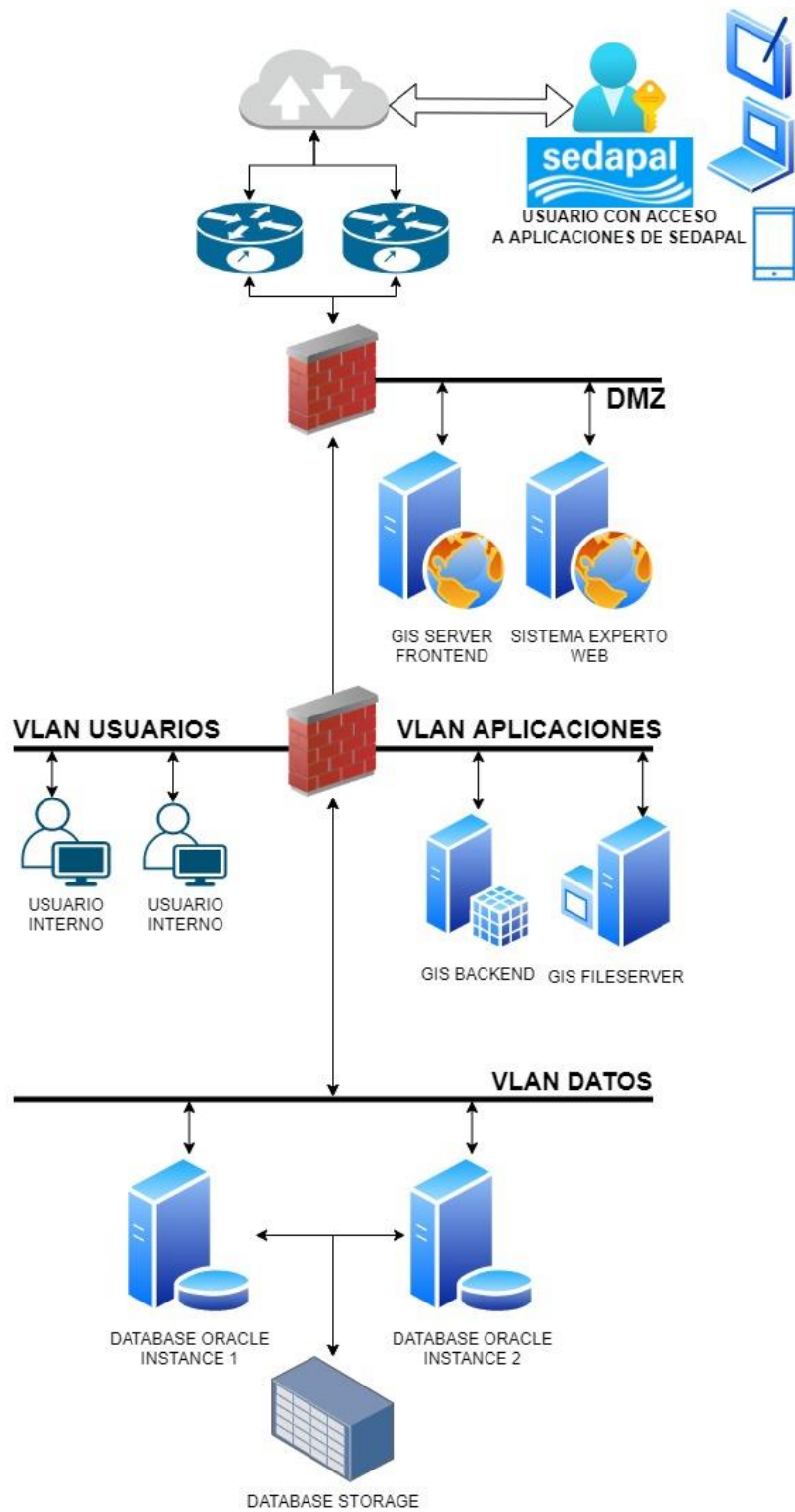


Figura 36: Arquitectura física

Elaborado por: el autor

4.4 Arquitectura de la Plataforma Web

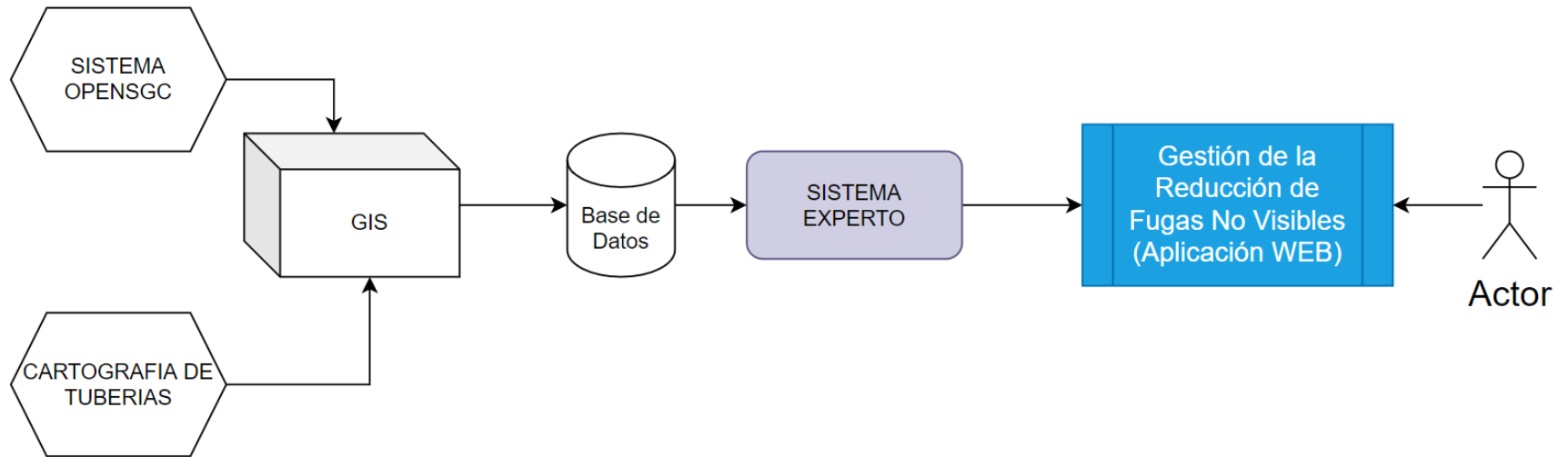


Figura 37: Arquitectura de la Plataforma Web

Elaborado por: el autor

4.4.1 Arquitectura del Sistema Experto de la Plataforma de Fugas no Visibles

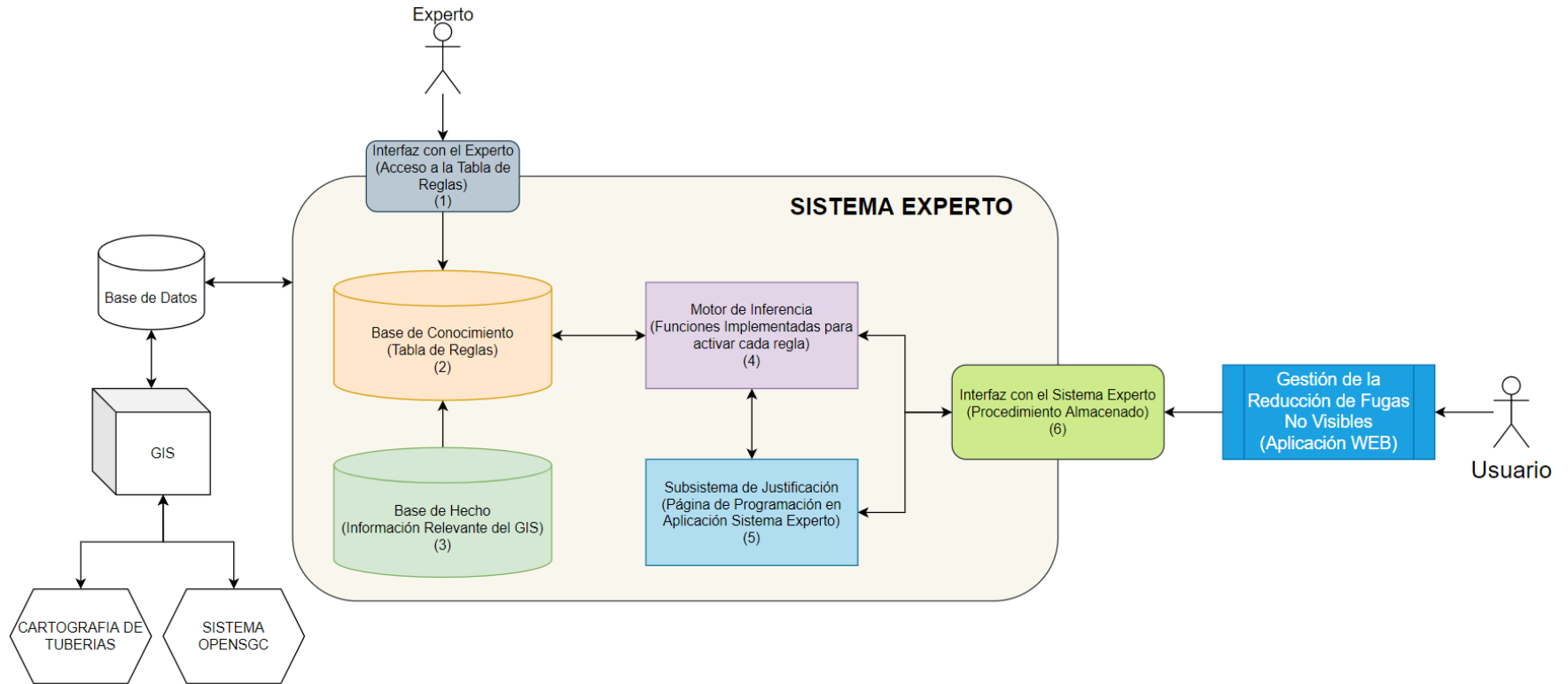


Figura 38: Arquitectura del sistema experto

Elaborado por: el autor

4.4.2 Parámetros de entradas

1 interfaz con el Experto

REGLA	ID_FORMULA	OUT_RESULTADO	IN_VALOR1	IN_VALOR2
1 CRITICIDAD_MAT	1		2 AC	1
2 CRITICIDAD_MAT	2		1 AC	2
3 CRITICIDAD_MAT	3		1 AC	3
4 CRITICIDAD_MAT	4		1 AC	4
5 CRITICIDAD_MAT	5		1 AC	5
6 CRITICIDAD_MAT	6		1 AC	6
+7 CRITICIDAD_MAT	7	(null)	(null)	(null)

Figura 39: Parámetros de entradas y resultados

Elaborados por: los autores

2 base del Conocimiento

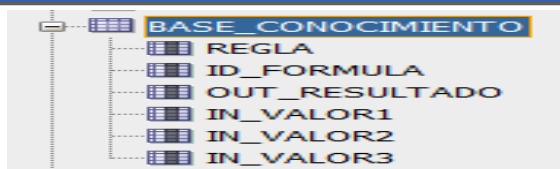


Figura 40: Base de conocimiento

Elaborados por: los autores

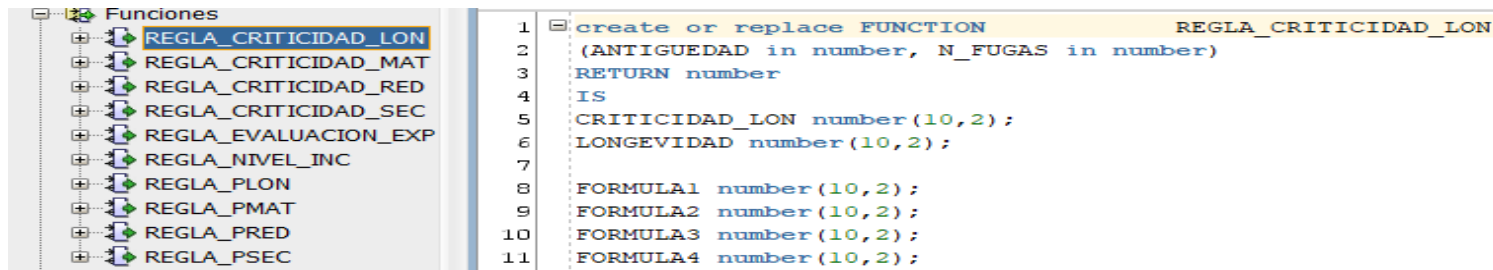
3 base de Hechos

VM_INDICADORES_FNV	FACILITYID	DIAMETER	MATERIAL	MATE_DESCRIP	REALLLENGTH	CONDITION	COND_DESCRIP	INSTALLER	DISTRICT	FEC_INST	ANO_INST
	1 TA-174571	90 FVC	Policloruro de vinilo		9,07 BUE	Bueno	I019			3 26/08/09	2009
	2 TA-177540	110 FVC	Policloruro de vinilo		5,50158674 BUE	Bueno	I019			3 31/12/99	1999
	3 TA-207643	90 FVC	Policloruro de vinilo		123,45 BUE	Bueno	I019			44 05/10/00	2000
	4 TA-173066	150 HD	Hierro dúctil		167,4 BUE	Bueno	I019			44 01/01/15	2015
	5 TA-447533	160 FVC	Policloruro de vinilo		83,9147948 BUE	Bueno	I019			30 31/12/99	1999
	6 TA-205048	110 FVC	Policloruro de vinilo		21,8 BUE	Bueno	I019			10 08/03/04	2004
	7 TA-190462	160 FVC	Policloruro de vinilo		35 BUE	Bueno	I019			3 05/11/10	2010
	8 TA-190462	160 FVC	Policloruro de vinilo		35 BUE	Bueno	I019			3 05/11/10	2010
	9 TA-186843	90 FVC	Policloruro de vinilo		77,58447297 BUE	Bueno	I019			3 31/12/99	1999
	10 TA-203465	48 FVC	Policloruro de vinilo		30,11498496 BUE	Bueno	I019			10 30/09/94	1994
	11 TA-202144	110 FVC	Policloruro de vinilo		66 BUE	Bueno	I019			3 23/03/07	2007
	12 TA-207709	110 FVC	Policloruro de vinilo		80,99259337 BUE	Bueno	I019			44 10/06/99	1999
	13 TA-174429	90 FVC	Policloruro de vinilo		81,2 BUE	Bueno	I019			3 02/07/08	2008
	14 TA-208031	110 FVC	Policloruro de vinilo		166,84110595 BUE	Bueno	I019			44 10/06/99	1999
	15 TA-183761	160 FVC	Policloruro de vinilo		44,47 BUE	Bueno	I019			3 05/11/10	2010
	16 TA-365937	160 FVC	Policloruro de vinilo		204,7 BUE	Bueno	I019			44 04/09/02	2002
	17 TA-208031	110 FVC	Policloruro de vinilo		166,84110595 BUE	Bueno	I019			44 10/06/99	1999
	18 TA-171941	110 FVC	Policloruro de vinilo		153,5 BUE	Bueno	I019			10 16/04/99	1999
	19 TA-171941	110 FVC	Policloruro de vinilo		153,5 BUE	Bueno	I019			10 16/04/99	1999
	20 TA-362389	110 FVC	Policloruro de vinilo		92,31330699 BUE	Bueno	I019			10 16/10/96	1996
	21 TA-202137	37,5 FVC	Policloruro de vinilo		10 BUE	Bueno	I019			3 23/03/07	2007
	22 TA-201808	37,5 FVC	Policloruro de vinilo		140,4 BUE	Bueno	I019			3 23/03/07	2007
	23 TA-180914	90 FVC	Policloruro de vinilo		73,9 BUE	Bueno	I019			10 16/07/10	2010
	24 TA-23250	48 FVC	Policloruro de vinilo		12,8683989 BUE	Bueno	I019			10 14/01/93	1993

Figura 41: Base de hechos

Elaborados por: los autores

4 motor de Inferencia



```
1 create or replace FUNCTION          REGLA_CRITICIDAD_LON
2 (ANTIGUEDAD in number, N_FUGAS in number)
3 RETURN number
4 IS
5 CRITICIDAD_LON number(10,2);
6 LONGEVIDAD number(10,2);
7
8 FORMULA1 number(10,2);
9 FORMULA2 number(10,2);
10 FORMULA3 number(10,2);
11 FORMULA4 number(10,2);
```

Figura 42: Motor de Inferencia

Elaborados por: los autores

5 subsistema de Justificación



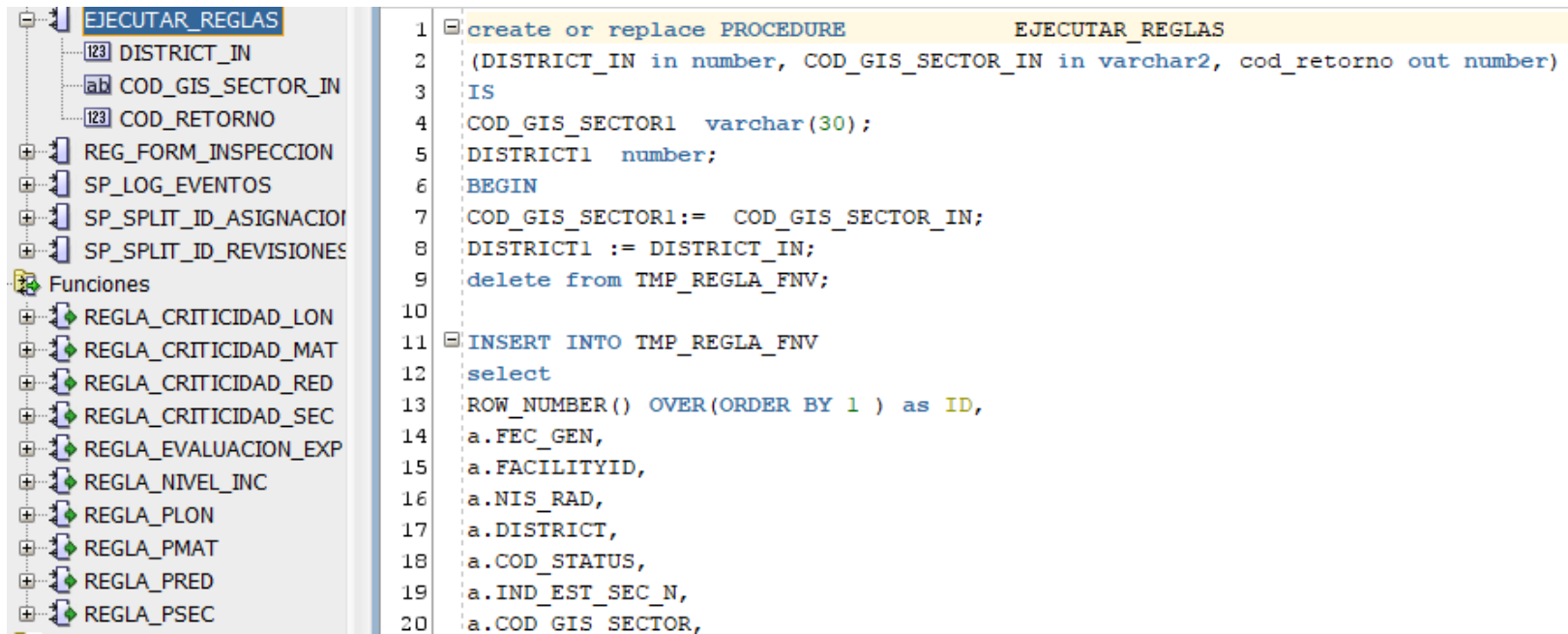
The screenshot shows the 'sedapal' web application. On the left is a sidebar menu with the following items: Dashboard, Generar Programación (highlighted with a red box), Asignación de Cargas, Tablero de Mando, Reportes, CONFIGURACIÓN, and Administrator. The main area displays a table titled 'Resultado' with the following data:

	#	Codigo Tuberia	Fecha de Generación	# de Suministro	Estado de Sector	Estado de la Regla
<input type="checkbox"/>	1	2022-07-10 22:11:45 TA-545612	2022-07-10 22:11:45	4015371	CON	BAJO
<input type="checkbox"/>	2	2022-07-10 22:11:45 TA-545613	2022-07-10 22:11:45	5313510	CON	MEDIO
<input type="checkbox"/>	3	2022-07-10 22:11:45 TA-545613	2022-07-10 22:11:45	4000793	CON	MEDIO
<input type="checkbox"/>	4	2022-07-10 22:11:45 TA-545613	2022-07-10 22:11:45	4051487	CON	MEDIO
<input type="checkbox"/>	5	2022-07-10 22:11:45 TA-56175	2022-07-10 22:11:45	5773082	CON	MEDIO

Figura 43: Subsistema de justificación

Elaborados por: los autores

6 interfaz del Sistema Experto



The image shows a screenshot of a database management system interface. On the left, there is a tree view of database objects. The 'EJECUTAR_REGLAS' procedure is selected. The right pane displays the SQL code for this procedure. The code is as follows:

```
1 create or replace PROCEDURE EJECUTAR_REGLAS
2 (DISTRICT_IN in number, COD_GIS_SECTOR_IN in varchar2, cod_retorno out number)
3 IS
4 COD_GIS_SECTOR1 varchar(30);
5 DISTRICT1 number;
6 BEGIN
7 COD_GIS_SECTOR1:= COD_GIS_SECTOR_IN;
8 DISTRICT1 := DISTRICT_IN;
9 delete from TMP_REGLA_FNV;
10
11 INSERT INTO TMP_REGLA_FNV
12 select
13 ROW_NUMBER() OVER(ORDER BY 1 ) as ID,
14 a.FEC_GEN,
15 a.FACILITYID,
16 a.NIS_RAD,
17 a.DISTRICT,
18 a.COD_STATUS,
19 a.IND_EST_SEC_N,
20 a.COD GIS SECTOR,
```

Figura 44: Interfaz del sistema experto y reglas

Elaborados por: los autores

4.5 Modelo de datos del sistema

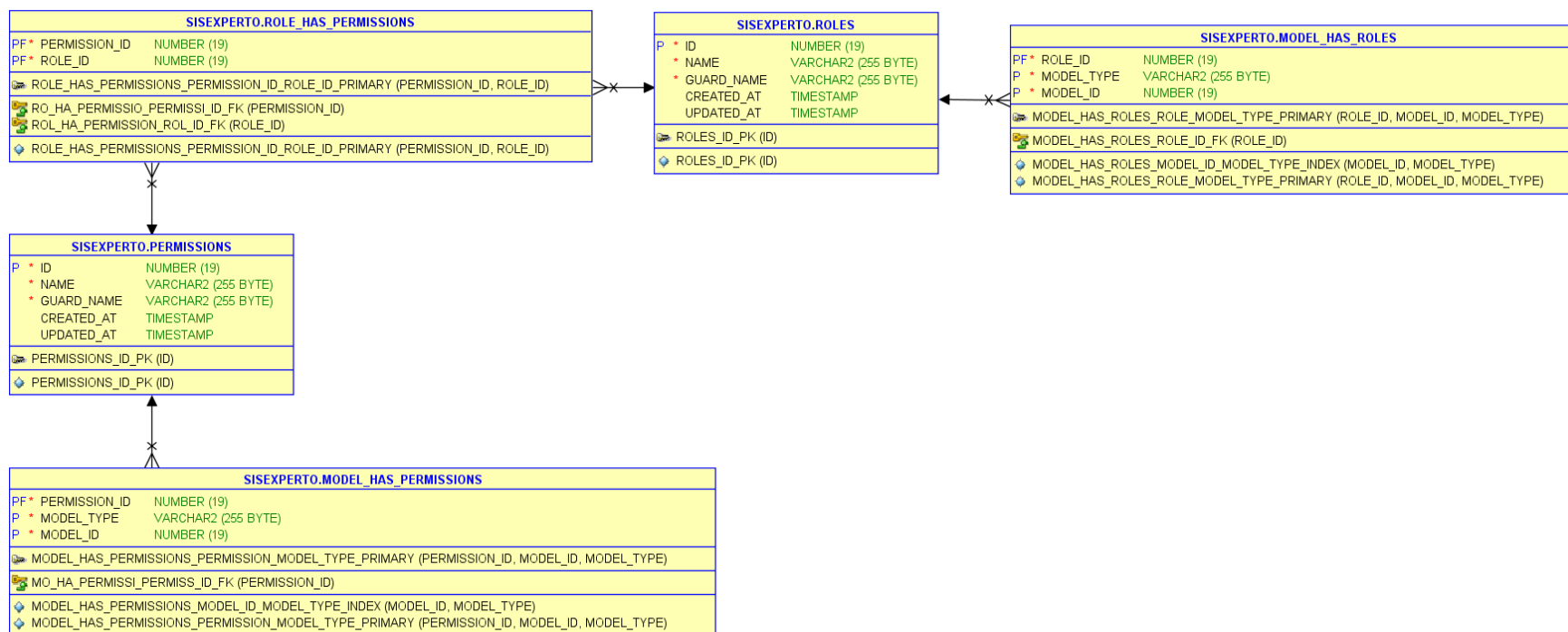


Figura 45: Modelo de seguridad y gestor de usuarios

Elaborados por: los autores

En la figura 45, se observa el modelo de seguridad de la aplicación, con niveles y perfiles de autenticación para los tipos de usuarios.

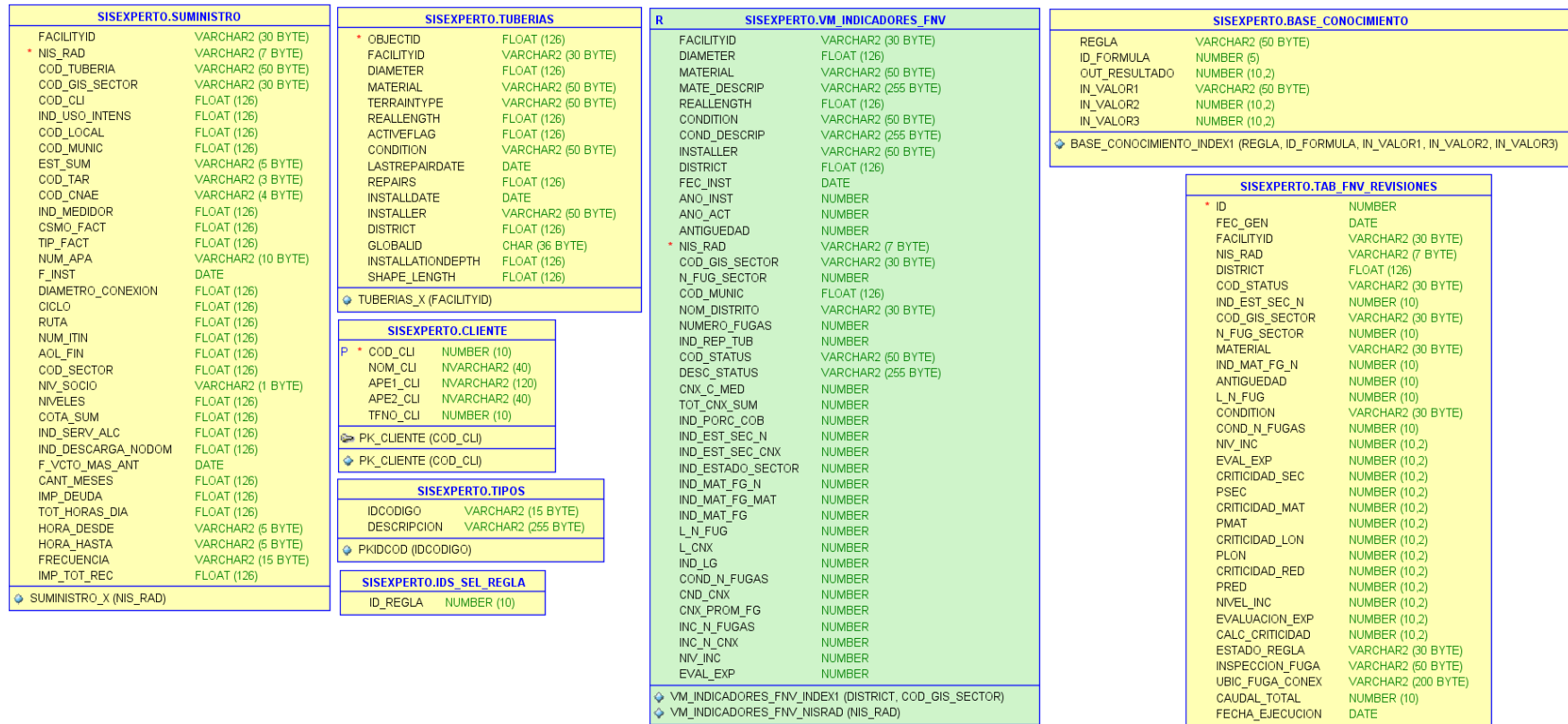


Figura 46: Modelo de datos en Oracle

Elaborados por: los autores

En la figura 46 se observa el modelo de datos del sistema experto, de la cual se puede resaltar los siguientes:

- a) Suministro, en esta tabla se almacenan todos los suministros existentes de los clientes de la empresa.
- b) Tuberías, en esta tabla se registran todas las tuberías y sus características según inventario de la empresa.
- c) Cliente, aquí se registran todos los clientes de la empresa.
- d) Reglas depuradas, aquí se registran todas las reglas activas disponibles para la aplicación.
- e) Reglas, aquí se registran todas las reglas activas disponibles para la aplicación.
- f) VM_Indicadores_FNV, es una tabla especial que guarda la información resultante de relación las tablas de suministros, tuberías y clientes de la empresa.
- g) Base_Conocimiento, en esta tabla es guarda toda la información registrada por el experto.
- h) Reglas con pesos definidos en el sistema experto, basado en el expertis
- i) Tab_FNV_Revisiones, en esta tabla se guarda el resultado de la aplicación de las reglas del conocimiento y la distribución de asignación a las cuadrillas para inspección de campo.

4.6 Plan de pruebas

4.4.1 Resultados y evidencias

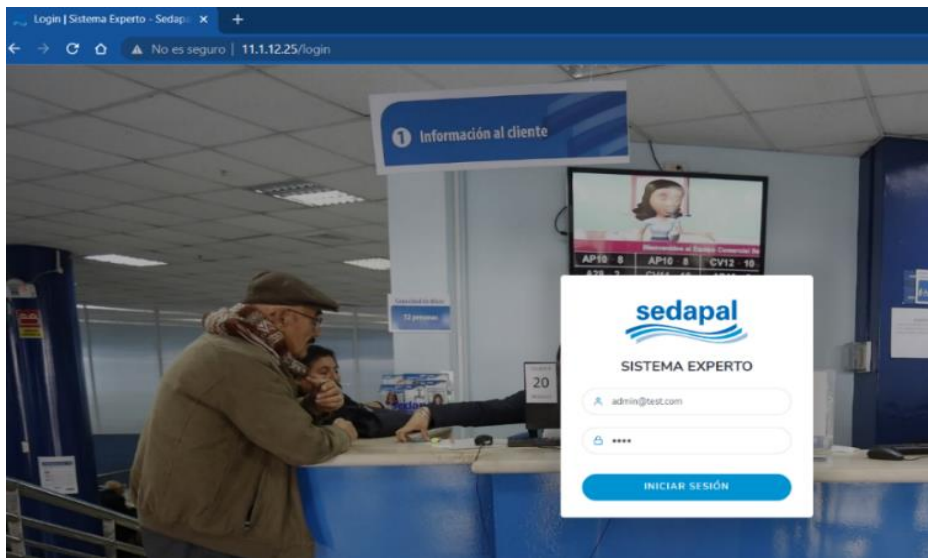


Figura 47: Formulario principal de acceso
Elaborados por: los autores

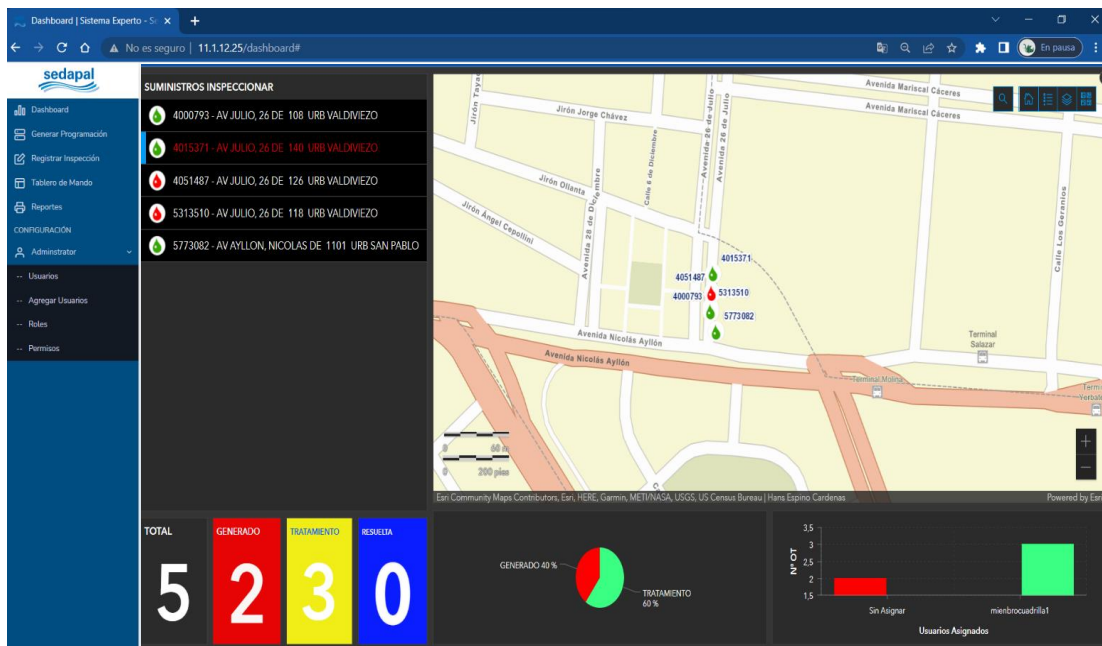


Figura 48: Dashboard central de control de fugas
Elaborados por: los autores

4.4.1 Resultados y evidencias del proceso

de programación

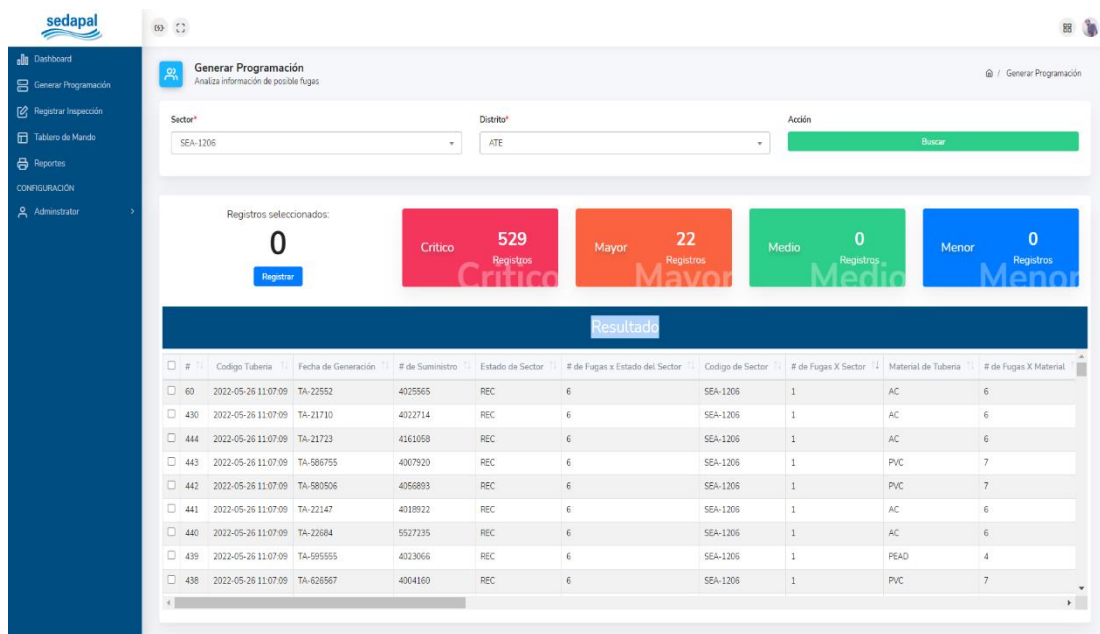
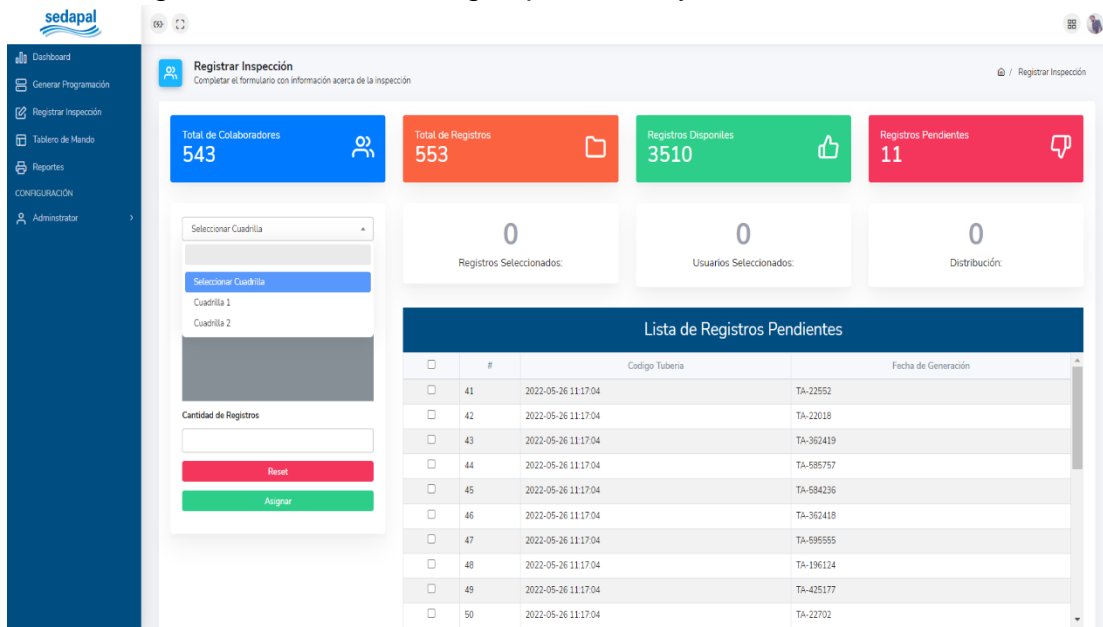


Figura 49: Formulario para la evaluación aplicando reglas
Elaborados por: los autores

Figura 50: Evaluando fugas por sector y su nivel de criticidad



Elaborados por: los autores

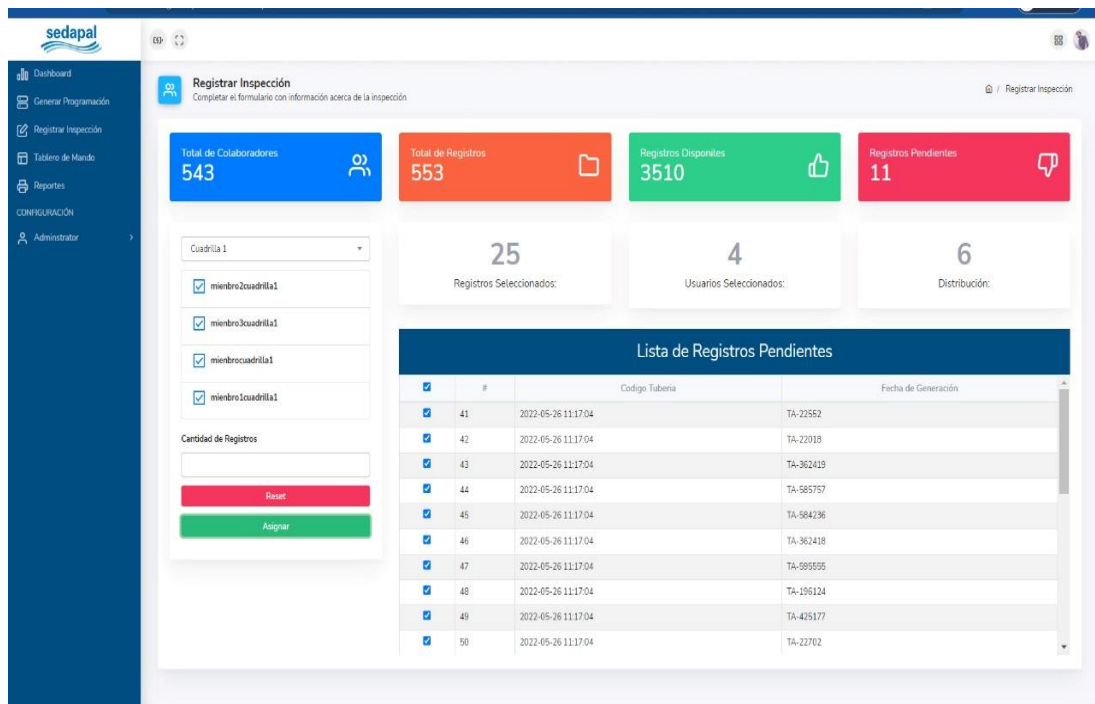


Figura 51: Programando inspección por cuadrillas
Elaborados por: los autores

4.7 Aspectos éticos, formales y legales

El presente estudio, se enmarcará en respetar los niveles de confidencialidad, consentimiento informado y libre participación. Todo ello, permitirá recabar información fidedigna para elaborar las bases de conocimientos en función a las problemáticas identificadas, cuya técnica moderna se enfoca a la inteligencia artificial, mediante el método basado en reglas. Asimismo, se aplicará el estilo APA séptima edición en la redacción del estudio. Además, se realizó una validación de expertos de los instrumentos utilizados como fichas de observación y guía de entrevista por expertos en ingeniería de grado magister.

Se contemplará el cumplimiento de la protección de la seguridad de la información que se ampara bajo la Ley 27658 y las normas

internas del área de Tecnologías de información de Sedapal. Asimismo, se respetará los lineamientos de la ISO 27001.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Para el presente estudio se contemplará los resultados en base al cumplimiento del objetivo general y los 4 objetivos específicos que convergen con el desarrollo del sistema experto. Para ello, se aplicará el uso de la estadística descriptiva y las evidencias del sistema experto. El capítulo está dividido en 4 bloques que responden a los 4 objetivos específicos que permitieron lograr el objetivo general que consiste en desarrollar un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

5.1 Resultados del objetivo específico 1

Desarrollar un sistema experto para mejorar el seguimiento de las atenciones en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

Se desarrollo un módulo denominado Dashboard que permite centralizar las atenciones asignadas del día, para su trabajo en campo por cada colaborador. Todo ello, recae en la atención vía programación priorizadas mediante la base a las reglas inferidas en el sistema experto. El detalle del listado de atenciones permite identificar con la integración del GIS operacional, la ubicación exacta de las atenciones cerradas por los colaboradores y cuadrillas. Anteriormente, el colaborador que es parte del outsourcing utilizaba fichas impresas donde ingresar esos datos, para que luego sean reportadas a la central y ello, conllevaban a cometer errores humanos, incrementando datos falso-positivos. Por lo tanto, el registro, al no tener una ubicación correcta, genera una atención fallida. Es decir, la confiabilidad correspondía a un total del 50% en la ubicación exacta de las fugas y la eficiencia recae en un 69% en la elaboración de las programaciones. Por ello, utilizando el sistema experto se evidencia el cumplimiento del objetivo específico 1, que consiste en desarrollar un sistema experto para mejorar el seguimiento de las atenciones en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

5.1.1 Resultados del desarrollo del Módulo principal “Dashboard” como parte del objetivo específico 1

El ingreso al módulo principal del sistema se realiza mediante el siguiente enlace: <http://11.1.12.25/dashboard>. Se ingresar con el usuario del colaborador 1: admin@test.com como se aprecia en la figura 52.

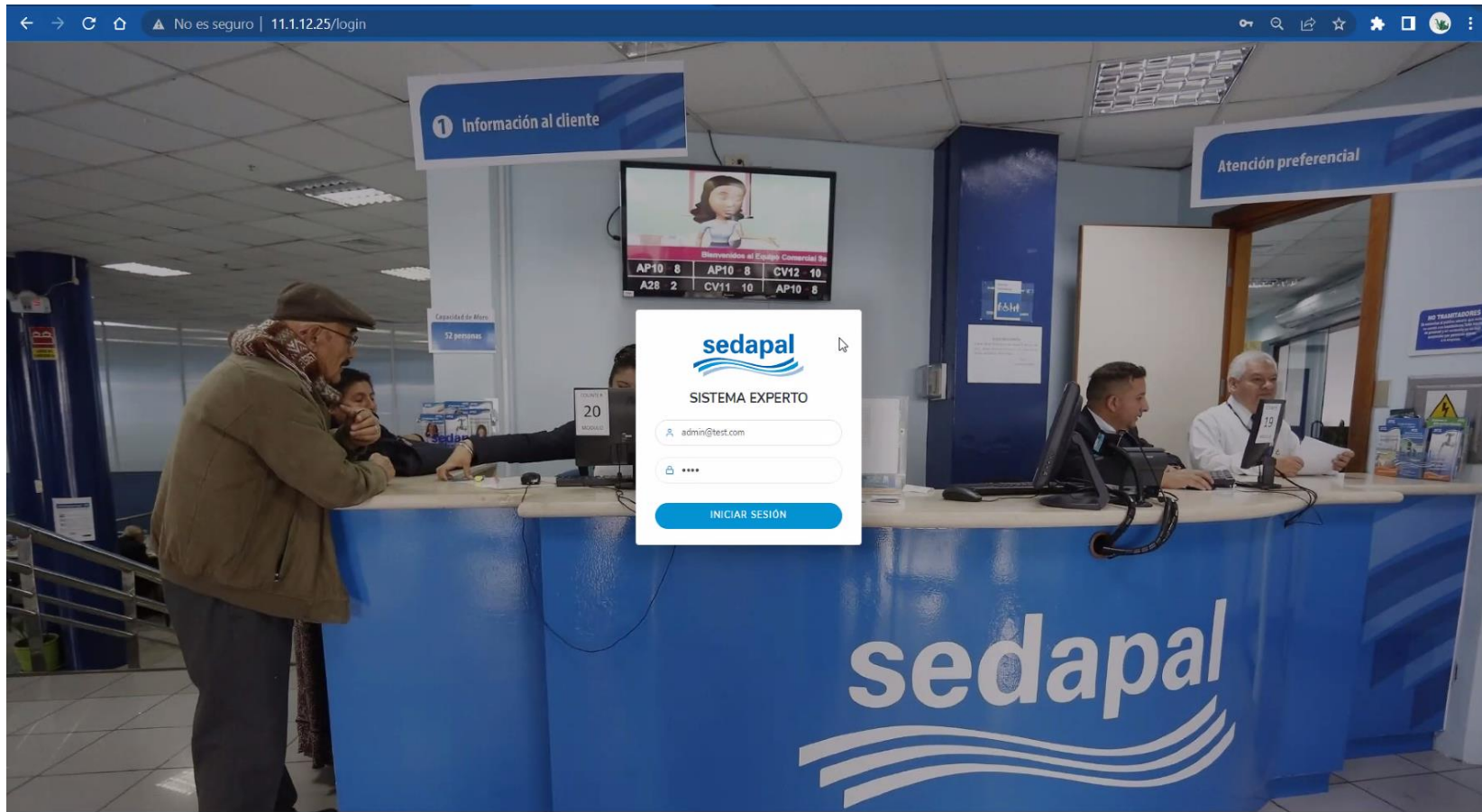


Figura 52: Módulo de accesos al sistema experto

Elaborado por: el autor

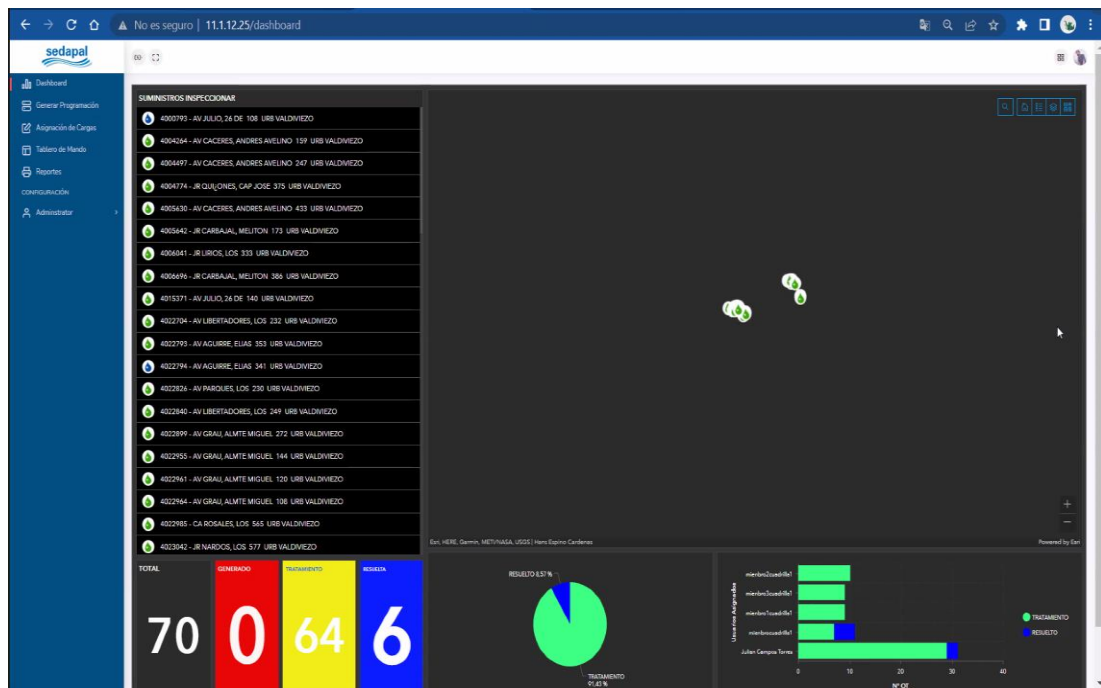


Figura 53: Modulo principal del sistema experto

Elaborado por: el autor

En el Dashboard principal, se evidencia el cumplimiento del **objetivo 1**, que consiste desarrollar un sistema experto para mejorar el **seguimiento de las atenciones** en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal. Es decir, se evidencia las ordenes programadas generadas en el tratamiento y atenciones resueltas, en función a cuantas cargas de atención esta asignadas ya sea por cuadrillas o colaboradores con el fin de poder hacer seguimiento de sus atenciones. Asimismo, muestra un mapa general de la ubicación geográfica de donde se localizan geográficamente estas órdenes programadas.

Para evidenciar el objetivo específico 1, tenemos el **suministro de inspección con código 40042264: Av. Cáceres**

Andrés Avelino 159. Urb. Valdiviezo, donde se aprecia la identificación y detección de la fuga según las reglas ejecutadas por el sistema experto como se aprecia en la figura 54 y 55, donde se amplifica la ubicación geográfica del GIS integrado y por categorización según su estado de criticidad.

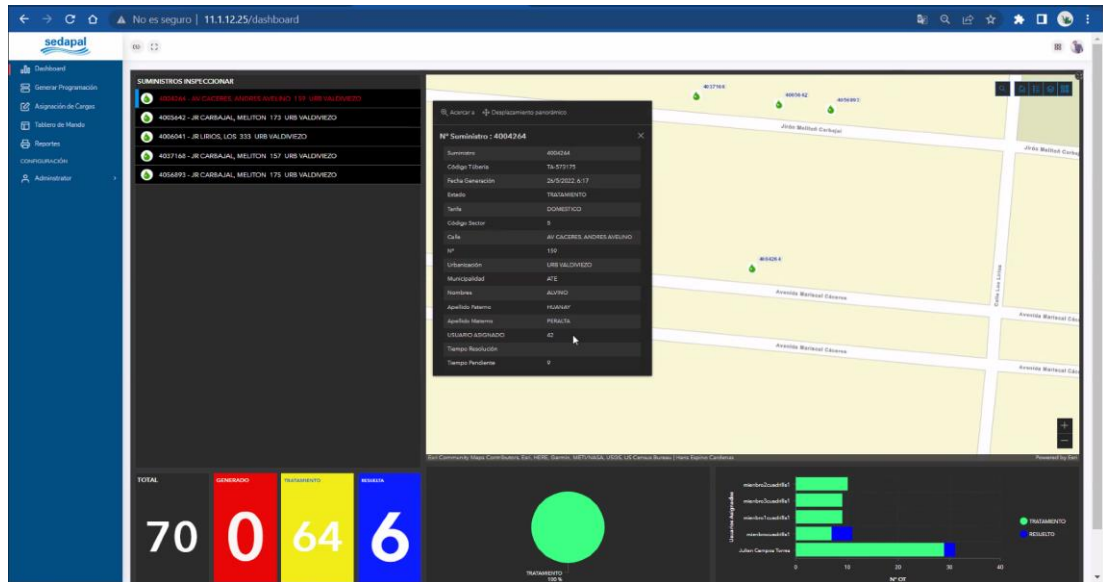


Figura 54: Modulo principal del sistema experto – Suministro

Elaborado por: el autor

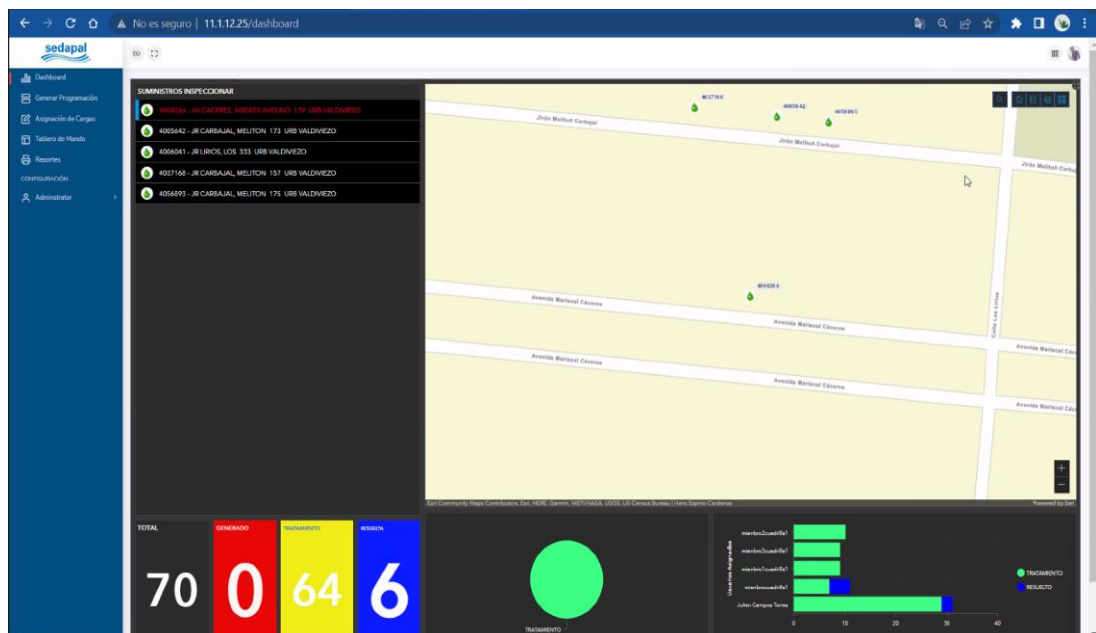


Figura 55: Modulo principal del sistema experto – ubicación GIS

Elaborado por: el autor

5.2 Resultados del objetivo específico 2

Desarrollar un sistema experto para mejorar el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

5.2.1 Estadística descriptiva del objetivo específico 2

Como parte de la estadística descriptiva se procedió con realizar los valores como el rango, mínimo, máximo, suma, media y desviación para el tiempo de evaluación y programación que se aplicó sin sistema y con sistema mediante el instrumento de la ficha de observación.

Tabla 60: Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos para el objetivo específico 2							
	N	Rang o	Mínim o	Máxi mo	Suma	Media	Desv. Desviació n
Tiempo de evaluación (Pre- test)	28	49	104	153	3261	116,4 6	2112,85
Tiempo de evaluación (Pos- test)	28	1.1	1.6	2.7	57.2	2.04	2,46

Tiempo de programación (Pre-test)	28	17	80	97	1496	89,14	575,43
Tiempo de programación (Pos-test)	28	0,60	0,60	1,2	24,85	0.89	0,52
N válido (por lista)	28						

Elaborado por: el autor

En la tabla 56, se evidencia que el valor del tiempo de evaluación en el pre-test en función al pos-test existe una diferencia de 150 minutos aproximadamente en el punto máximo. Asimismo, para el tiempo de programación se evidencia un diferencial de 95.8 minutos respectivamente. Es decir, existe una reducción significativa del tiempo, por emplear el módulo de evaluación del sistema experto basado en reglas. Es decir, utilizando el proceso tradicional de evaluación y programación sin sistema toma un promedio total de 205.57 minutos aproximadamente; y utilizando el sistema experto basado en reglas, el proceso queda automatizado y dura 2.93 minutos; en segundos corresponde a 176 segundos aproximadamente.

En la figura 56, se evidencia la media estadística para el indicador tiempo de evaluación entre el pre-test y post-test. Los resultados reflejan un diferencial de 114.39 minutos.

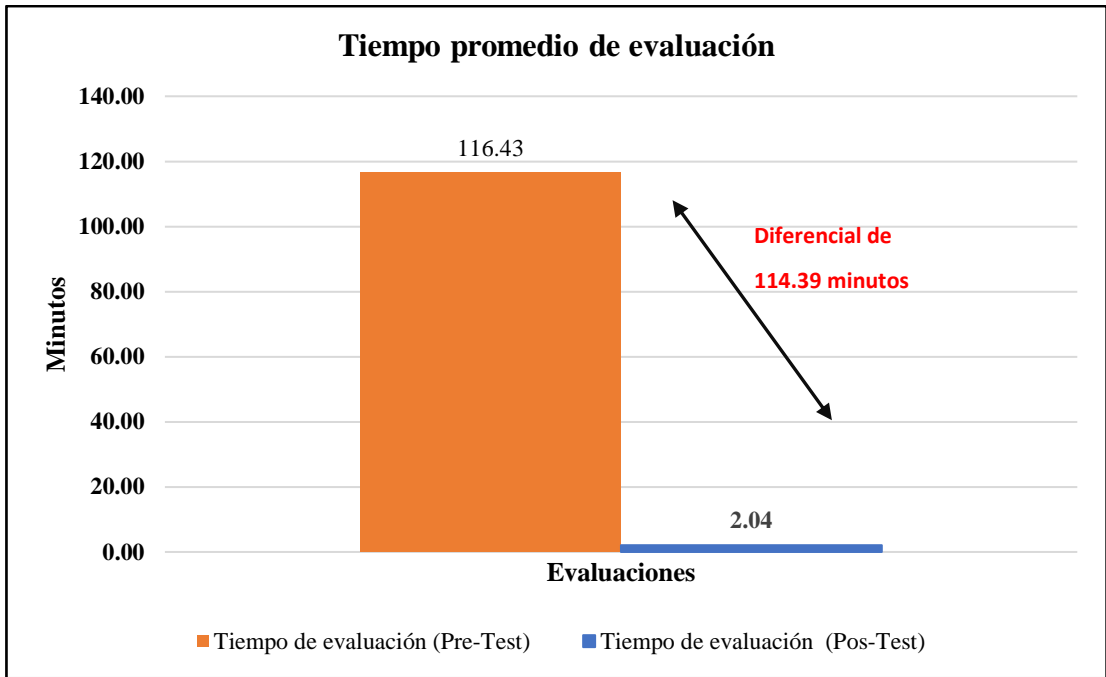


Figura 56: Tiempo promedio de evaluación
Elaborado por: el autor

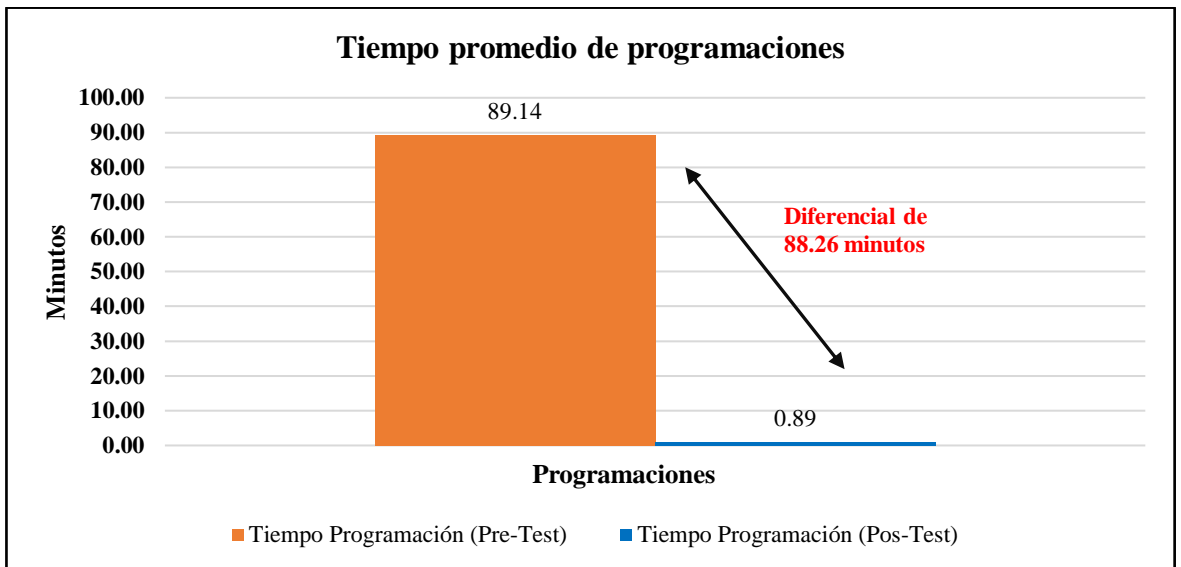


Figura 57: Tiempo promedio de asignación de la programación
Elaborado por: el autor

En la figura 57, se evidencia que los resultados reflejan un diferencial de 88.26 minutos.

5.2.1 Consistencia de los datos del objetivo específico 2

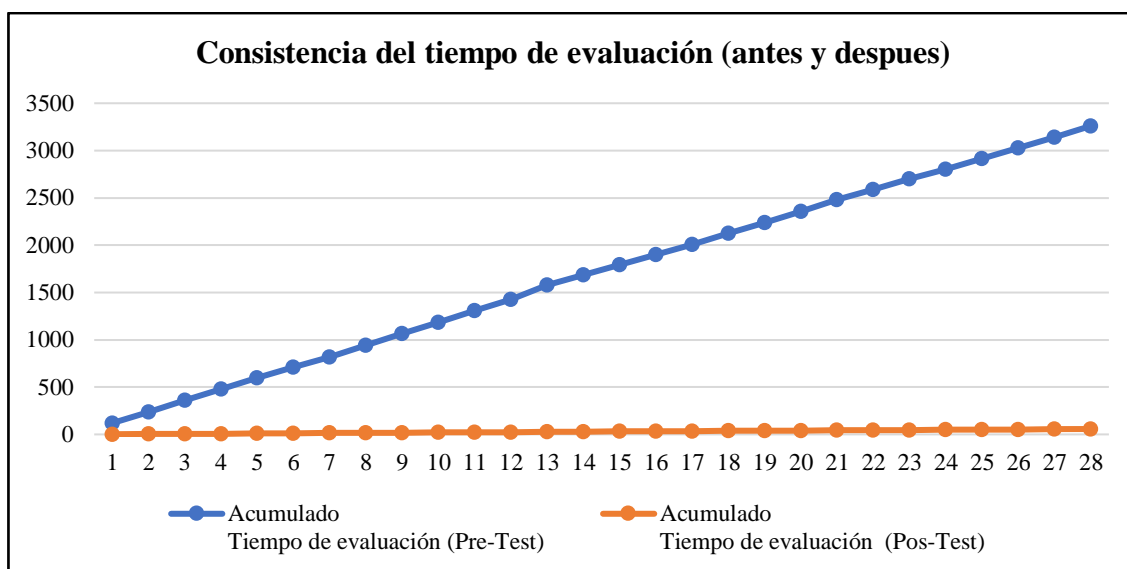


Figura 58: Consistencia
Elaborado por: el autor

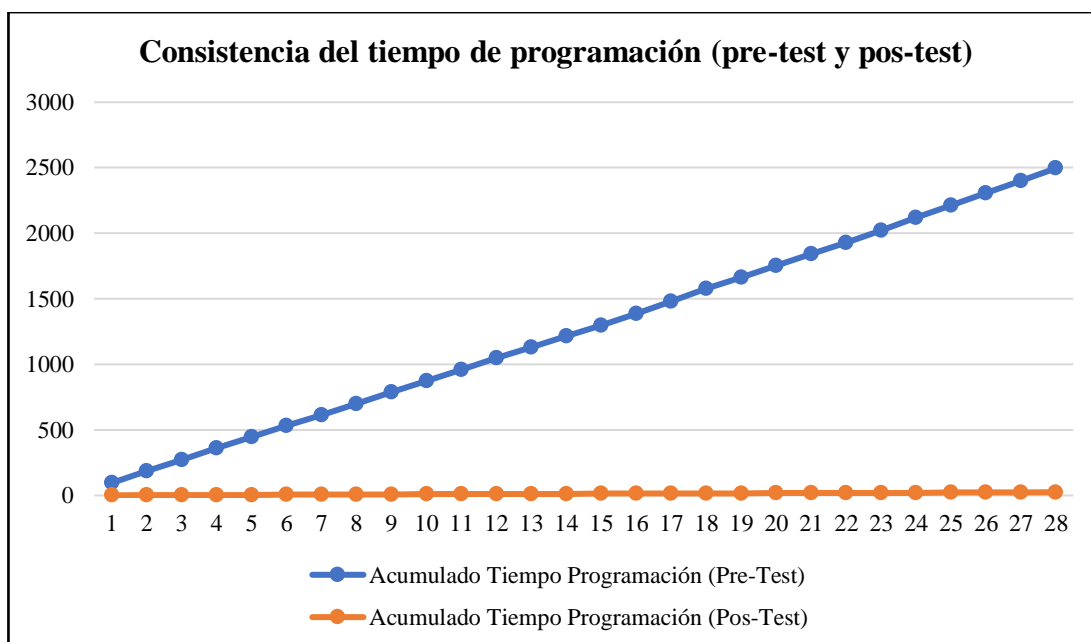


Figura 59: Consistencia del indicador tiempo de programación
Elaborado por: el autor

En la figura 58 y 59 se evidencia los resultados de consistencia del indicador tiempo de evaluación, programación y la eficiencia mediante la prueba dobles de masas, cuyo fin recae en realizar un acumulador, que forma una recta cartesiana que se considera como validador de una alta consistencia, considerando que los valores ingresados corresponden a tiempos obtenidos con el instrumento de la ficha de observación. Es decir, se refleja consistencia en los tiempos de evaluación y programación del proceso de control de fugas no visibles.

La aplicación de la prueba de consistencia mediante la prueba de dobles masas, se ajustaron al tiempo de evaluación y programación para el proceso de control de fugas en minutos.

Tabla 61: *Data consolidada del tiempo de evaluación y programación*

Ítem	Tiempo de evaluación (Pre-Test)	Tiempo de evaluación (Pos-Test)	Tiempo Programación (Pre-Test)	Tiempo Programación (Pos-Test)
1	120	2.1	95	0.9
2	117	2.2	91	0.8
3	121	2.3	87	0.9
4	120	1.6	88	0.9
5	117	1.8	87	0.9
6	113	2.5	84	1.2
7	112	2.2	80	0.8
8	123	2.3	86	1
9	124	1.9	89	1
10	119	1.8	88	0.6
11	122	2	86	0.9
12	116	1.9	87	0.8

13	152	2	84	0.9
14	107	2.1	84	0.9
15	110	2.4	80	0.8
16	107	1.7	92	0.9
17	107	1.8	94	1.2
18	117	1.9	95	0.7
19	116	1.6	87	0.8
20	118	2.1	91	0.9
21	121	2.5	88	0.75
22	106	2.7	87	0.85
23	113	1.6	92	0.75
24	104	2.1	97	0.9
25	114	1.9	94	1.2
26	114	1.6	95	0.9
27	113	2.3	94	0.9
28	117	2.3	94	0.8

Elaborado por: el autor

5.2.1 Resultados del sistema experto para mejorar los tiempos de las evaluaciones y programación del objetivo específico 2

El sistema experto como parte del cumplimiento del objetivo específico 2 contempla los tiempos de evaluación y programación mediante la ejecución del cálculo de reglas. Para ello, se procede a ingresar al módulo de evaluación para la programación con la asignación del sector **SEA-1210** mediante el siguiente enlace del sistema <http://11.1.12.25/programming>

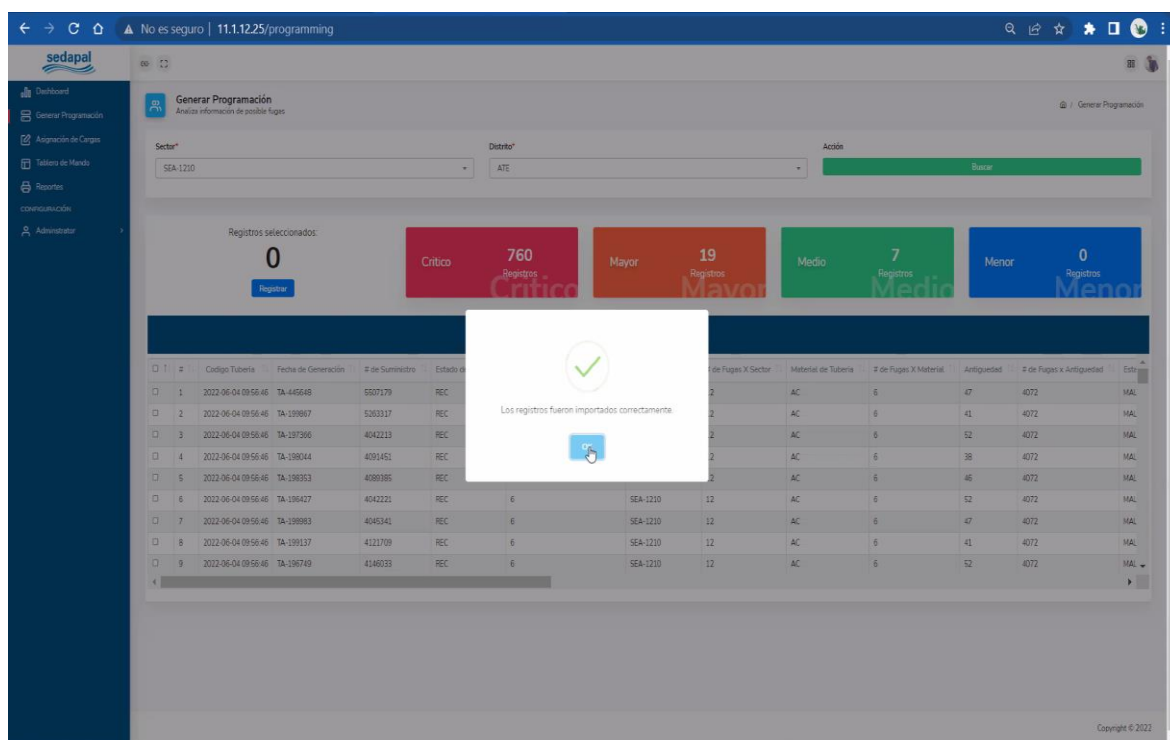


Figura 60: Módulo de evaluación para generar la programación

Elaborado por: el autor

Como se aprecia en el sistema experto, la evaluación de las programaciones presenta un tiempo para determinar que sectores se requiere atender para el día, considerando que los datos obtenidos son en caliente. Es decir, existe una conexión directa entre el sistema experto con la data productiva, el cual cambia constantemente debido a que existen nuevos incidentes y atenciones cerradas por los diferentes sectores por el cual como se evidencia, dicho proceso de evaluación aplicando el sistema experto tiene una duración promedio de 2 minutos aproximadamente por búsqueda de sector los cuales se evidencian mediante las fichas **de observación recopilada en el anexo 15**. Considerando que al interno se cumplen procedimientos, normativas de control como parte del área de gobierno con el fin de salvaguardar la seguridad de la información.

En la figura 62, se aprecia las categorizaciones de la evaluación del sistema experto basado en la regla. Es decir. Se evidencia que existen 760 registros críticos por atender, 19 con criticidad mayor, 7 con registros con categorización media y cero de tipo menor. Todo ello, es parte del **tiempo de evaluación**.

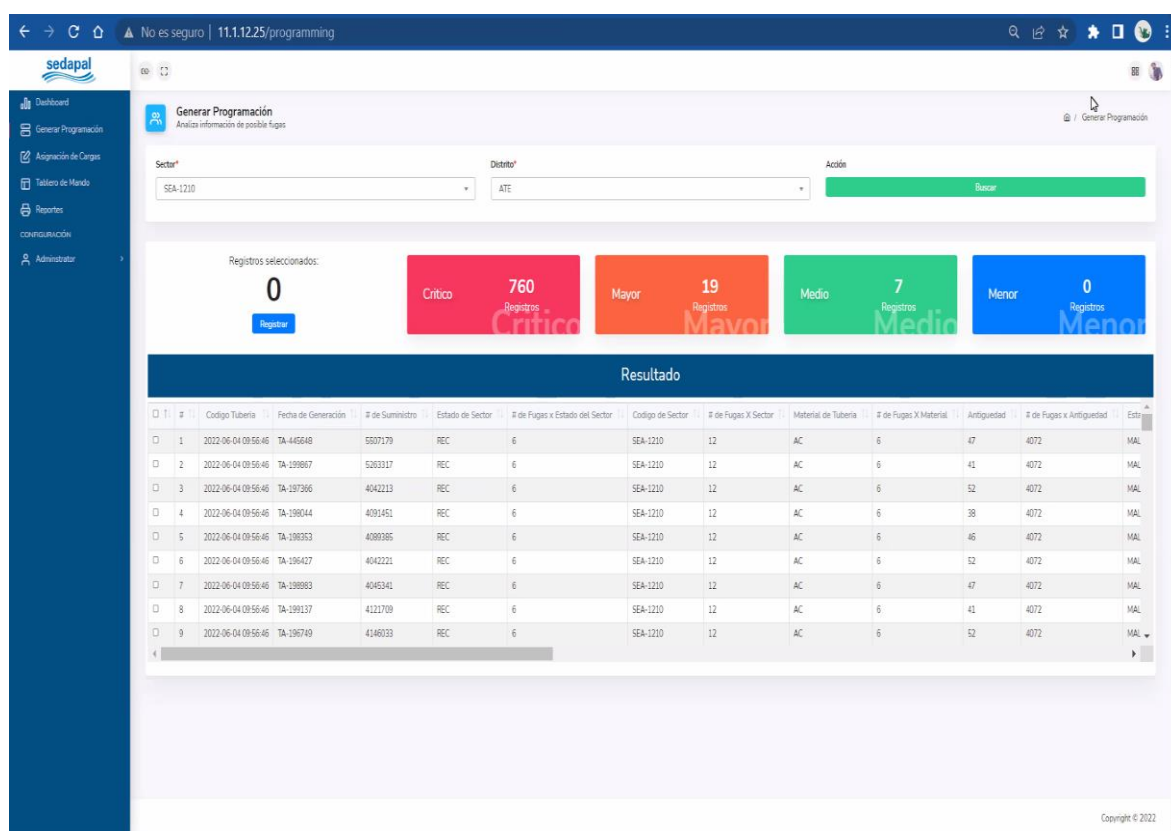


Figura 61: Criticidades de la evaluación

Elaborado por: el autor

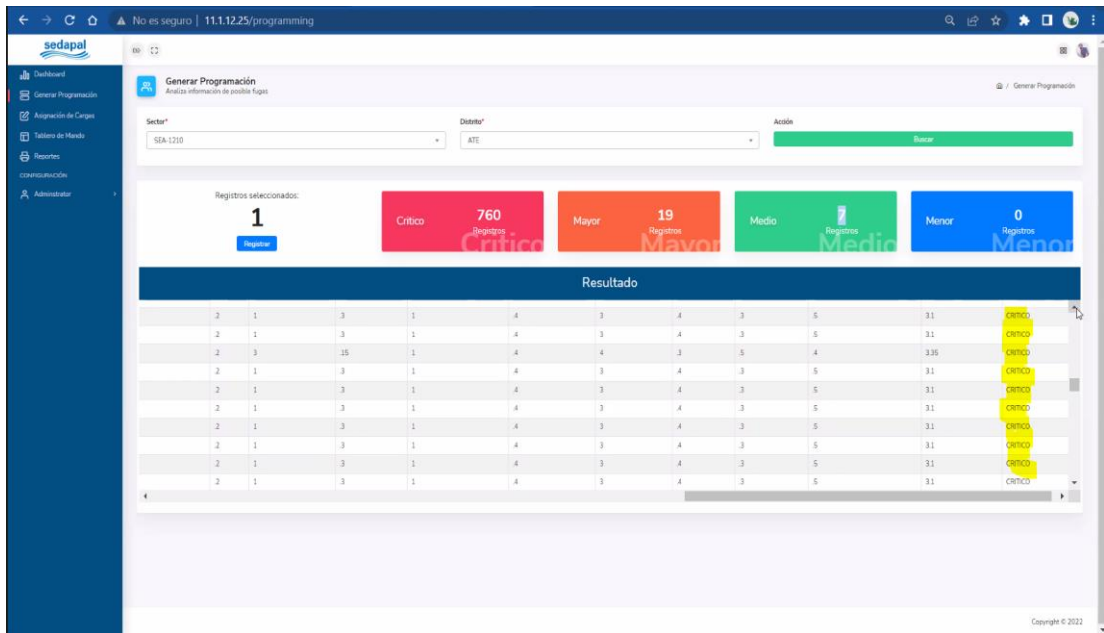


Figura 62: Registros con categorización críticos
Elaborado por: el autor

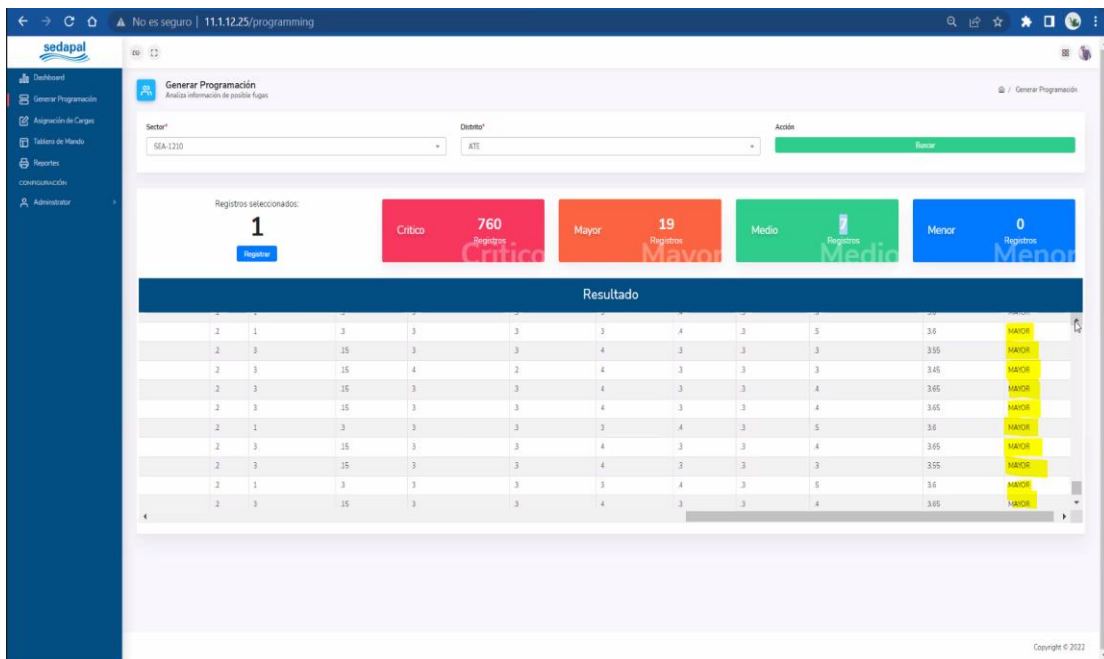


Figura 63: Registros con categorización mayores.
Elaborado por: el autor

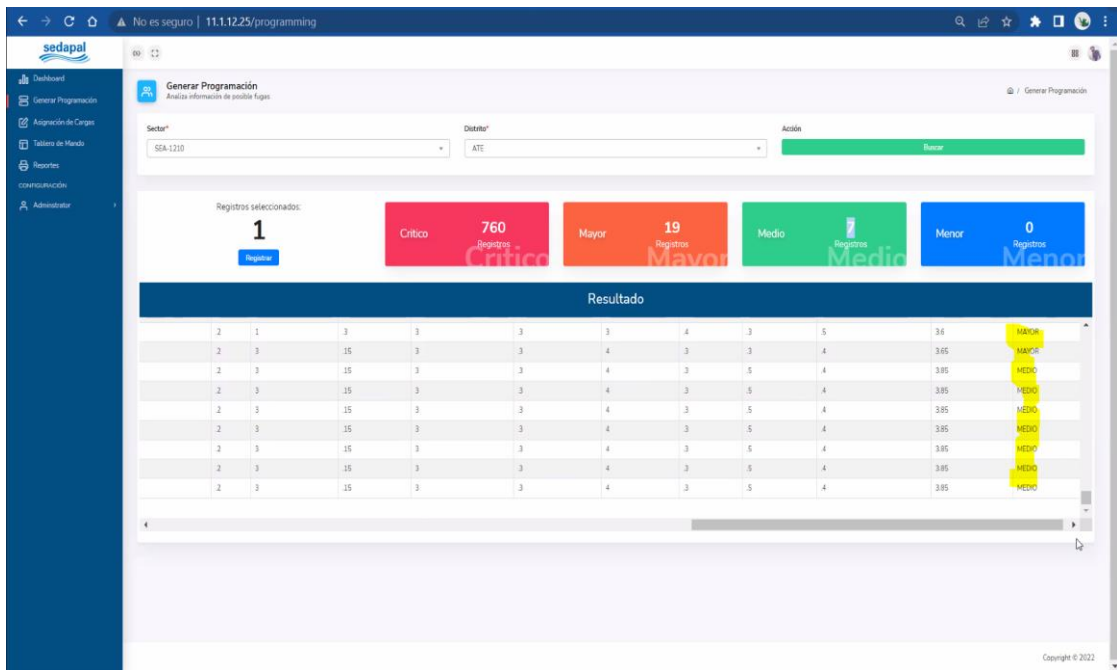


Figura 64: Registros con categorización medio.

Elaborado por: el autor

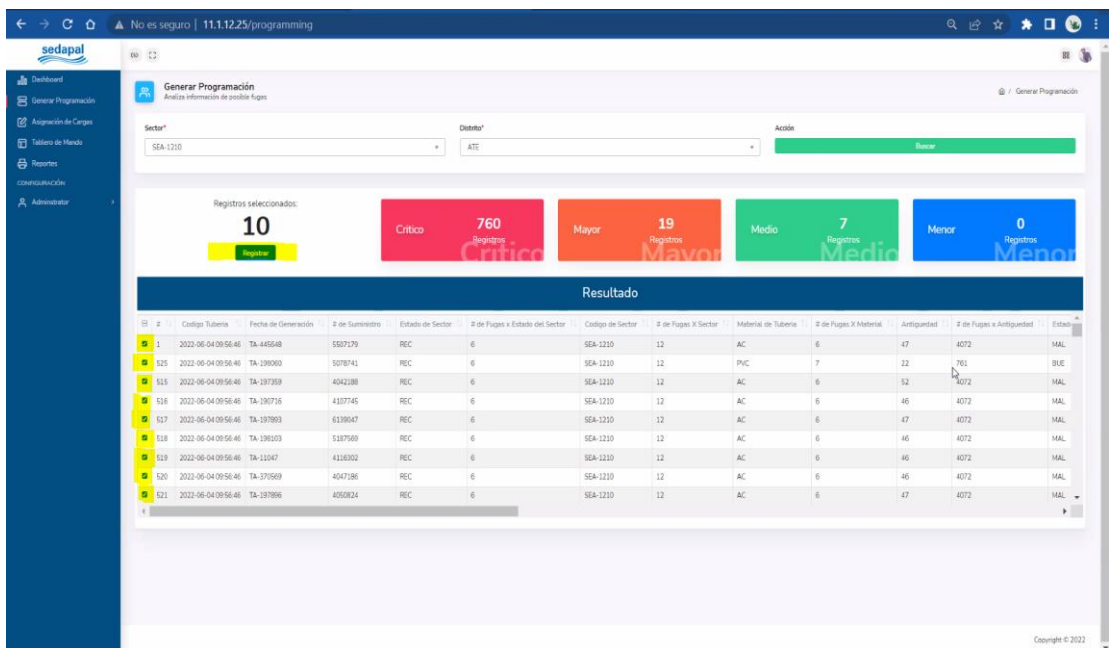


Figura 65: Selección de 10 Registros con categorización

Elaborado por: el autor

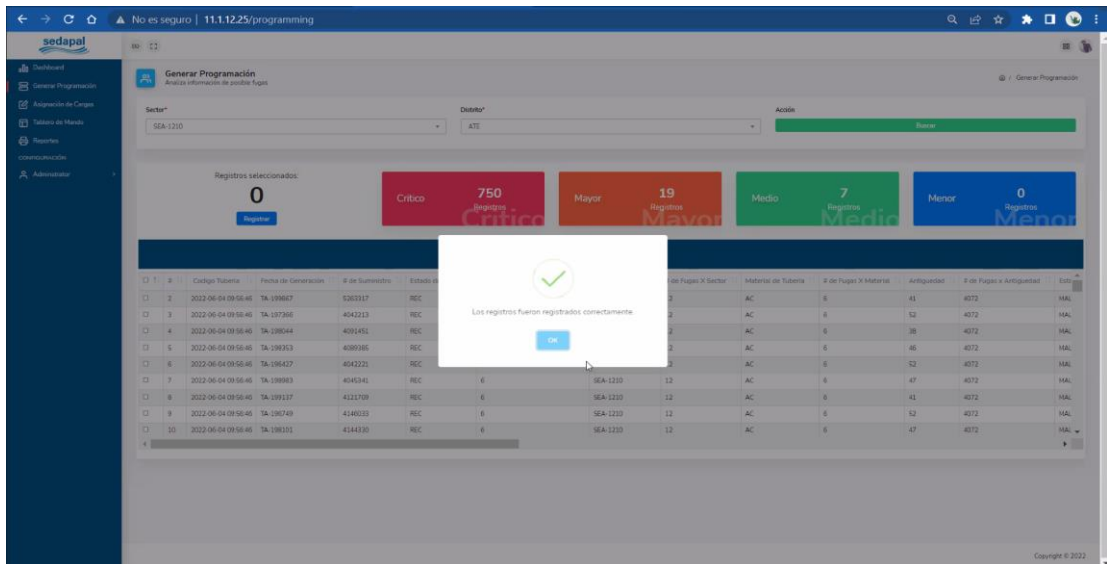


Figura 66: Grabar los 10 registros con categorización

Elaborado por: el autor

Como se aprecia en el sistema experto, el tiempo de la asignación de las programaciones toma alrededor de 0.89 minutos aproximadamente, es decir corresponde a 53 segundos, debido a la mejora de inspecciones automáticas para la asignación de las inspecciones con las respectivas cuadrillas de trabajo.

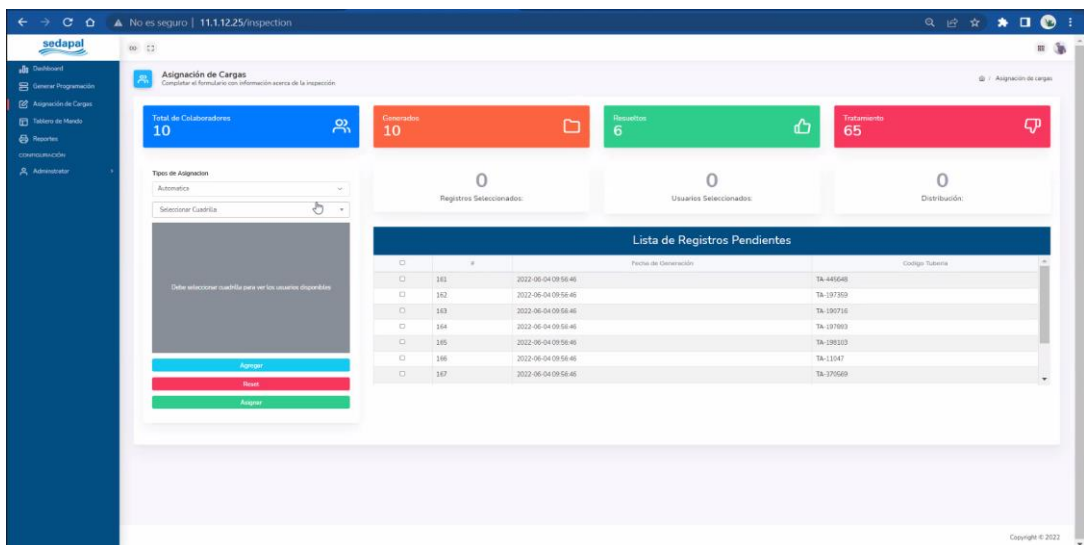


Figura 67: Asignación de cargas para los tiempos de programación

Elaborado por: el autor

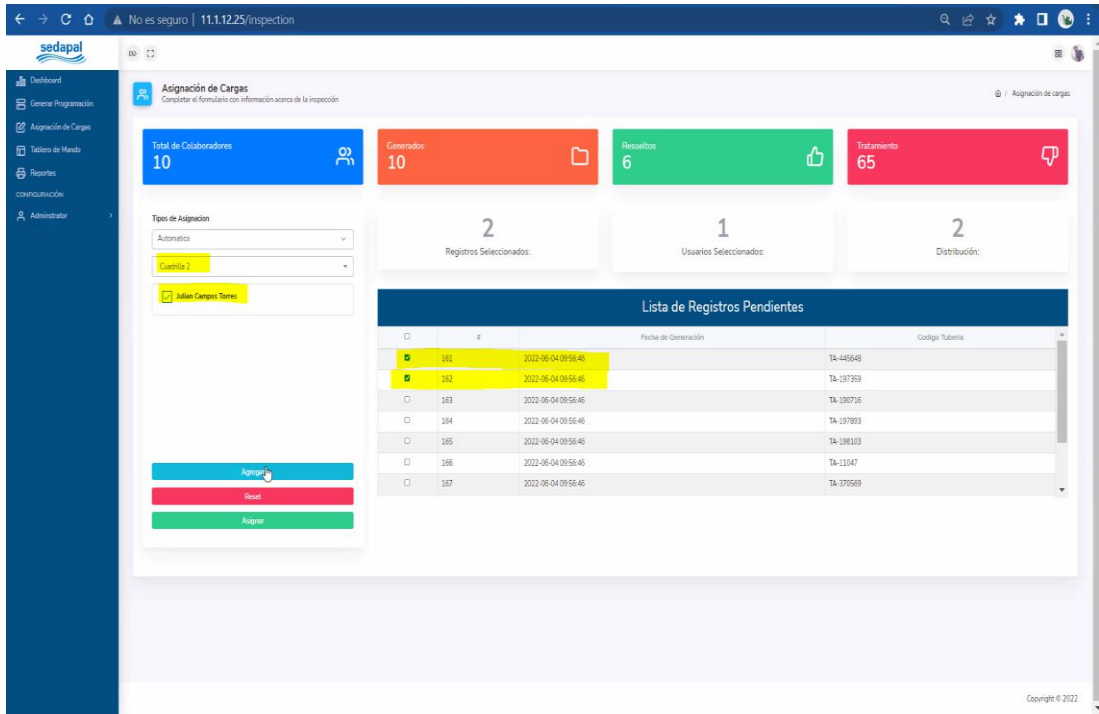


Figura 68: Asignación de cargas para las cuadrillas

Elaborado por: el autor

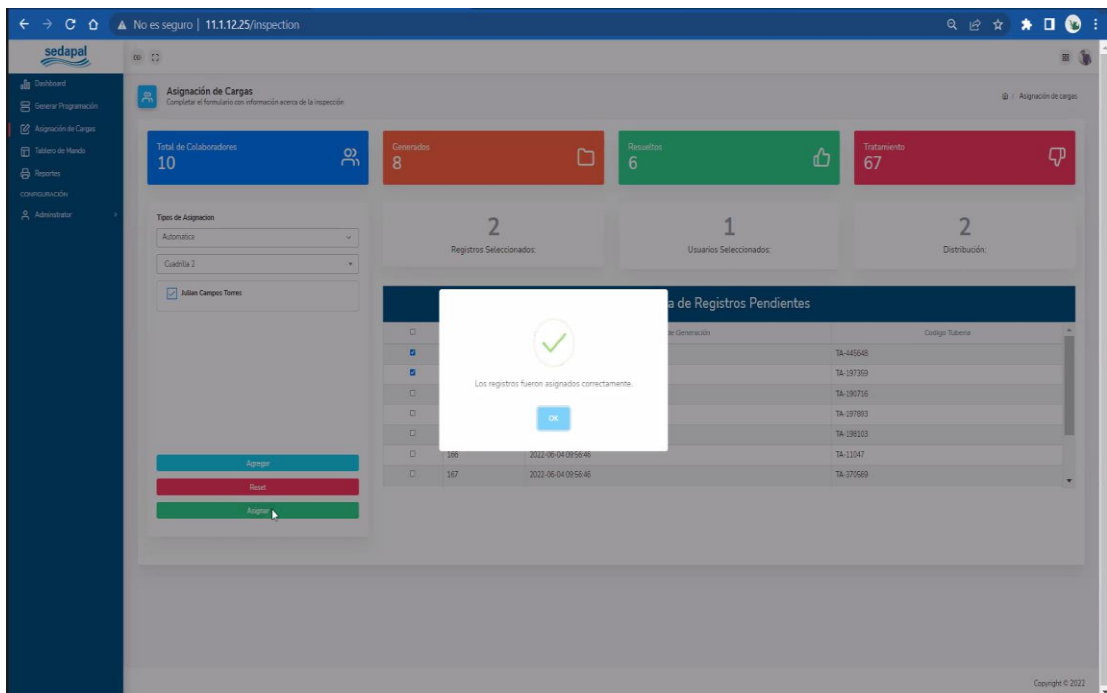


Figura 69: Asignación de 2 inspecciones para un colaborador

Elaborado por: el autor

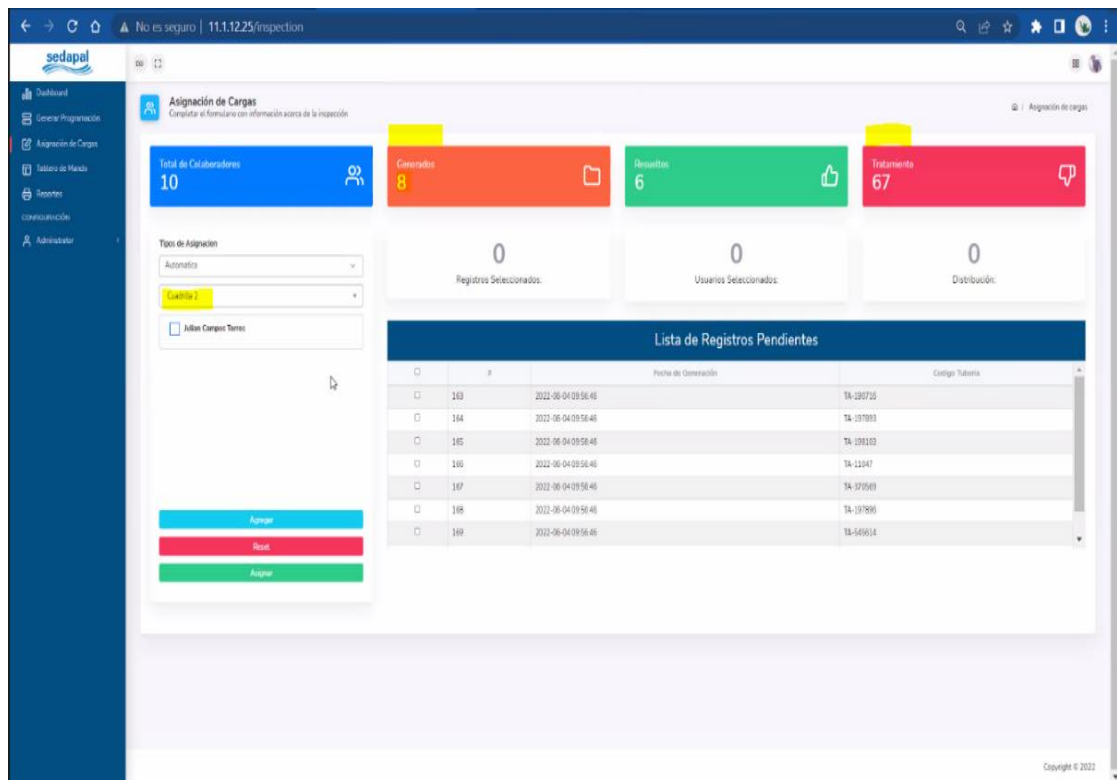


Figura 70: Backlog de inspecciones

Elaborado por: el autor

En resumen, se valida que los tiempos de evaluación toma 2.04 minutos aproximadamente y los tiempos en la programación toma 0.89 minutos aproximadamente, que corresponden a 3.93 minutos en total aproximadamente, que en segundos corresponde a 236 minutos, para todo el proceso de evaluación y programación con la aplicación automática del proceso de control de fugas. Es decir, se cumple el tiempo de evaluación y programación como parte del objetivo 2: Desarrollar un sistema experto para mejorar el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

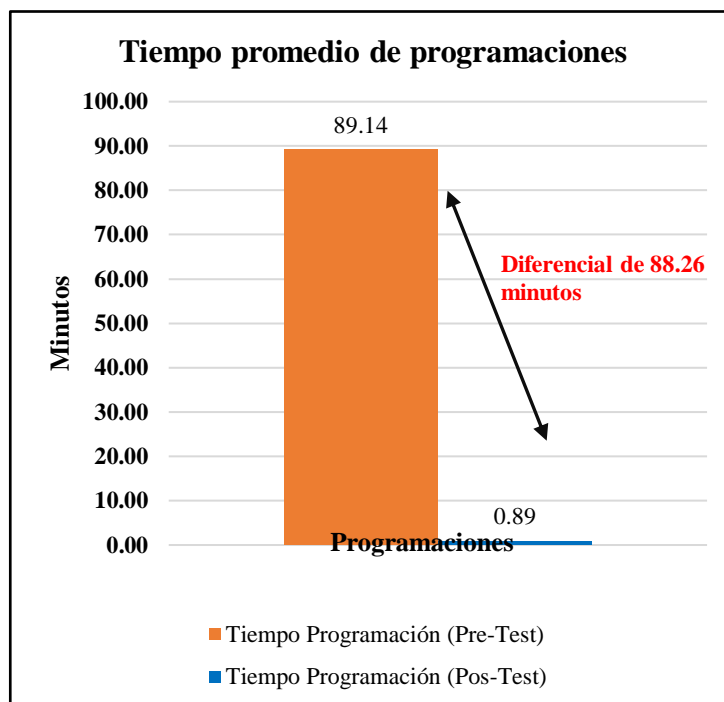
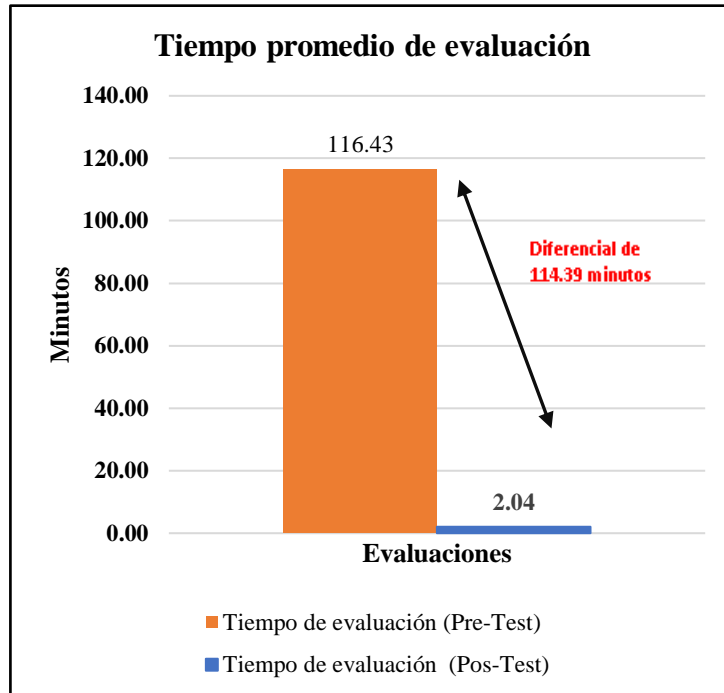


Figura 71: Consolidado de tiempos promedios

Elaborado por: el autor

5.3 Resultados del objetivo específico 3

Desarrollar un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

5.3.1 Estadística descriptiva del objetivo específico 3

Como parte de la estadística descriptiva se procedió con realizar los valores como el rango, mínimo, máximo, suma, media y desviación para la eficiencia de la programación que se aplicó sin sistema y con sistema aplicando el instrumento de la ficha de observación.

Tabla 62: Estadísticos descriptivos del objetivo específico 3

Datos con Spss							
	N	dato	Valor menor	Valor alto	sumatoria	promedio	Desv.
Eficiencia de programación (Pre-test)	28	8	66%	73%	1926	69%	2,411
Eficiencia de programación (Post-test)	28	7	100%	107%	2989%	107%	,685
N válido (por lista)	28						

Elaborado por: el autor

En la tabla 58, se evidencia que el valor la eficiencia de la asignación de las programaciones se evidencia que en el pre-test existe un promedio de 69% de nivel de eficiencia aproximadamente y en el pos-test utilizando el sistema experto la eficiencia presenta un incremento de 38%, es decir, la eficiencia genera programaciones más allá de la meta diaria, que servirá como respaldo para otras atenciones en la operación. Es decir, la eficiencia presenta un incremento significativo con total del 107% desarrollando un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

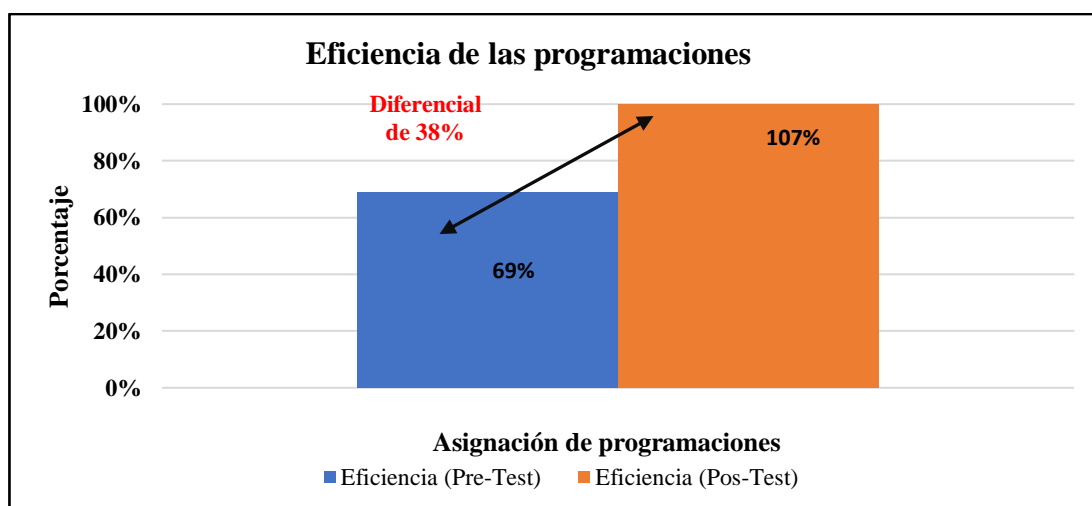


Figura 72: Eficiencia del objetivo específico 3

Elaborado por: el autor

En la figura 72, se evidencia la media estadística para el indicador eficiencia de las programaciones. Los resultados reflejan un diferencial de 38% a favor de la eficiencia. Es decir, existe un incremento en la eficiencia en las programaciones del control de fugas no visibles, que bordea los 107%, superando las expectativas.

5.3.2 Consistencia de los datos del objetivo específico 3

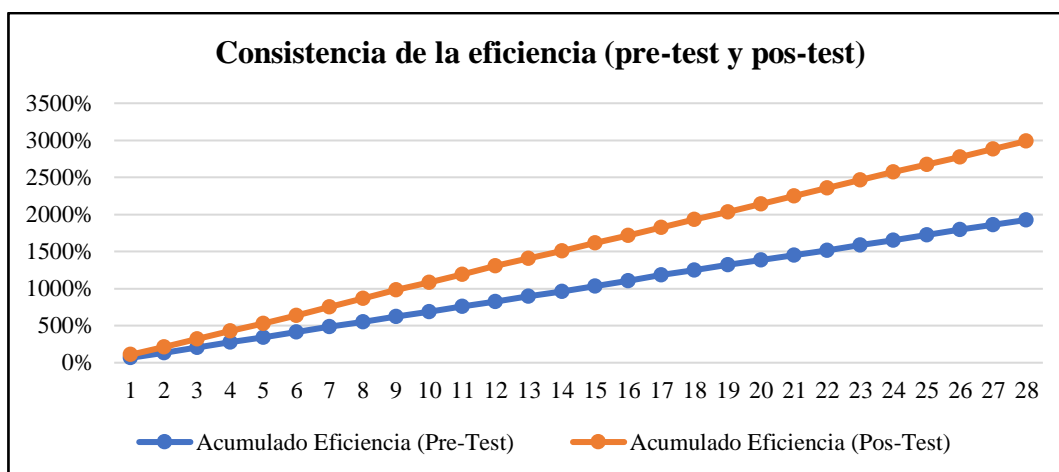


Figura 73: Consistencia del objetivo específico 3

Elaborado por: el autor

En la figura 73, se evidencia los resultados de consistencia de la eficiencia mediante la prueba dobles de masas, cuyo fin recae en realizar un acumulador, que forma una recta cartesiana que se considera como validador de una alta consistencia, considerando que los valores ingresados corresponden a tiempos obtenidos con el instrumento de la ficha de observación. Es decir, se refleja consistencia en la eficiencia de la programación del proceso de control de fugas no visibles para el objetivo específico 3. La aplicación de la prueba de consistencia mediante la prueba de dobles masas, se ajustaron al tiempo de evaluación y programación para el proceso de control de fugas.

Tabla 63: Datos consolidados de la eficiencia de la programación

Ítem	Eficiencia (Pre-Test)	Eficiencia (Pos-Test)
1	67%	108%
2	67%	104%
3	73%	108%
4	68%	104%
5	71%	107%
6	72%	108%
7	67%	113%
8	71%	117%
9	68%	113%
10	68%	104%
11	67%	108%
12	67%	112%
13	71%	102%
14	68%	103%
15	73%	104%
16	73%	103%
17	73%	104%
18	68%	108%
19	68%	104%
20	68%	108%

Elaborado por: el autor

5.3.3 Resultados del sistema experto para la eficiencia de la programación del objetivo específico 3

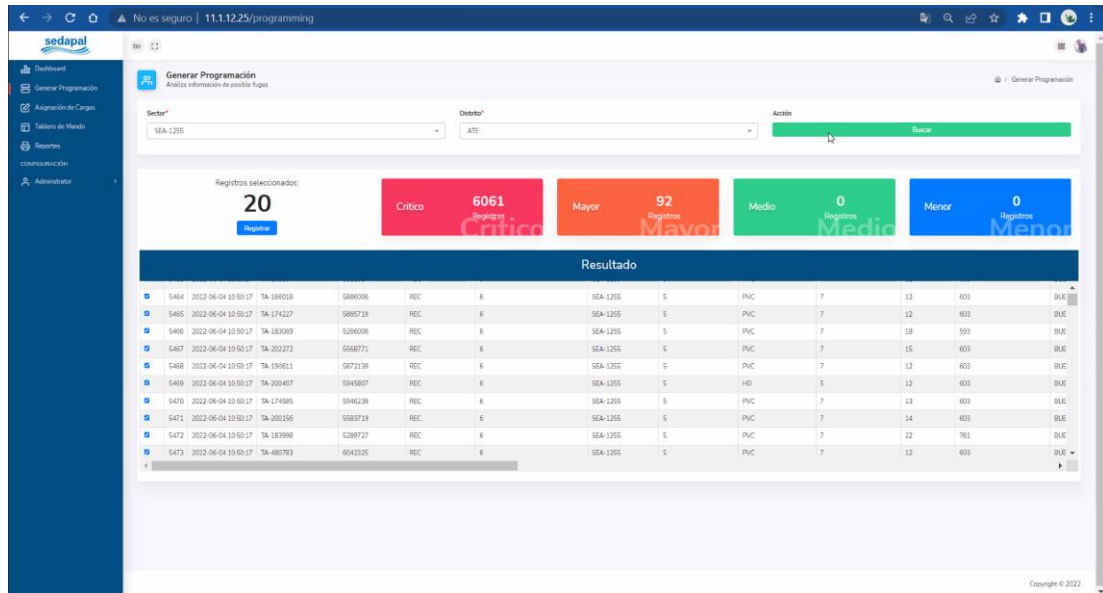


Figura 74: Selección de 20 registros de inspección del sector 1255

Elaborado por: el autor

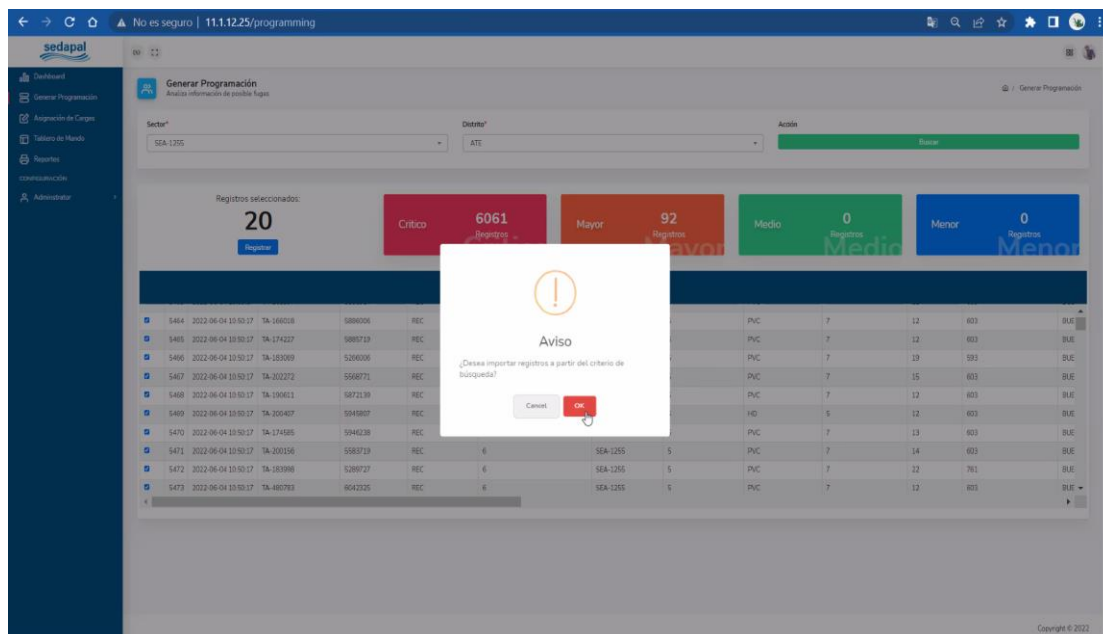


Figura 75: Registro de 20 inspecciones para la programación

Elaborado por: el autor

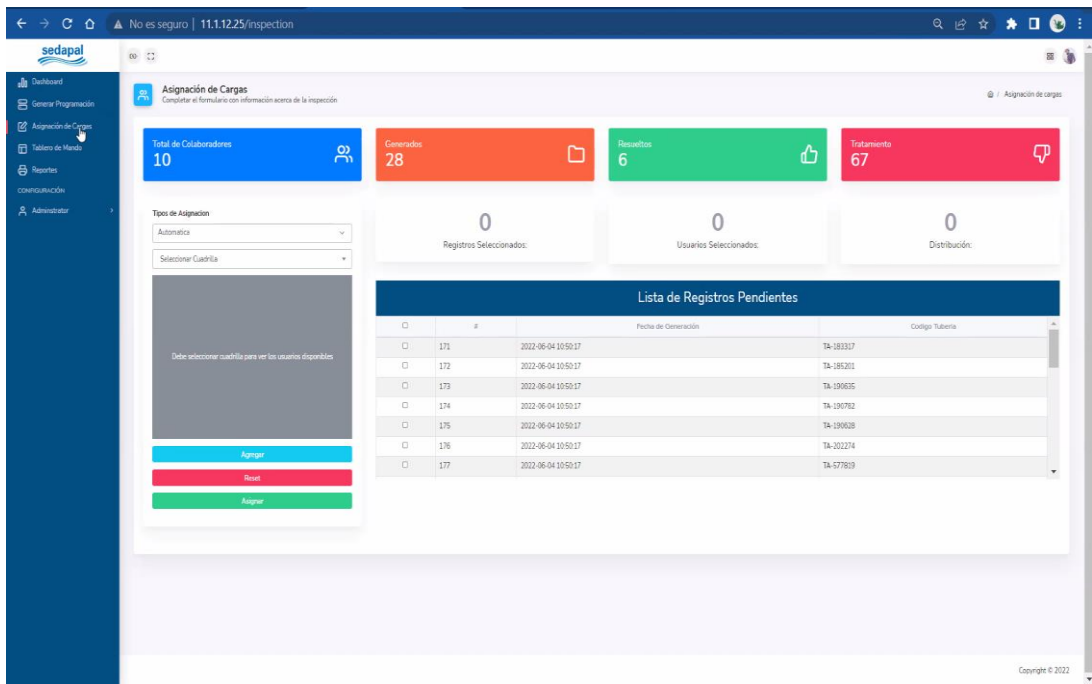


Figura 76: Reporte de 28 registros de inspecciones

Elaborado por: el autor

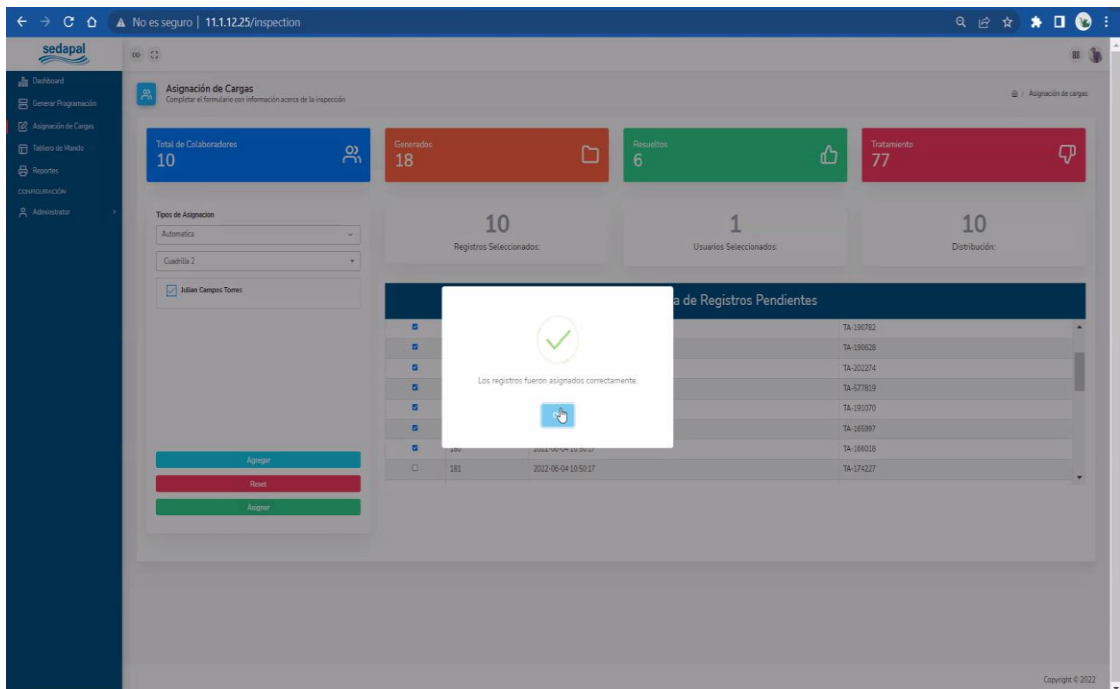


Figura 77: Asignación de 10 registros para el colaborador 1

Elaborado por: el autor

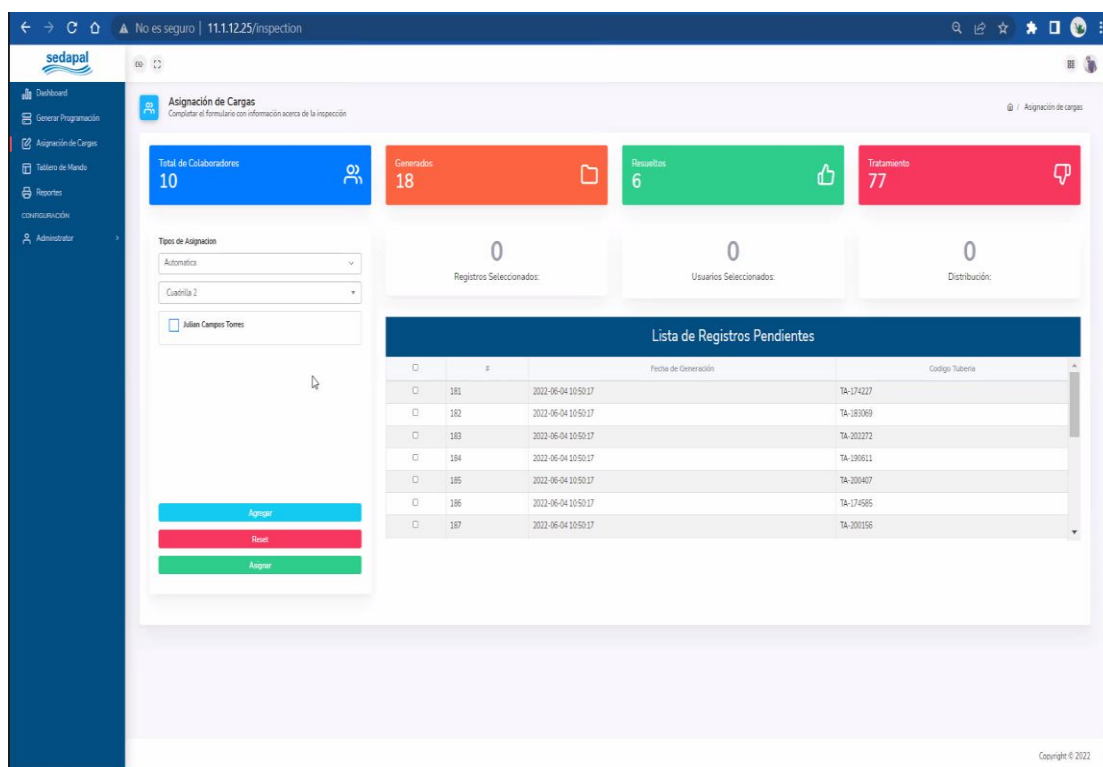


Figura 78: Reporte de 18 inspecciones como backlog

Elaborado por: el autor

En resumen, se valida de la programación presenta una eficiencia promedio de 107% aproximadamente mediante el proceso manual. Con los ajustes de mejora por el área de personal operativo del outsourcing se pondrá en automático dicha carga de inspecciones, conllevando a una eficiencia superior al 107%, que amerita subir la cantidad de fichas de programación con el fin de incrementar la productividad. Es decir, se cumple la eficiencia de la programación como parte del objetivo 3: Desarrollar un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

5.4 Resultados del objetivo específico 4

Desarrollar un sistema experto para mejorar los parámetros de decisión de las evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

A continuación, se plasma la arquitectura lógica del sistema experto y como parte de sus principales formularios de trabajo, está el Dashboard principal que permite saber cuáles son las atenciones críticas en base a los principales factores que acarrear los problemas del control de fugas.

5.4.1 Arquitectura lógica del motor de conocimiento basado en reglas como parte del objetivo específico 4

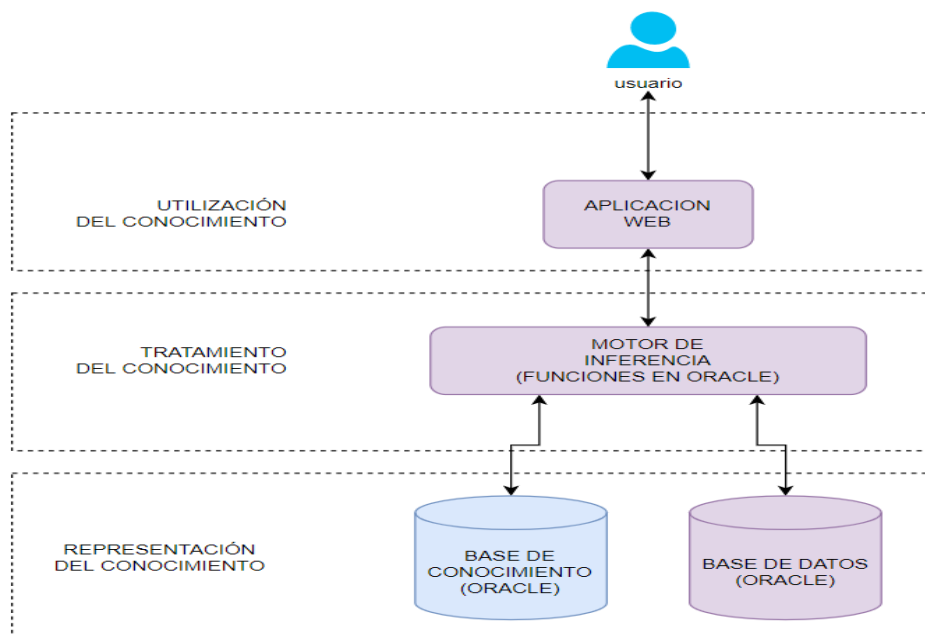


Figura 79: Arquitectura lógica de saberes y conocimiento

Elaborado por: el autor

5.4.2 Arquitectura física del sistema experto basado en reglas como parte del objetivo específico 4

The screenshot displays the Oracle SQL Developer interface. On the left, a tree view shows the 'SISEXPERTO' schema containing various tables, with 'DISTRITO' selected. The main window shows the 'Columns' tab for the 'DISTRITO' table, listing the following columns:

Column Name	Data Type	Nullable	Data Default	COLUMN ID	Primary Key	COMMENTS
OBJECTID	FLOAT	No	(null)	1	(null)	(null)
CODDIS	FLOAT	Yes	(null)	2	(null)	(null)
DISTRICTCODE	VARCHAR2(3 BYTE)	Yes	(null)	3	(null)	(null)
DISTRICTNAME	VARCHAR2(30 BYTE)	Yes	(null)	4	(null)	(null)
GLOBALID	CHAR(36 BYTE)	Yes	(null)	5	(null)	(null)
LASTUPDATE	DATE	Yes	(null)	6	(null)	(null)
LASTEDITOR	VARCHAR2(50 BYTE)	Yes	(null)	7	(null)	(null)
SHAPE_LENGTH	FLOAT	Yes	(null)	8	(null)	(null)
SHAPE_AREA	FLOAT	Yes	(null)	9	(null)	(null)

Figura 80: Componentes de Oracle – Tablas

Elaborado por: el autor

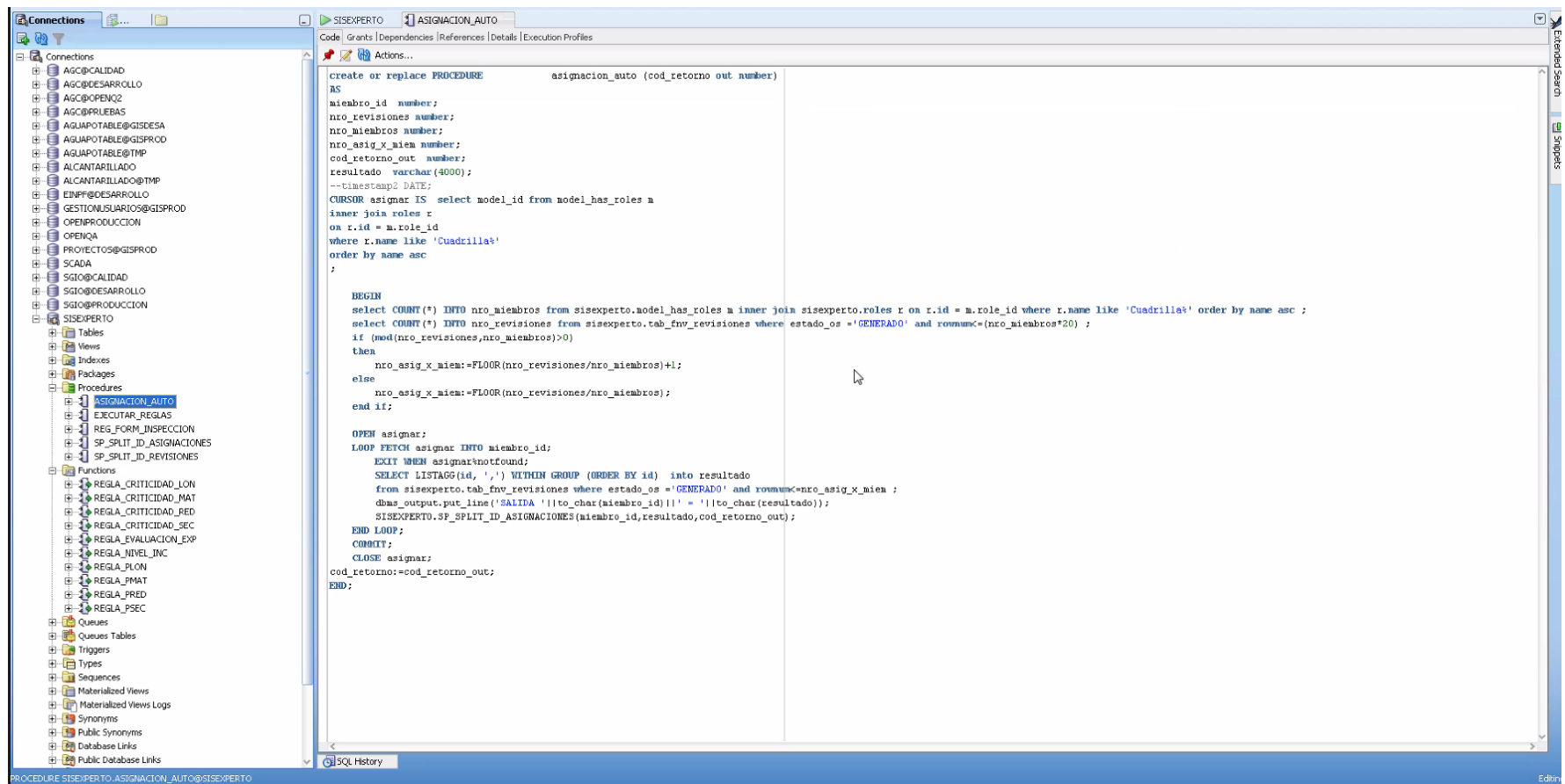


Figura 81: Componentes de Oracle – Procedimientos

Elaborado por: el autor

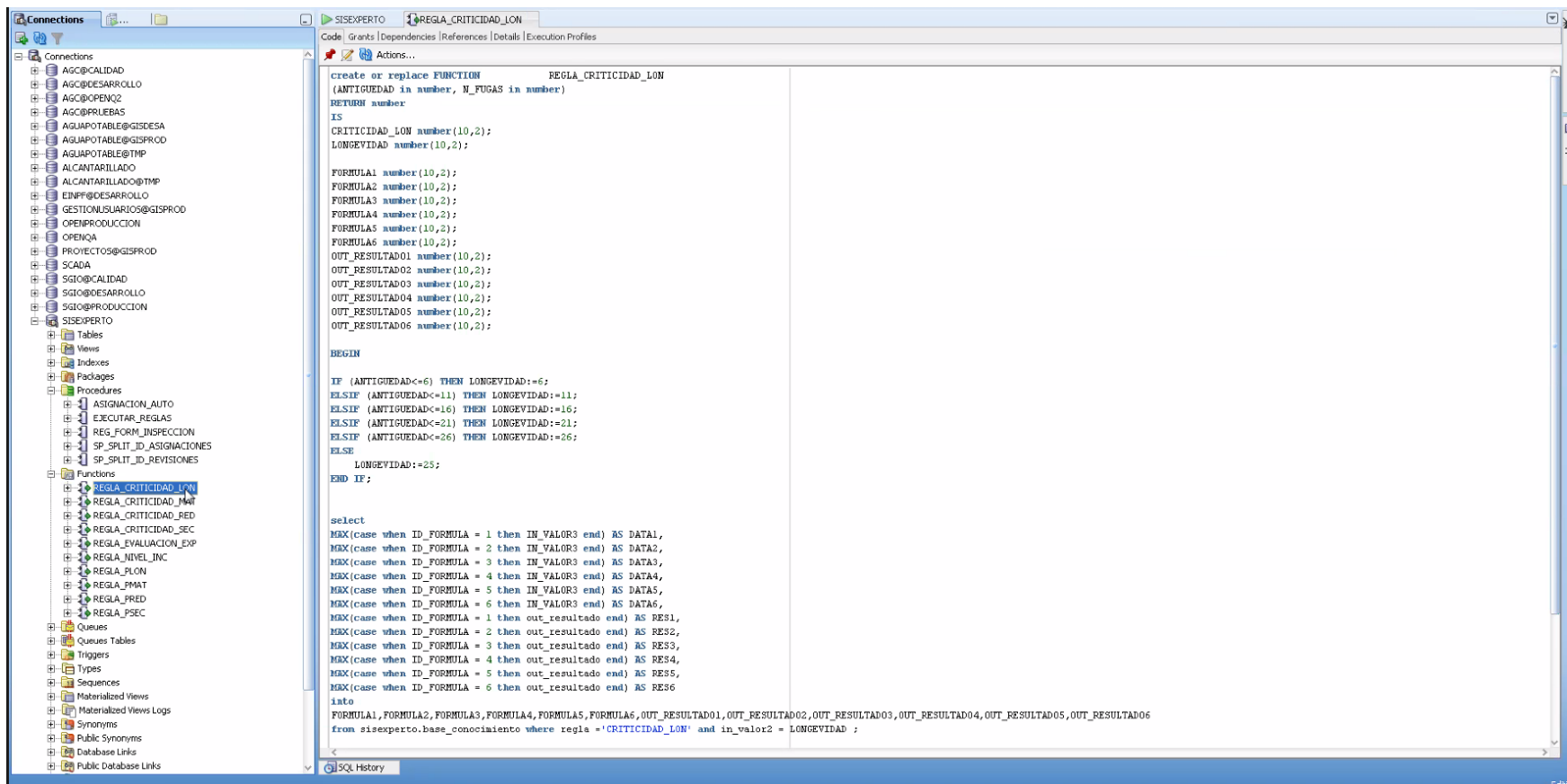


Figura 82: Componentes de Oracle – Funciones por criticidad

Elaborado por: el autor

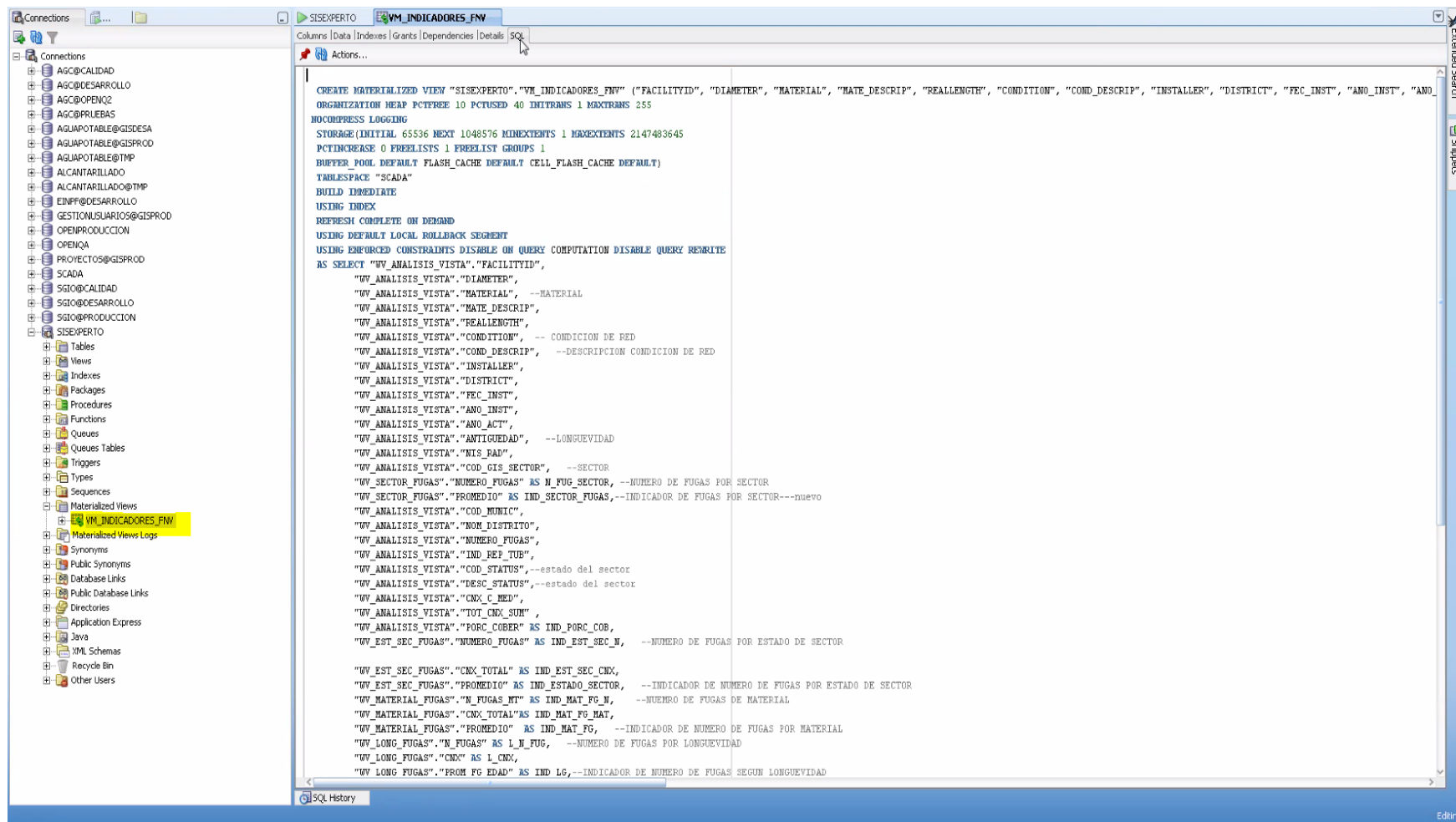


Figura 83: Componentes de Oracle – Vistas materializadas

Elaborado por: el autor

5.4.3 Reglas del sistema experto basado en procedimientos en Oracle como parte del objetivo específico 4

En la figura 84 se evidencia la implementación de las reglas a través de funciones en base de datos Oracle, estas funciones implementadas son usadas por la aplicación para la utilización del conocimiento experto y hallar las posibles fugas no visibles de la empresa.

```

create or replace FUNCTION          REGLA_PRED
(CRITICIDAD_RED in number)
RETURN number
IS
PRED number(10,2);
BEGIN
select out_resultado into PRED from sisexperto.base_conocimiento where regla = 'PRED' and in_valor2=CRITICIDAD_RED;

return PRED;
END;

```

Figura 84: Funciones implementadas

Elaborado por: el autor

```

67  EVAL_EXP ,
68  SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_SEC (COD_STATUS, IND_EST_SEC_N) AS CRITICIDAD_SEC,
69  SISEXPERTO.REGLA_PSEC (COD_GIS_SECTOR, N_FUG_SECTOR) AS PSEC,
70  SISEXPERTO.REGLA_FMAT (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT (MATERIAL, IND_MAT_FG_N)) AS FMAT,
71  SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON (ANTIGUEDAD, L_N_FUG) AS CRITICIDAD_LON,
72  SISEXPERTO.REGLA_PLO (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON (ANTIGUEDAD, L_N_FUG)) AS PLO,
73  SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED (CONDITION, COND_N_FUGAS) AS CRITICIDAD_RED,
74  SISEXPERTO.REGLA_PRED (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED (CONDITION, COND_N_FUGAS)) AS PRED,
75  SISEXPERTO.REGLA_NIVEL_INC (NIV_INC) AS NIVEL_INC,
76  SISEXPERTO.REGLA_EVALUACION_EXP (EVAL_EXP) AS EVALUACION_EXP,
77  (
78  SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_SEC (COD_STATUS, IND_EST_SEC_N)
79  + SISEXPERTO.REGLA_PSEC (COD_GIS_SECTOR, N_FUG_SECTOR)
80  + SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT (MATERIAL, IND_MAT_FG_N)
81  + SISEXPERTO.REGLA_FMAT (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_MAT (MATERIAL, IND_MAT_FG_N))
82  + SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON (ANTIGUEDAD, L_N_FUG)
83  + SISEXPERTO.REGLA_PLO (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_LON (ANTIGUEDAD, L_N_FUG))
84  + SISEXPERTO.REGLA_PRED (SISEXPERTO.REGLA_CRITICIDAD_RED (CONDITION, COND_N_FUGAS))
85  + SISEXPERTO.REGLA_NIVEL_INC (NIV_INC)
86  + SISEXPERTO.REGLA_EVALUACION_EXP (EVAL_EXP)
87  ) AS CALC_CRITICIDAD
88  FROM SISEXPERTO.VM_INDICADORES_FNV
89  WHERE DISTRICT=DISTRICT1 and COD_GIS_SECTOR=COD_GIS_SECTOR1
90  ) a
91  where a.NIS_RAD not in (select nis_rad from SISEXPERTO.TAB_FNV_REVISIONES where fec_gen > sysdate-720)
92  ;
93  ;
94  commit;
95  cod_retorno:=1;
96  EXCEPTION /* tratamiento de errores */
97  WHEN OTHERS THEN
98  cod_retorno:=0;
99  END;

```

Figura 85: Procedimiento de reglas

Elaborado por: el autor

En la figura 85, se observa la creación de un procedimiento en la BD Oracle que se encarga de llamar a todas las reglas del conocimiento y usarlas para aplicar a la información de tuberías por sus suministros asociados con el objetivo de detectar las posibles fugas no visibles.

5.4.3.1 Parámetro estado del sector y criticidad SEC

Para determinar las criticidades ES, se plantean parámetros de causalidad y pesos. En este escenario se contemplará los siguientes puntos:

- a) Estado Critical: 1
- b) Estado Major: 2
- c) Estado Medium: 3
- d) Estado Minor: 4

Tabla 64: Reglas por sector y criticidad

Estado del sector (ES)	Promedio de fugas por estado (NFXES)						Criticidad SEC (NFXSEC) X (ES)				
	1	2	3	4	5	>5	4	4	4	4	4
Controlado (1)	1	2	3	4	5	>5	4	4	4	4	4
En construcción (2)	1	2	3	4	5	>5	3	3	2	2	4
En proyecto (3)	1	2	3	4	5	>5	3	3	3	2	4
Fuera de control (4)	1	2	3	4	5	>5	3	2	1	1	1
Hermetizado (5)	1	2	3	4	5	>5	4	3	4	4	4
Recepcionado (6)	1	2	3	4	5	>5	4	3	4	3	2
Interpretación Lógica											

Si (ES = 1) & (NFXES = 1) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 3
"Estado Medium"

Si (ES = 2) & (NFXES = 3) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 2
"Estado Mayor"

Si (ES = 3) & (NFXES = 3) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 3
"Estado Medium"

Si (ES = 4) & (NFXES = 5) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 1
"Estado Critical"

Si (ES = 5) & (NFXES = 5) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 1
"Estado Critical"

Si (ES = 6) & (NFXES = 1) entonces el nivel de criticidad ES corresponde a 4
"Estado Minor"

Elaborado por: el autor

En resumen, se elaboró el primer bloque de reglas, pendientes de estimar el peso que defina el experto del control de fugas.

5.4.3.2 Parámetro de pesos por sector PSEC

Tabla 65: Reglas de pesos por sector PSEC

Sectores (SEC)	Numero de Fugas por Sector (NFXSEC)						Pesos (PSEC)				
	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
SEA-1204	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
SEA-1205	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
SEA-1207	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
SEA-1211	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
SEA-1245	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.2	0.3	0.35	0.55
SEA-1281	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.2	0.3	0.35	0.55

SEA-1433	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6
SEA-1434	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.2	0.35	0.4	0.6
SEA-1436	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.2	0.35	0.4	0.6
SEA-1077	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.2	0.35	0.30	0.4	0.45
SEA-1214	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1215	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1220	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.2	0.35	0.30	0.4	0.45
SEA-1224	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.2	0.35	0.30	0.4	0.45
SEA-1225	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1226	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1249	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1216	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1222	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1223	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1247	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1250	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1251	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1252	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1253	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1254	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1256	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1258	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1259	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1260	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1262	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1263	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1264	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4

SEA-1265	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1266	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1267	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1268	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1269	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1270	<2	<3	<4	<5	<6	>6	0.1	0.20	0.3	0.35	0.4
SEA-1435	<5	<7	<9	<11	<12	>12	0.1	0.20	0.3	0.4	0.5
SEA-1206	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1208	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1209	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1210	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1212	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1239	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1240	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1241	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1242	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1243	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1244	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
SEA-1246	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1255	<3	<5	<7	<9	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2
SEA-1284	<3	<5	<7	<10	<12	>12	0.1	0.15	0.16	0.17	0.2

Interpretación Lógica

- Si (SEA-1204) & (NFXSEC = <20) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.2
- Si (SEA-1207) & (NFXSEC = >59) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.5
- Si (SEA-1281) & (NFXSEC = <25) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.35
- Si (SEA-1433) & (NFXSEC = >24) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.6
- Si (SEA-1434) & (NFXSEC = <10) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.2

Si (SEA-1436) & (NFXSEC = <25) entonces el peso (PSEC) le corresponde a 0.4

Elaborado por: el autor

5.3.4.3 Parámetros de material

Para determinar las criticidades MAT, se plantean parámetros de causalidad y pesos. En este escenario se contemplará los siguientes puntos:

- a) Estado Critical: 1
- b) Estado Major: 2
- c) Estado Medium: 3
- d) Estado Minor: 4

Tabla 66: Reglas por material

Material (MAT)	Promedio de Fugas por material (NFXMAT)						Criticidad MAT (NFXMAT) X (MAT)				
	1	2	3	4	5	>5	2	1	1	1	1
AC (1)	1	2	3	4	5	>5	2	1	1	1	1
FOFO (2)	1	2	3	4	5	>5	3	3	1	1	1
FOGO (3)	1	2	3	4	5	>5	3	3	1	1	1
HD (4)	1	2	3	4	5	>5	4	3	3	3	3
PEAD (5)	1	2	3	4	5	>5	4	3	3	3	3
PVC (6)	1	2	3	4	5	>5	4	3	3	3	3

Interpretación Lógica

Si (MAT = 1) & (NFXMAT = 1) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 2
"Estado Major"

Si (MAT = 2) & (NFXMAT = 5) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 3
"Estado Minor"

Si (MAT = 3) & (NFXMAT = 2) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 3
"Estado Minor"

Si (MAT = 4) & (NFXMAT = 5) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 1
"Estado Critical"

Si (MAT = 5) & (NFXMAT = 1) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 3
"Estado Minor"

Si (MAT = 6) & (NFXMAT = 4) entonces el nivel de criticidad MAT corresponde a 1
"Estado Critical"

Elaborado por: el autor

En resumen, se elaboró el bloque de reglas de material por números de fugas, pendientes de estimar el peso que defina el experto del control de fugas. De manera tentativa todos tendrán los siguientes pesos de material PMAT:

- a) Estado Critical: peso 0.3
- b) Estado Major: peso 0.2
- c) Estado Medium: peso 0.15
- d) Estado Minor: peso 0.1

5.3.4.4 Parámetros de longevidad y fugas

Para determinar las criticidades LON se plantean parámetros de causalidad y pesos. En este escenario se contemplará los siguientes puntos:

- a) Estado Critical: 1
- b) Estado Major: 2
- c) Estado Medium: 3
- d) Estado Minor: 4

Tabla 67: Reglas de longevidad y fugas

Longevidad (LON)	Numero de Fugas por						Criticidad LON				
	Longevidad (NFXLON)						(NFXLON) X (LON)				
<6 años	250	350	450	550	650	>650	4	3	2	1	1
<11 años	250	350	450	550	650	>650	4	3	2	1	1
<16 años	250	350	450	550	650	>650	3	2	1	1	1
<21 años	250	350	450	550	650	>650	2	2	2	1	1
<26 años	250	350	450	550	650	>650	2	2	1	1	1
>25 años	250	350	450	550	650	>650	1	1	1	1	1

Interpretación Lógica

Si (LON = <6) & (NFXLON = 1) entonces el nivel de criticidad LON corresponde a 4

“Estado Minor”

Si (LON = <11) & (NFXLON = 3) entonces el nivel de criticidad LON corresponde a

2 “Estado Major”

Si (LON = <16) & (NFXLON = 1) entonces el nivel de criticidad LON corresponde a

3 “Estado Medium”

Si (LON = <21) & (NFXLON = 1) entonces el nivel de criticidad LON corresponde a

2 “Estado Major”

Si (LON = <26) & (NFXLON = >5) entonces el nivel de criticidad LON corresponde

a 1 “Estado Critical”

Elaborado por: el autor

En resumen, se elaboró el bloque de reglas de longevidad por números de fugas, pendientes de estimar el peso que defina el experto del control de fugas. De manera tentativa todos tendrán los siguientes pesos PLON

- a) Estado Critical: peso 0.4

- b) Estado Mayor: peso 0.35
- c) Estado Medium: peso 0.30
- d) Estado Minor: peso 0.2

5.3.4.5 Parámetros de condición de redes

Para determinar las criticidades CR se plantean parámetros de causalidad y pesos. En este escenario se contemplará los siguientes puntos:

- a) Estado Critical: 1
- b) Estado Mayor: 2
- c) Estado Medium: 3
- d) Estado Minor: 4

Tabla 68: Reglas por condición de redes

Condición de redes (CR)	Promedio de Fugas por condición de redes (NFXCR)						Criticidad CR (NFXCR) X (CR)				
	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	4	3	2	2	2
Excelente (1)	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	4	3	2	2	2
Bueno (2)	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	4	3	2	1	1
Regular (3)	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	3	2	1	1	1
Malo (4)	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	3	2	1	1	1
Desconocido (5)	0.1	0.45	0.5	0.55	0.6	>0.6	3	3	3	3	2
Interpretación Lógica											
Si (CR = 1) & (NFXCR = 2) entonces el nivel de criticidad CR corresponde a 4											
"Estado Minor"											

Si (CR = 3) & (NFXCR = 2) entonces el nivel de criticidad CR corresponde a 2
"Estado Mayor"

Si (CR = 4) & (NFXCR = 5) entonces el nivel de criticidad CR corresponde a 1
"Estado Critical"

Si (CR = 5) & (NFXCR = 2) entonces el nivel de criticidad CR corresponde a 2
"Estado Mayor"

Elaborado por: el autor

En resumen, se elaboró el bloque de reglas de condición de las redes de suministro de agua por números de fugas, pendientes de estimar el peso que defina el experto del control de fugas. De manera tentativa todos tendrán los siguientes pesos PLON:

- a) Estado Critical: peso 0.5
- b) Estado Mayor: peso 0.45
- c) Estado Medium: peso 0.4
- d) Estado Minor: peso 0.3

5.3.4.6 Parámetros del nivel de incidentes de fugas reportadas.

Los niveles de incidentes presentan una categorización de prioridad que se mostrara en el cuadro adjunto.

- a) Incidente Critical: peso 0.5
- b) Incidente Mayor: peso 0.4
- c) Incidente Medium y minor: peso 0.3 y 0.2

5.3.4.7 Parámetros de evaluación por experiencia.

Los niveles de ocurrencia basada en la experiencia cliente presentan una categorización de prioridad que se mostrara en el cuadro adjunto.

- a) Prioridad alta: peso 0.5
- b) Prioridad Media: peso 0.4
- c) Prioridad Baja: peso 0.3

5.3.4.8 Parámetros de determinación de la programación por puntajes de criticidad y pesos

Se empleará el top de las cien ocurrencias con pesos para su distribución de acuerdo con el número de cuadrillas para su atención, de manera semanal y mensual.

Reglas consolidadas de aplicación: Se aplican en base al cálculo y promedio de los valores identificados como Criticidad SEC; PSEC; criticidades MAT; PMAT; criticidades LON; PLON; criticidades CR; PCR; Nivel de incidentes; y evaluación de experiencia. Los valores van de 1 a 10 puntos. Mientras más cercano a 10 menos afectación de repuesta de fuga en las redes principales. La maduración de los pesos corresponde a una etapa de evolución y priorización, que se define por el lado del experto. En resumen, se confirma el cumplimiento del objetivo específico 4 al evidenciar las reglas, la arquitectura del sistema experto y sus

componentes físicos y lógicos. Es decir, se cumple el objetivo específico 4 en desarrollar un sistema experto para mejorar los parámetros de decisión de las evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

El objetivo principal del proyecto fue desarrollar un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal. El cual, permita realizar la evaluación, programación y seguimiento de las atenciones, para así mejorar los tiempos del proceso de evaluación y la eficiencia en las programaciones de las inspecciones mediante el apoyo de la inteligencia artificial como se aprecia en el resultado del capítulo 5 en la sección 5.1 donde se evidencia que mediante la construcción del módulo principal “Dashboard” se realiza un seguimiento personalizado de las atenciones realizadas por las cuadrillas. Todo ello, coincide con el estudio de Rodríguez et al. (2019) en su tesis “Sistema Smartwater para la detección de fugas de agua” donde se evidencia que, al utilizar la inteligencia artificial basado en reglas como herramienta de apoyo en el proceso de control de fugas de agua, permite reducir los tiempos en la identificación y registro de las fugas de los suministros, ya que al utilizar tecnologías de IA basada en reglas permite automatizar el proceso de evaluación. Es decir, aporta en la precisión y

ubicación de las posibles fugas evitando el error humano. Los sistemas expertos basados en reglas tienen como propósito la automatización de procesamientos basados en el expertis del especialista como indican Sandoval et al. (2021), “Las herramientas de inteligencia artificial poseen el expertis de los humanos” porque ayuda en procesar las evaluaciones y programación de las inspecciones de manera manual y automatizada.

Para el objetivo específico 1 denominado desarrollar un sistema experto para mejorar el seguimiento de las atenciones en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, teniendo como resultado la disminución de los tiempos en la identificación y registro de las atenciones programadas por cada colaborador en el campo, por tener una programación automática por parte del sistema experto. Además, de contar con la ubicación precisa de cada atención mediante la integración del GIS geográfico para todas las atenciones, como se aprecia en el capítulo 5.1 de los resultados. Todo ello, permite incrementar los niveles de confiabilidad en un 107%, permitiendo un correcto seguimiento. De esta manera, se confirma el aporte de Müller et al. (2021) en su estudio “Aplicación de un sistema experto basado en inteligencia artificial en los procesos industriales” donde se valida su efectividad porque los procesos serán automatizados al aplicar el conocimiento del experto en la lógica del sistema, evidenciando como beneficio la precisión e incremento de la productividad. El módulo principal del sistema experto basado en reglas beneficia al área de control de fugas al contar con un Dashboard principal de seguimiento para los colaboradores debido a que permite la detección,

identificación geográfica de las fugas de agua, permitiendo contar con información veraz, confiable, automatizada y precisa como precisa Flores et al. (2019) el aprendizaje automático es una gran ventaja competitiva para el proceso de control de fugas aplicando la IA, por contar con más de 300 mil registros en los últimos 5 años.

Como parte del segundo objetivo específico se desarrolló un sistema experto para mejorar el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, los cuales generan como beneficio el incremento de la productividad al 100% en las atenciones utilizando el sistema experto, debido a que los tiempos en promedio se redujeron de 116.43 minutos a 2.04 minutos aproximadamente (123 segundos) en todo el proceso de control de fugas, como se aprecia en las evidencias del capítulo 5.2 de los resultados y figura 64. Todo ello, coincide con el estudio de Mulugeta (2020) al aplicar una aplicación basada en Inteligencia artificial accesible desde un entorno web para el monitoreo y control de un sistema de reutilización de aguas, los resultados permitieron reducir el tiempo de las mediciones en la fase de evaluación, mediante los parámetros de estado y sus mediciones en tiempo real. Asimismo, la aplicación de las reglas basada en la inteligencia artificial se debería considerar como un posibilitador de mejora continua en los procesos operativos y de gestión como sugiere Sandoval et al. (2021), las herramientas modernas que aplican la inteligencia artificial contribuyen de manera

significativa en procesar las evaluaciones y programaciones de manera automatizada basada en el expertis de los especialistas de control de fugas.

Respecto al objetivo 3, se desarrollará un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, para que los colaboradores se sientan seguros y confiables de contar con información precisa de las fugas no visibles, teniendo como resultado que los jefes de cuadrilla podrán entregar la información de las atenciones en el menor tiempo posible y con un alto nivel de eficiencia. Es decir, el nivel de eficiencia se incrementó al 107%, superando las expectativas del área de Gerencia de TI, debido a que las programaciones se generan de manera efectiva en un menor tiempo, debido a que los pesos y categorización del promedio de fugas, están en proceso de maduración y de autoaprendizaje por parte de las reglas procesadas, y enriquecidas con la data productiva de atenciones e incidentes, como se aprecia en el capítulo 5.3 de los resultados y figura 65. Asimismo, coincide con el estudio de Shabangu et al. (2020) donde se evidencia que el uso de sensores de presión y el modelo de simulación del sistema inteligente aplicando algoritmos de predicción DDS, permitieron el registro, localización y detección de fugas de agua no visibles en los conductos de distribución. Todo ello, se confirma con el aporte De pablos et al. (2019) donde afirman que, “los tipos de sistemas expertos tienden a generar un autoaprendizaje como parte de su arquitectura”.

Por último, se tiene como cuarto objetivo desarrollar un sistema experto para mejorar los parámetros de decisión de las

evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, que brinda como ventaja competitiva la automatización mediante reglas de conocimiento de los expertos en control de fugas, bajo un arquitectura que absorbe el conocimiento interpretado en reglas lógicas en el sistema, conllevando a reducir los tiempos y costos, mejorar la ubicación geográfica de las atenciones de los colaboradores, mejorar la precisión y predicción de las fugas por sector e incremento de la eficiencia de las programaciones, conllevando a generar beneficios. Todo ello, se evidencia en el capítulo 5.4 de los resultados y los cuadro 7, 8, 9 y 19 como parte de las reglas en la arquitectura lógica y física del sistema experto. Lo mencionado coincide con el estudio de Fernández y Pinto (2018), sobre el diseño e implementación de un sistema experto para la supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el diseño y un prototipo que permitieron producir una arquitectura.

Tabla 69: Relación de discusiones, fuentes y resultados

Tipo	Discusión	Título	Técnica Moderna	Indicadores	Resultados
General	Desarrollar un sistema experto para reducir los problemas de fugas no visibles de agua en el centro de servicio de ATE de la empresa Sedapal.	“Smart wáter para la detección de fugas de agua: prototipo como modelo inteligente en el registro y detección de fugas de agua” (Rodríguez, Mamani, & Herrera, 2019)	Inteligencia Artificial Arduino	Minería de datos Cuestionarios	Se evidenció que el sistema inteligente ayuda en la identificación de las fugas de agua no visible, permitiendo registrar, detectar y localizar los puntos críticos de fuga de suministro. Asimismo, el prototipo inició el proceso de certificación para ser considerado como un modelo en el servicio empresarial.
Específico	Desarrollar un módulo principal que permita la detección, identificación y registro de los factores críticos de las atenciones por colaboradores de posibles fugas no visibles de agua del centro de servicio de ATE de la empresa Sedapal.	“Desarrollo de un sistema experto basado en inteligencia artificial para el marcado de materiales y procesos en la industria” (Müller, Hörauf, & Burkhard, 2021).	Inteligencia Artificial	Entrevistas fichas de observación	El sistema experto permitió mejorar los procesos industriales, permitiendo que el sistema se incorpore nuevos conocimientos en base al expertise de los ingenieros. Asimismo, el sistema experto reproduce las habilidades de resolución de problemas de los expertos con respecto a su conocimiento tecnológico y de proceso durante el marcado de materiales. Por lo tanto, se evidencia una mejora considerable del 45% en la eficiencia y tiempo considerando el uso de un sistema experto.
Específico	Desarrollar un módulo del sistema experto basado en reglas para mejorar los tiempos de evaluación y programación de atenciones para el control de fugas no visibles de agua del centro de servicio de ATE de la empresa de Sedapal.	“Implementación de un sistema experto para la detección de fallas de equipos para la empresa Dámper” (Narvaez & Silva, 2019)	Inteligencia Artificial	Cuestionarios	Reflejan un incremento considerable de la confiabilidad, eficiencia y una reducción en el tiempo en la medición realizada después de la aplicación del sistema experto. Tras lo mencionado, se puede concluir que un sistema experto tiene una influencia positiva en la detección de fallas de equipos para la empresa Danper. Por lo tanto, permite complementar la base de conocimientos basadas en reglas con el fin de aprender y tomar decisiones acertadas como parte de la madurez, para el proceso de control de fugas.
Específico	Desarrollar un módulo sistema experto basado en reglas para mejorar la eficiencia de la programación de atenciones para el control de fugas no visibles de agua del centro de servicio de ATE de la empresa de Sedapal.	“Decision support systems for leak control in urban water supply systems: A literature synopsis” (Shabangu, Hamam, & Adedeji, 2020).	Inteligencia Artificial Predicción DDS	Cuestionarios	Los resultados evidencian que el uso de sensores de presión y el modelo de simulación del sistema inteligente aplicando algoritmos de predicción DDS, permitieron el registro, localización y detección de fugas de agua no visibles en los conductos de distribución. En el mismo sentido, se confirma que implementados sistemas inteligentes basados en la inteligencia artificial, contribuyen de manera significativa para mejorar los procesos de control de fugas en los suministros de agua.
Específico	Elaborar la arquitectura física y lógica del motor de conocimiento basado en reglas, para reducir las fugas no visibles del centro de servicio de ATE de la empresa Sedapal.	“Diseño e implementación de un sistema experto para la supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales” (Fernández & Pinto, 2018).	Inteligencia Artificial Basado en reglas	Entrevistas fichas de observación	El diseño e implementación de un sistema experto para la supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el diseño y un prototipo que permitieron producir una arquitectura como sistema de control autónomo y capaz de adaptarse a los diferentes escenarios, para el control de fugas de la redes primarias.

Elaborado por: el autor

CONCLUSIONES

1. Se desarrollo un sistema experto para mejorar el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, que permitió realizar el seguimiento preciso, eficiente y confiable de las atenciones de las inspecciones generando una mayor productividad. El cual se reflejó en un incremento del 107% de la eficiencia y una reducción del tiempo de 202.6 minutos aproximadamente. Todo ello, contribuyó a mejorar la precisión, confiabilidad y productividad en el seguimiento de sus atenciones consolidadas en tiempo real.
2. Se desarrolló un sistema experto para mejorar el seguimiento de las atenciones en el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, que permitió incrementar notablemente la productividad en un 100%, debido a que la eficiencia sobrepaso las expectativas de la eficiencia, además de la precisión de las ubicaciones geográficas por contar con información precisa y en tiempo real mediante un Dashboard de seguimiento de las atenciones por colaborador como herramienta de apoyo.
3. Se desarrollo un sistema experto para mejorar el tiempo de las evaluaciones y programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, para mejorar los tiempos de evaluación que corresponden a

2.04 minutos (123 segundos) y se redujo los tiempos de las programaciones en un 0.89 minutos (53 segundos) aproximadamente en el proceso de control de fugas no visibles de agua. Es decir, todo el proceso se realiza en 3.93 minutos (176 segundos) a diferencia del proceso tradicional que tomaba alrededor de 3.40 horas. Todo ello, conlleva a mejorar la calidad del servicio, reducción de costos e incremento de la productividad, debido a que se realizara una mayor carga de inspecciones por día, por contar con evaluaciones que generan un autoaprendizaje que mejora constantemente la eficacia y precisión de las posibles fugas.

4. Se desarrollo un sistema experto para mejorar la eficiencia de las programaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, para mejorar la eficiencia de la programación de atenciones para el control de fugas no visibles, el cual permitió incrementar el nivel de confiabilidad al 107%, generando una productividad del 100% para los trabajos de los colaboradores y se corrobora en el anexo 117 con la obtención del llenado de las fichas de observación. Todo ello, beneficia con la correcta distribución de las programaciones para las cuadrillas y el equipo colaborador del outsourcing, para que las jefaturas puedan tomar otras medidas complementarias de mejora para el área.
5. Se desarrollo un sistema experto para mejorar los parámetros de decisión de las evaluaciones para el proceso de control de fugas no visibles que afectan al centro de servicio de ATE en la empresa de Sedapal, contemplado una evolución escalable y flexible de la arquitectura con otras áreas de la organización como los servicios de altas, actualización y bajas de servicios del área de servicios operacionales. Como beneficio, generó un mapa visual para las atenciones de los colaboradores y personal del control de fugas para la interacción del sistema experto, y el sistema GIS operacional.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al jefe de tecnologías de TI proyectar la construcción de un sistema inteligente en versión móvil integrada al GIS y al motor de inferencia del sistema experto, además, de la herramienta de BI de la organización, para ampliar su accesibilidad, amigabilidad y uso por parte especialistas, técnicos y personal de outsourcing, que brindara mejoras significativas de la productividad por la integración con las demás áreas de la organización.
2. Se recomienda al gerente de operaciones ampliar el alcance del sistema a todas las sedes de Lima metropolitana para reducir costos, e incrementar la eficiencia, confiabilidad y productividad en el control de las fugas. Con el fin de retroalimentar las reglas con las atenciones en tiempo real como parte del autoaprendizaje y con ello, contribuir al área de control de fugas desde un ámbito predictivo en los procesos de instalación de medidores.
3. Se recomienda al jefe de control de fugas y supervisores centrales, en afinar los pesos y variables de las reglas productividad como parte de la maduración del proceso de evaluación y programación de las inspecciones. Todo, ello, conlleva a genera un beneficio a la organización debido a que las reglas van a contar con precisión en sus resultados

evitando alertamientos falso-positivos en las atenciones regulares y por emergencia.

4. Se recomienda al jefe de control de fugas central, integrar el sistema experto basada en reglas al proceso de altas, actualización y bajas de instalación de medidores, para complementar el servicio general en la zona de ATE, para luego aplicarlo en las zonas del centro y sur, con el fin de generar un autoaprendizaje de reglas con la maduración del sistema experto.
5. Se recomienda al Gerente general y TI, impulsar el programa de capacitaciones sobre la utilización del sistema experto por parte del personal colaborador y supervisores con el fin de mantener un procesos actualizados y operativos. además, de generar talleres que incrementen la productividad y reducir las fugas a una mayor escala.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Avalos, C., Flores, W., & Silva, J. (2021). Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Augusto B. Leguía de Tacna. *Ingeniería Investiga*, 3(1), 620-631. <https://doi.org/https://doi.org/10.47796/ing.v3i1.485>
- Carhuancho, I., Nolazco, F., Sicheri, L., Guerrero, M., & Casana, K. (2019). *Metodología para la investigación holística*. Guayaquil, Ecuador: UIDE. <https://ulibros.com/metodologia-para-la-investigacion-holistica-rh4t7.html>
- Darrell, A. (2014). *Traditions of Systems Theory: Major Figures and Contemporary Developments*. New York: Taylor & Francis. https://www.researchgate.net/publication/259755700_Traditions_of_Systems_Theory_Major_Figures_and_Developments
- De pablos, C., López, J., Romo, S., & Medina, S. (2019). *Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa*. Madrid: Esic Editorial. <https://books.google.com.pe/books?id=9uiFDwAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- El Comercio. (20 de julio de 2019). <https://elcomercio.pe>. <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/diagrama-10-paises-agua-mundo-mexico-argentina-colombia-noticia-619357-noticia/>

- Emaze. (18 de enero de 2022). <https://www.emaze.com>.
<https://www.emaze.com>: <https://www.emaze.com/@ATZQIRQT>
- Fernández, E., & Pinto, R. (2017). Diseño e implementación de un sistema experto para supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados. *ASAI, Simposio Argentino de Inteligencia Artificial*, 1(1), 80-89. <http://www.clei2017-46jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Mem/ASAI/asai-11.pdf>
- Flores, D., & Gardi, V. (2020). Sistema experto para la SGTI en la empresa Sion Global Solutions. *INNOVA Research Journal*, 5(3.2), 235–248. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.2.2020.1568>
- Flores, D., & Mendivel, I. (2019). Sistema experto para mejorar la salud nutricional mediante la evaluación y recomendación de dietas nutricionales. *Dialnet*, 1(32), 19-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7293159>
- Flores, D., Carhuancho, I., Venturo, C., Sicheri, L., & Mendivel, I. (2019). Expert System for Information Technology Services Management. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(4), 9986-9992. <https://doi.org/10.35940/ijrte.D4423.118419>
- Galeano, H., Fleitas, E., & Larangeira, H. (2021). Teoría de control supervisorio. Aplicación a sistema de manufactura con PLC. *FPUNE Scientific*, 1(15), 34-56. <http://servicios.fpune.edu.py:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/214>
- Hérmendez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México, México: Editorial Mc Graw Hill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hernández, S. (2020). Teoría general de sistemas aplicada al diseño arquitectónico sustentable. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 3(4), 55 - 66. <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/13756>
- INAA. (23 de Noviembre de 2021). <https://aguasannicaragua.com>.
aguasannicaragua.com: https://aguasannicaragua.com/wp-content/uploads/2018/05/04_Manual-Control-Perdidas-Agua.pdf
- Kothari, C., & Garg, G. (2019). *Research Methodology: Methods And Techniques*. New Delhi: KB Center.

- <http://14.99.188.242:8080/jspui/bitstream/123456789/12457/1/Research%20Methodology%20-%20Methods%20and%20Techniques%202004.pdf>
- Lagua. (1 de marzo de 2022). <https://www.iagua.es>. <https://www.iagua.es>: <https://www.iagua.es/blogs/arturo-albaladejo-ruiz/que-se-producen-fugas-agua-tuberias>
- Leavitt, D. (2022). *Alan Turing. El hombre que sabía demasiado: Alan Turing y la invención de la invención de la computadora*. Barcelona: Antoni Bosh. <https://www.antonibosch.com/libro/alan-turing-el-hombre-que-sabia-demasiado>
- Leyva, M., & Smarandache, F. (2018). Inteligencia Artificial: retos, perspectivas y papel de la Neutrosofía. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 1(1), 1-15. <http://fs.unm.edu/neut/InteligenciaArtificialRetos.pdf>
- Lifeder. (28 de febrero de 2022). <https://www.lifeder.com>. www.lifeder.com: <https://www.lifeder.com/metodo-analitico-sintetico/>
- Locken. (4 de febrero de 2020). <https://www.locken.es>. <https://www.locken.es>: <https://www.locken.es/lockcontent/assets/El-agua-en-graficas.pdf>
- Mathivet, V. (2018). *Inteligencia Artificial para desarrolladores*. Barcelona: Ediciones ENI. <https://silo.tips/download/inteligencia-artificial-para-desarrolladores-conceptos-e-implementacion-en-c>
- Menzinsky, A., López, G., & otros. (2020). *Scrum Manager*. https://scrummanager.net/files/scrum_manager_historias_usuario.pdf
- Müller, R., Hörauf, L., & Burkhard, D. (2021). Development of an AI-based expert system for the part- and process-specific marking of materials. *Procedia CIRP*, 100(1), 361-366. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.083>
- Mulugeta, C. (2020). *Application for the control and monitoring of a water*. Málaga: Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación - Universidad de Málaga. <https://doi.org/https://doi.org/10.11606/D.18.2020.tde-05022020-154943>
- Nava, J., & Delgado, X. (2018). Localización de fugas en redes de agua potable. *Jovenes en la Ciencia*, 4(1), 2869-2873.

- <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2756>
- OMS. (16 de diciembre de 2021). <https://www.who.int>. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lows_res.pdf
- Ortiz, S. (2019). *Propuesta metodológica para la comercialización de servicio de detección de fugas de agua no visibles*. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/912>
- Palomino, A. (2016). *Proyecto de fortalecimiento de capacidades para reducción del agua no facturada en los sectores 67 y 65 del centro de servicios Surquillo del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL*. Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/5481>
- Pedraza, A., & Rosas, R. (2011). *Evaluación para sistemas de bombeo de agua: Manual de eficiencia energética*. Washington: Banco interamericano de desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Evaluaci%C3%B3n-para-sistemas-de-bombeo-de-agua-Manual-de-eficiencia-energ%C3%A9tica.pdf>
- Qin, W., Luo, P., Guo, L., & Wojtanowicz, A. (2021). Water leak control for the oil-producing wells using Downhole Water Sink Technology. *Journal of Environmental Management*, 301(1), 123-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113834>
- RAE. (10 de febrero de 2022). <https://dle.rae.es>. <https://dle.rae.es/control>
- Redondo, J., & Fernández, L. (2018). Teoría financiera e crise: unha revisión da racionalidade do individuo dende a teoría do comportamento. *Revista Galega de Economía*, 27(3), 101-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.15304/rge.27.3.5440>
- Rodriguez, C., Mamani, I., & Herrera, A. (2019). Smartwater para la detección de fugas de agua. *Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 1051-1060. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/91186>

- Sandoval, A., Checa, M., Díaz, R., & Acosta, J. (2021). Expert system for the diagnosis and treatment of diseases and pests in ornamental plants. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 505-511. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n3/2218-3620-rus-13-03-505.pdf>
- Scrum. (25 de septiembre de 2017). *Scrum.org*. Scrum.org: <https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum>
- Sedapal. (16 de diciembre de 2018). <https://www.sedapal.com.pe>. <https://www.sedapal.com.pe>: <https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/memoria-anual-2018.pdf>
- Shabangu, T., Hamam, Y., & Adedeji, K. (2020). Decision support systems for leak control in urban water supply systems: A literature synopsis. *Procedia CIRP*, 90(1), 579-583. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.120>
- Statista. (17 de enero de 2020). <https://es.statista.com>. <https://es.statista.com>: <https://es.statista.com/estadisticas/636054/paises-con-menor-uso-de-fuentes-de-abastecimiento-de-agua-potable/>
- Sunass. (1 de febrero de 2022). <https://www.sunass.gob.pe>. www.sunass.gob.pe: <https://www.sunass.gob.pe/prestadores/empresas-prestadoras/>
- Sutherland, J., & Sutherland, J. (2018). *Scrum: El revolucionario método para trabajar el doble en la mitad de tiempo*. New York: Ariel. https://planetadelibroscom.cdnstatics2.com/libros_contenido_extra/39/38815_Scrum.pdf
- Tijani, I., Abdelmageed, S., Fares, A., Fan, Z., & Zayed, H. (2022). Improving the leak detection efficiency in water distribution networks using noise loggers. *Science of The Total Environment*, 821(15), 234-242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153530>.
- Walac. (12 de diciembre de 2021). <https://walac.pe>. <https://walac.pe>: <https://walac.pe/mas-de-2-mil-interrupciones-del-servicio-de-agua-se-registraron-en-el-segundo-trimestre/>
- Watts, G. (2021). *Scrum Mastery (Geoff Watts' Agile Mastery Series)*. United Kingdom: Inspec Adapt. <https://www.linkedin.com/pulse/review-scrum-mastery-from-good-great-geoff-watts-goginashvili/>

Zacharia, M. (2019). Detección de Fugas y Control de Pérdida de Agua. *Tecnología en breve*, 1(1), 138-141. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Detecci%C3%B3n-de-fugas.pdf>


INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Recolección de Datos	186
Anexo 2: Resultados de verificación de precisión de macro medidores	187
Anexo 3: Resultados de verificación de Hermeticidad de Válvulas	188
Anexo 4: Sectorización de control y fugas	189
Anexo 5: Ejecución del control y fugas del 2021	190
Anexo 6: Operacionalización de variables:	191
Anexo 7. Diagrama de Ishikawa	192
Anexo 8: Ficha de observación – Tiempo de evaluación del proceso de control de fugas	193
Anexo 9: Ficha de observación – Tiempo de asignación de la programación del proceso de control de fugas	194
Anexo 10: Ficha de observación – Eficiencia del proceso de evaluación y programación del control de fugas	195
Anexo 11: Ficha de observación – Tiempo de evaluación del proceso de control de fugas completada	196
Anexo 12: Ficha de observación – Tiempo de asignación de la programación del proceso de control de fugas completada	197
Anexo 13: Ficha de observación – Eficiencia del proceso de evaluación y programación del control de fugas completado	198
Anexo 14: Formulario de acta de reunión 1	199
Anexo 15: Formulario de acta de reunión 2	200
Anexo 16: Formulario de acta de reunión 3	201

Anexo 1: Ficha de Recolección de Datos

sedapal		FORMULARIO															Código : GPF0347 Revisión : 01 Aprobado : J ECF Fecha : 2016.09.27 Página : 1 de 1	
INFORME DE FUGAS DETECTADAS																		
N° Interno de Laboratorio Móvil: <u>4075</u>		N° Fugas Detectadas en Redes: <u>7</u>					Km. Red Revisados: <u>2.3</u>					Técnico Responsable: <u>And. Lovel</u>						
N° Fugas Detectadas en Conexiones: <u>0.4</u>		Distrito: <u>San Juan de Dios</u>					Revisado por: <u>Eric Serrano</u>					Fecha: <u>03/05/2021</u>						
Total de Fugas Detectadas: <u>7.4</u>		Sector: <u>204 - U.E. San Juan</u>																
N°	NIS	UBICACIÓN				Ø mm	PRESION mca	HORA	FUGAS EN REDES (lt/día)				FUGAS EN CONEXIONES (lt/día)					OBSERVACIONES
		DIRECCIÓN	N°	MZ	LOTE				TUBERÍA	VÁLVULA RED	GRIFO C/I	VÁLVULA GRIFO C/I	CORP.	LÍNEA A/CAJA	LÍNEA D/CAJA	CAJA A/MED	MEDIDOR	
1	2632077	Jr. José Pizarro	818			15	30	9:40									1,000	
2	5413115	Jr. Toribio C. Venztrou	852			15	30	10:10					10,000					
3	5302840	Av. Selva Negra	700			15	30	12:40									2,000	
4	2700577	Jr. Valeria Espino	997			15	30	14:10										2,000
								Conectores: 275										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CONSORCIO AGAL CTTO N° 144 - 2020 - SEDAPAL Técnico: <u>And. Lovel</u> Cod: Firma: <u>[Firma]</u> Fecha: </div>																		
TOTAL DE FUGAS DETECTADAS										10,000	2,000	2,000	2,000					

Anexo 2: Resultados de verificación de precisión de macro medidores

	FORMULARIO		Código	: GPFO0387
	Resultados de Verificación de Precisión de Macromedidores de Sectores		Revisión	: 01
			Aprobado	: JECRF
			Fecha	: 2021.08.27
		Página	: 1 de 1	

AÑO : 2022

MES : ENERO

N°	CC. SS	SECTOR	CODIGO ESTACION	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE EJECUCION	PROMEDIO % ERROR	RESULTADOS
1	VES	431	T0404 (RP -7)	03-Ene	03-Ene	-2.11%	APROBADO
2	VES	329	S0329	03-Ene	03-Ene	1.80%	APROBADO
3	VES	322	S0322	04-Ene	04-Ene	-2.83%	APROBADO
4	VES	430	T0409 (RP 16)	04-Ene	04-Ene	-1.59%	APROBADO
5	VES	305	T007(R10A/CR-322)	05-Ene	05-Ene	2.05%	APROBADO
6	VES	305	R0306 (R10C/CR-3016)	05-Ene	05-Ene	-0.41%	APROBADO
7	VES	454	P-315	05-Ene	05-Ene	-2.73%	APROBADO
8	VES	312	S0312	06-Ene	06-Ene	0.64%	APROBADO
9	VES	312	S312AR0326 (R5/CR-326)(Salida a Sector S312B)	06-Ene	06-Ene	2.37%	APROBADO
10	SURQUILLO	53	S0053	07-Ene	07-Ene	1.77%	APROBADO
11	SURQUILLO	50	S0050	07-Ene	07-Ene	0.52%	APROBADO
12	SURQUILLO	96	S0096	10-Ene	10-Ene	2.67%	APROBADO
13	SURQUILLO	72	S0072	11-Ene	10-Ene	-0.23%	APROBADO
14	SURQUILLO	72	P-626	11-Ene	11-Ene	1.38%	APROBADO
15	SURQUILLO	68	S0068	12-Ene	11-Ene	-0.61%	APROBADO
16	(*) COMAS	209	S00209	20-Ene	12-Ene	-2.03%	APROBADO
17	SURQUILLO	67	S0067	12-Ene	12-Ene	1.17%	APROBADO
18	SIL	418	R0449 (CR-151)	13-Ene	12-Ene	-1.51%	APROBADO
19	BREÑA	32	S0032	13-Ene	13-Ene	-1.48%	APROBADO
20	BREÑA	13	S0013	14-Ene	13-Ene	-1.61%	APROBADO
21	BREÑA	14	S0014	14-Ene	14-Ene	2.50%	APROBADO
22	BREÑA	19	S0019	17-Ene	14-Ene	-1.35%	APROBADO
23	BREÑA	33	S0033	17-Ene	17-Ene	2.61%	APROBADO
24	BREÑA	34	S0034	17-Ene	17-Ene	1.91%	APROBADO
25	BREÑA	17	S0017	18-Ene	18-Ene	-2.41%	APROBADO
26	COMAS	334	R-0462 (R-1)	18-Ene	18-Ene	1.41%	APROBADO
27	COMAS	334	T0088 (R-4)	18-Ene	18-Ene	0.75%	APROBADO
28	COMAS	340	T00129	19-Ene	19-Ene	0.82%	APROBADO
29	COMAS	340	T00141	19-Ene	19-Ene	1.14%	APROBADO
30	COMAS	340	T00143	19-Ene	19-Ene	-2.10%	APROBADO
31	COMAS	85	S0085	19-Ene	20-Ene	0.83%	APROBADO
32	COMAS	205	S0205	19-Ene	20-Ene	1.88%	APROBADO
33	COMAS	201	S0201	20-Ene	20-Ene	1.52%	APROBADO
34	COMAS	338	T00142	20-Ene	21-Ene	0.34%	APROBADO
35	CALLAO	102	S0102	21-Ene	21-Ene	1.58%	APROBADO
36	CALLAO	100	S0100	24-Ene	24-Ene	-2.76%	APROBADO
37	CALLAO	103	S0103	24-Ene	24-Ene	2.66%	APROBADO
38	ATE	3	S0003	25-Ene	25-Ene	-1.33%	APROBADO
39	ATE	155	P-834	25-Ene	25-Ene	1.22%	APROBADO
40	ATE	24	S024B	26-Ene	26-Ene	1.37%	APROBADO
41	ATE	24	S024C	26-Ene	26-Ene	-1.23%	APROBADO
42	ATE	24	S024A	26-Ene	27-Ene	1.13%	APROBADO
43	ATE	154	R0409(CR-114)	26-Ene	27-Ene	2.48%	APROBADO
TOTAL CONTRASTADOS							43

(*) Realizadas por personal del ECRF

Juan Apóstegua Infantes
Ing. Coordinador

CONSORCIO
JECRF
ELABORADO POR :


(Firma y sello)

Sejuno Olillas Pérez
Firma N° 4-5461

REVISADO Y APROBADO POR :

(Firma y sello)

Anexo 3: Resultados de verificación de Hermeticidad de Válvulas

	FORMULARIO	Código : GPF00388
	Resultados de Verificación de Hermeticidad de Válvulas Límites de Sectores	Revisión : 01
		Aprobado : JECRF
		Fecha : 2021.08.27
		Página : 1 de 1

AÑO : 2021

MES : DICIEMBRE

N°	CC. SS	SECTOR	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE EJECUCIÓN	RESULTADOS	OBSERVACIONES
1	VES	428	1-Dic	1-Dic	HERMETICO	--
2	VES	318	1-Dic	1-Dic	HERMETICO	-
3	VES	316	1-Dic	1-Dic	HERMETICO	-
4	VES	302	2-Dic	1-Dic	HERMETICO	-
5	VES	304	2-Dic	2-Dic	HERMETICO	-
6	VES	429	3-Dic	2-Dic	HERMETICO	-
7	VES	443	3-Dic	2-Dic	HERMETICO	-
8	VES	444	3-Dic	2-Dic	HERMETICO	-
9	VES	329	3-Dic	3-Dic	HERMETICO	-
10	SURQUILLO	54	6-Dic	6-Dic	HERMETICO	-
11	SURQUILLO	90	6-Dic	6-Dic	HERMETICO	-
12	SURQUILLO	60	7-Dic	7-Dic	HERMETICO	-
13	SURQUILLO	94	7-Dic	7-Dic	HERMETICO	-
14	SURQUILLO	96	9-Dic	9-Dic	HERMETICO	-
15	SURQUILLO	69	9-Dic	9-Dic	HERMETICO	-
16	SURQUILLO	71	9-Dic	9-Dic	HERMETICO	-
17	SJL	418	10-Dic	10-Dic	HERMETICO	-
18	BREÑA	9	13-Dic	13-Dic	HERMETICO	-
19	BREÑA	7	14-Dic	14-Dic	HERMETICO	-
20	BREÑA	12	15-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
21	BREÑA	16	15-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
22	BREÑA	32	15-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
23	BREÑA	48	15-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
24	BREÑA	46	15-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
25	(*) BREÑA	10	21-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
26	(*) COMAS	200	21-Dic	15-Dic	HERMETICO	-
27	COMAS	350	16-Dic	16-Dic	HERMETICO	-
28	COMAS	206	16-Dic	16-Dic	HERMETICO	-
29	COMAS	353	17-Dic	17-Dic	HERMETICO	-
30	COMAS	80	17-Dic	17-Dic	HERMETICO	-
31	COMAS	79	20-Dic	20-Dic	HERMETICO	-
32	COMAS	213	20-Dic	20-Dic	HERMETICO	-
33	COMAS	352	20-Dic	20-Dic	HERMETICO	-
34	CALLAO	37	21-Dic	21-Dic	HERMETICO	-
35	CALLAO	116	21-Dic	21-Dic	HERMETICO	-
36	(*) COMAS	81	21-Dic	21-Dic	HERMETICO	-
37	(*) SURQUILLO	55	7-Dic	22-Dic	HERMETICO	-
38	CALLAO	115	22-Dic	22-Dic	HERMETICO	-
39	CALLAO	114	22-Dic	22-Dic	HERMETICO	-
40	CALLAO	101	23-Dic	22-Dic	HERMETICO	-
41	ATE	2	23-Dic	23-Dic	HERMETICO	-
42	ATE	151	24-Dic	23-Dic	HERMETICO	-
43	ATE	153	24-Dic	23-Dic	HERMETICO	-
44	ATE	3	24-Dic	23-Dic	HERMETICO	-
45	SURQUILLO	66	27-Dic	27-Dic	HERMETICO	-
46	SURQUILLO	67	28-Dic	28-Dic	HERMETICO	-
47	SURQUILLO	68	28-Dic	28-Dic	HERMETICO	-
TOTAL INSPECCIONADOS					47	

(*) Realizadas por personal del ECRF

Juan Apóstegua Infantes
Ing./Coordinador

ELABORADO POR:

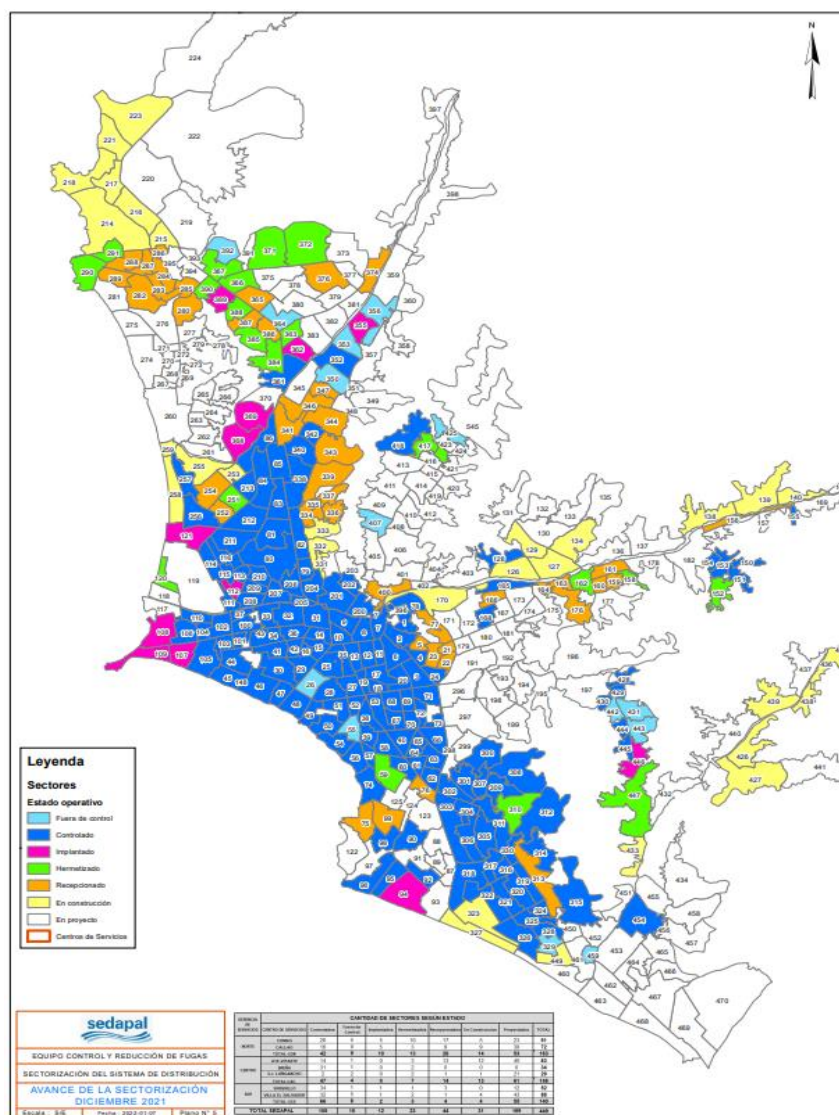
(Firma y sello)

Percy Lature B.
Ficha: 1-28/14

REVISADO Y APROBADO POR:

(Firma y sello)

Anexo 4: Sectorización de control y fugas



Anexo 5: Ejecución del control y fugas del 2021



EJECUCION DE CONTROL DE FUGAS NO VISIBLE

Periodo del 01/12/2021 al 31/12/2021
04-01-2022 04:32 PM

EQUIPO CONTROL Y REDUCCION DE FUGAS

CENTRO SERVICIO	DISTRITO	Km	Nro Conex.	FUGAS DETECTADAS		FUGAS REPARADAS	
				Numero	Caudal (lps)	Numero	Caudal (lps)
CC.SS ATE	ATE	40.1000	1,340	77	5.093	46	1.574
	EL AGUSTINO	14.2000	1,563	21	3.345	13	2.407
	LA MOLINA	31.0000	104	52	3.241	26	0.833
	LURIGANCHO	0.6000	19	1	0.116	1	0.116
	SAN LUIS	0.0000	0	0	0.000	1	0.093
	SANTA ANITA	5.0000	653	2	1.852	3	1.968
	TOTAL CC.SS ATE	90.9000	3,679	153	13.647	90	6.991
CC.SS BRE	LA VICTORIA	6.1000	688	7	1.181	7	1.181
	LIMA (CERCADO)	9.6000	1,473	10	2.338	3	1.424
	MAGDALENA	32.2000	356	51	2.650	55	2.708
	PUEBLO LIBRE	2.2000	277	4	0.694	3	0.579
	SAN MIGUEL	1.2000	166	2	0.382	2	0.382
		TOTAL CC.SS BRE	51.3000	2,960	74	7.245	70
CC.SS CA	CALLAO	0.0000	0	0	0.000	4	0.729
		TOTAL CC.SS CA	0.0000	0	0	4	0.729
CC.SS CO	CARABAYLLO	10.3000	1,179	7	2.211	5	1.470
	COMAS	24.7000	299	29	2.384	16	0.544
	INDEPENDENCIA	39.0000	699	94	5.579	96	4.734
	LOS OLIVOS	1.2000	150	0	0.000	0	0.000
	PUENTE PIEDRA	2.2000	256	1	0.058	1	0.058
	RIMAC	18.6000	2,628	19	4.792	22	3.958
	SAN MARTIN DE PORRES	3.2000	293	6	0.405	28	2.037
		TOTAL CC.SS CO	99.2000	5,504	156	15.429	168
CC.SS SJL	SAN JUAN DE LURIGANCHO	47.3000	2,605	56	3.611	82	5.868
		TOTAL CC.SS SJL	47.3000	2,605	56	3.611	82
CC.SS SUR	CHORRILLOS	43.7000	806	41	4.525	23	0.845
	LINCE	1.6000	187	1	0.926	1	0.926
	MIRAFLORES	8.3000	802	10	4.560	3	0.046
	SAN BORJA	0.7000	40	1	0.694	0	0.000
	SAN ISIDRO	19.2000	383	19	1.354	12	0.926
	SANTIAGO DE SURCO	1.9000	214	2	0.602	0	0.000
	SURQUILLO	3.6000	561	12	3.044	2	0.046
		TOTAL CC.SS SUR	79.0000	2,993	86	15.705	41
CC.SS VES	SAN JUAN DE MIRAFLORES	4.5000	539	5	1.968	31	0.694
	VILLA EL SALVADOR	0.0000	0	0	0.000	15	0.382
	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	2.7000	320	4	0.174	5	0.093
		TOTAL CC.SS VES	7.2000	859	9	2.142	51
TOTAL GERENCIA SERVICIOS CENTRO		189.5000	9,244	283	24.503	242	19.133
TOTAL GERENCIA SERVICIOS NORTE		99.2000	5,504	156	15.429	172	13.530
TOTAL GERENCIA SERVICIOS SUR		86.2000	3,852	95	17.847	92	3.958
SEDAPAL		374.9000	18,600	534	57.779	506	36.621

Anexo 6: Operacionalización de variables:

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	CATEGORÍA O VALOR	ESCALA
Principal: Sistema Web	Planificación Análisis Diseño Implementación Pruebas Despliegue Uso			
Independiente: Proceso de Control de pérdida de fugas no visibles	Detección Registro Validación Eficiencia operativa Disponibilidad	Tiempo promedio de detección	Intervalos de tiempo	De razón
		Tiempo promedio de registro		Porcentaje
		Tiempo promedio de Validación Nivel de eficiencia operativa Nivel de disponibilidad del servicio	Porcentaje	De razón

Anexo 7. Diagrama de Ishikawa



Anexo 8: Ficha de observación – Tiempo de evaluación del proceso de control de fugas

PRE-TEST									POS-TEST								
Ítem	Fase de analítica			Fase de procesamiento			Sub Total	Tiempo (Pre-Test)	Ítem	Fase de analítica			Fase de procesamiento			Sub Total	Tiempo (Pos-Test)
	Recopilar Información	Identificar variables	Identificar sectores	Asignar variables y pesos	Evaluar casos	Efectuar muestra				Recopilar Información	Identificar variables	Identificar sectores	Asignar variables y pesos	Evaluar casos	Efectuar muestra		
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

Anexo 9: Ficha de observación – Tiempo de asignación de la programación del proceso de control de fugas

Ítem	PRE-TEST				Sub Total	Tiempo (Pre-Test)	Ítem	POS-TEST				Sub Total	Tiempo (Pos-Test)
	Priorizar casos de atención	Distribuir carga de casos	Elaborar programaciones	Publicar y enviar programaciones				Priorizar casos de atención	Distribuir carga de casos	Elaborar programaciones	Publicar y enviar programaciones		

Anexo 10: Ficha de observación – Eficiencia del proceso de evaluación y programación del control de fugas

PRE-TEST							POS-TEST						
Ítem	Cantidad de evaluaciones reales	Cantidad de evaluaciones programadas	Eficiencia de evaluaciones	Cantidad de programaciones reales	Cantidad de programaciones programadas	Eficiencia de programaciones	Ítem	Cantidad de evaluaciones reales	Cantidad de evaluaciones programadas	Eficiencia de evaluaciones	Cantidad de programaciones reales	Cantidad de programaciones programadas	Eficiencia de programaciones

Anexo 11: Ficha de observación – Tiempo de evaluación del proceso de control de fugas completada

PRE-TEST														
Ítem	Fase de analítica			Fase de procesamiento			Tiempo (Pre-Test)	Fase de analítica			Fase de procesamiento			Tiempo (Pos-Test)
	Recopilar Información	Identificar variables	Identificar sectores	Asignar variables y pesos	Evaluar casos	Efectuar muestra		Recopilar Información	Identificar variables	Identificar sectores	Asignar variables y pesos	Evaluar casos	Efectuar muestra	
1	30	10	10	10	45	15	120	0.2	0.5	0.2	0.5	0.4	0.3	2.1
2	31	11	11	9	40	15	117	0.3	0.5	0.2	0.4	0.5	0.3	2.2
3	30	12	12	8	45	14	121	0.5	0.5	0.2	0.3	0.5	0.3	2.3
4	29	13	10	8	45	15	120	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	1.6
5	28	14	9	9	45	12	117	0.3	0.5	0.2	0.1	0.4	0.3	1.8
6	32	10	10	8	40	13	113	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.3	2.5
7	28	11	8	9	42	14	112	0.2	0.5	0.2	0.4	0.6	0.3	2.2
8	32	12	12	8	44	15	123	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.3	2.3
9	30	13	11	10	43	17	124	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	1.9
10	28	11	12	11	47	10	119	0.2	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	1.8
11	29	10	8	12	48	15	122	0.3	0.5	0.2	0.5	0.2	0.3	2
12	27	9	8	13	42	17	116	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	1.9
13	28	8	5	12	40	59	152	0.2	0.5	0.2	0.3	0.5	0.3	2
14	25	10	5	11	41	15	107	0.3	0.5	0.2	0.2	0.6	0.3	2.1


Anexo 12: Ficha de observación – Tiempo de asignación de la programación del proceso de control de fugas completada




Ítem	PRE-TEST				Tiempo (Pre-Test)	POS-TEST				Tiempo (Pos-Test)
	Priorizar casos de atención	Distribuir carga de casos	Elaborar programaciones	Publicar y enviar programaciones		Priorizar casos de atención	Distribuir carga de casos	Elaborar programaciones	Publicar y enviar programaciones	
1	15	45	15	20	95	0.3	0.1	0.2	0.3	0.90
2	14	44	14	19	91	0.2	0.1	0.2	0.3	0.80
3	15	41	13	18	87	0.2	0.2	0.2	0.3	0.90
4	14	42	14	18	88	0.2	0.2	0.2	0.3	0.90
5	13	41	15	18	87	0.2	0.3	0.1	0.3	0.90
6	12	40	14	18	84	0.3	0.5	0.1	0.3	1.20
7	11	41	11	17	80	0.1	0.2	0.2	0.3	0.80
8	15	42	11	18	86	0.1	0.3	0.3	0.3	1.00
9	15	44	12	18	89	0.3	0.3	0.1	0.3	1.00
10	14	42	13	19	88	0.1	0.1	0.1	0.3	0.60
11	11	41	14	20	86	0.2	0.2	0.2	0.3	0.90
12	13	41	12	21	87	0.1	0.1	0.3	0.3	0.80
13	12	42	13	17	84	0.2	0.2	0.2	0.3	0.90
14	11	41	14	18	84	0.3	0.1	0.2	0.3	0.90

Anexo 13: Ficha de observación – Eficiencia del proceso de evaluación y programación del control de fugas completado

PRE-TEST				POS-TEST		
Ítem	Cantidad de programaciones reales	Cantidad de programaciones programadas	Eficiencia de programaciones	Cantidad de programaciones reales	Cantidad de programaciones programadas	Eficiencia de programaciones
1	80	120	67%	130	120	108%
2	80	120	67%	125	120	104%
3	87	120	73%	130	120	108%
4	82	120	68%	125	120	104%
5	85	120	71%	128	120	107%
6	86	120	72%	130	120	108%
7	80	120	67%	135	120	113%
8	85	120	71%	140	120	117%
9	82	120	68%	135	120	113%
10	82	120	68%	125	120	104%
11	80	120	67%	130	120	108%
12	80	120	67%	134	120	112%
13	85	120	71%	122	120	102%
14	81	120	68%	123	120	103%


Anexo 14: Formulario de acta de reunión 1




	FORMULARIO	Código : DGMFO028 Revisión : 02 Aprobado : C-SGI Fecha : 2021.06.10 Página : 1 de 1
	Acta de Reunión	

Acta N°: 01		Hora Inicio: 9:00
Fecha: 05.04.2022		Hora Final: 10:30
A. Asistentes:		
Nombre y Apellidos ¹	Equipo/ Empresa/ Localidad/ Institución	Firma
1. Hans Espino Cárdenas	ETIC	
2. Renán Reyes Murillo	ECRF	
3. Moisés Calle Luque	EPOF	
B. Agenda:		
Revisión del Flujo de Trabajo (Operativos) para la detección de Fugas No Visibles		
C. Comentarios:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Las detecciones son realizadas por cuadrillas (terceros), tomando como base la programación realizada por el Equipo Control y Reducción de Fugas (ECRF) de la Gerencia de Producción Distribución Primaria (GPDP). 2. Las programaciones son establecidas en base a información histórica operativa, además, considera el nivel de incidencias acontecidas. 3. Existen registros fotográficos complementados con videos sobre las acciones realizadas en campo por las cuadrillas; estas sirven de respaldo al trabajo ejecutado. 		
D. Acuerdos:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. El ECRF enviará los registros fotográficos y videograbaciones de los trabajos que realizan las cuadrillas. 2. El ECRF remitirá el flujo de trabajo que actualmente viene realizando para los trabajos de detección de fugas no visibles. 3. El EPOF compartirá la relación de metas establecidas (Plan Operativo) para el ECRF para el presente año. 4. El ECRF enviará el formulario GPFO418 "Programación de Fugas No Visibles" dónde se evidencia el detalle del trabajo de años pasados 5. Se realizará una segunda reunión el 11.05.22 a las 10:00 AM, cuyo tema principal será conocer los criterios bajo los cuales se establecen la programación anual de trabajo de detecciones de fugas no visibles. 		

¹: El ítem A puede ser reemplazado por el DGMFO012 Lista de Asistencia.


Anexo 15: Formulario de acta de reunión 2

	FORMULARIO	Código : DGMFO028 Revisión : 02 Aprobado : C-SGI Fecha : 2021.06.10 Página : 1 de 1
	Acta de Reunión	




Acta N°: 02		Hora Inicio: 10:00
Fecha: 12.04.2022		Hora Final: 11:30
A. Asistentes:		
Nombre y Apellidos ¹	Equipo/ Empresa/ Localidad/ Institución	Firma
1. Hans Espino Cárdenas	ETIC	
2. Renán Reyes Murillo	ECRF	
3. Moisés Calle Luque	EPOF	
B. Agenda:		
Criterios para definir la Programación Anual de Detección de Fugas No Visibles		
C. Comentarios:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se consideran aspectos relacionados con las tuberías, tales como: antigüedad, material, diámetro, número de conexiones empalmadas, número de incidencias, sectorización, nivel de micromedición. 2. Se utiliza la información histórica del sector, a fin de clasificar aquellos que presentan mayor grado de incidencias, así como atención por emergencia se hayan suscitado. 3. Se establece una mesa de dialogo a fin de considerar todos los aspectos relacionados al control y mitigación de las fugas no visibles, quienes finalmente aprueban la programación anual. 		
D. Acuerdos:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. El ECRF facilitará el archivo Excel correspondiente a los 2 últimos años de trabajo, dónde se aprecian los detalles como "Sector", "Km de red" y "Número de conexiones" atendidos por las cuadrillas. 2. El ETIC, trabajará en la extracción y preparación de datos del GIS empresarial, a fin de identificar en la cartografía el estado situacional de los sectores. 3. El EPOF procesará el evolutivo de la cantidad de kilómetros atendidos (como meta en su Plan Operativo) a fin de asegurar que las programaciones futuras estén alineadas con la meta a nivel empresa. 4. Se realizará una tercera reunión el 19.05.22 a las 3:00 PM, cuyo tema principal será conocer las reglas adicionales que rigen la programación anual de detección de fugas no visibles. 		

¹: El ítem A puede ser reemplazado por el DGMFO012 Lista de Asistencia.

Anexo 16: Formulario de acta de reunión 3

	FORMULARIO	Código : DGMFO028 Revisión : 02 Aprobado : C-SGI Fecha : 2021.06.10 Página : 1 de 1
	Acta de Reunión	

Acta N°: 03	Hora Inicio: 15:00
Fecha: 19.04.2022	Hora Final: 16:40

A. Asistentes:		
Nombre y Apellidos ¹	Equipo/ Empresa/ Localidad/ Institución	Firma
1. Hans Espino Cárdenas	ETIC	
2. Renán Reyes Murillo	ECRF	
3. Moisés Calle Luque	EPOF	

B. Agenda:
Reglas adicionales que rigen la programación anual de detección de fugas no visibles

C. Comentarios:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Las reglas adicionales surgen entorno al propio giro del negocio, así como de la experiencia del grupo de trabajo que define y aprueba la programación anual de detecciones. 2. Es indispensable tener en cuenta si el sector a inspeccionar se encuentra "controlado" o "no controlado", además si esta "hermetizado o no", ya que esos aspectos influyen en gran medida en la programación. 3. Además, aspectos como horario de abastecimiento de agua potable en cada uno de los sectores, así como número de kilómetros de tuberías, son relevantes al momento de definir las próximas inspecciones.

D. Acuerdos:
<ol style="list-style-type: none"> 1. El ECRF facilitará la información base, dónde se monitorea los aspectos adicionales que se consideran en la formulación de la programación anual de inspecciones. 2. El ECRF dispondrá de un acceso libre a la información histórica de sus reglas y consideraciones adicionales que se trabajaron años pasados.

¹: El ítem A puede ser reemplazado por el DGMFO012 Lista de Asistencia.