



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Tema:

**INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL
OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA
EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información

ÁREA: Base de Datos y Sistemas Informáticos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Software, Tecnologías de la Información y
Ciencias de Datos

AUTOR: Alex Emmanuel Medina Paredes

TUTOR: Ing. Hernán Fabricio Naranjo Ávalos, Mg.

Ambato - Ecuador

julio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Alex Emmanuel Medina Paredes, estudiante de la Carrera de Tecnologías de la Información, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2026.

Ing. Hernán Fabricio Naranjo Ávalos, Mg.
TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2026.

Alex Emmanuel Medina Paredes

C.C. 1805472451

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2026.

Alex Emmanuel Medina Paredes

C.C. 1805472451

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Alex Emmanuel Medina Paredes, estudiante de la Carrera de Tecnologías de la Información, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2026.

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edison Homero Álvarez Mayorga, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Julio Enrique Balarezo López, PhD.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por ser el apoyo y la guía en cada paso que doy, y por darme la libertad de construir mi propio camino. Gracias a ustedes, no solo culmino este objetivo, sino que compruebo que no existen límites y que cualquier cosa que decida emprender, la haré realidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, primeramente, a Dios por todo y por las bendiciones que ha proporcionado a mí y a toda mi familia, por proveernos salud, sabiduría y paciencia. También quiero agradecer a mi mejor amigo y a su familia “Acosta”, pues sin la ayuda de ellos no me imagino de otra manera en la que hubiera podido continuar a lo largo de estos años. En gran parte, su apoyo me ha impulsado a seguir adelante y a no quedarme atrás. De igual modo, quiero agradecer a mis amigos de carrera, quienes me ayudaron a llevar de forma amena todo este recorrido académico. A ellos, gracias de todo corazón. Asimismo, expreso mi gratitud a mi tutor, el Ing. Hernán Naranjo, por su apoyo a lo largo de la realización de este proyecto, ya que gracias a su guía pude culminar esta tesis. También agradezco a todos los ingenieros de la EEASA, que fueron tutores y guías en el avance de este trabajo. Por último, quiero agradecer a todos mis profesores de la Universidad Técnica de Ambato por transmitir su conocimiento y sabiduría a lo largo de todos estos años, y a cada persona que ha estado presente en este camino, por ser compañeros de vida y porque cada uno contribuyó a formar al profesional que hoy soy. Que esta meta alcanzada no sea el final del camino, sino la prueba de que todo esfuerzo sembrado con fe, constancia y gratitud termina, tarde o temprano, dando sus frutos.

Alex Emmanuel Medina Paredes

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tema de investigación	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes investigativos	3
1.3 Fundamentación teórica	7
1.3.1 Business Intelligence (BI)	7
1.3.2 BI Operacional	8
1.3.3 Procesos ETL	9

1.3.4	Almacén de datos (Data Warehouse)	9
1.3.5	Sistemas web	10
1.3.6	Sector eléctrico de distribución	10
1.3.7	Pérdidas no técnicas (PNT)	11
1.3.8	Detección de anomalías de consumo	11
1.3.9	Monitoreo y control operacional	12
1.4	Objetivos	13
1.4.1	Objetivo general	13
1.4.2	Objetivos específicos	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		14
2.1	Materiales	14
2.1.1	Instrumentos de recolección de la información	14
2.2	Métodos	16
2.2.1	Modalidad de la investigación	17
2.2.2	Población y muestra	18
2.2.3	Recolección de información	18
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		25
3.1	Análisis y discusión de los resultados	25
3.1.1	Proceso de detección de pérdidas no técnicas	25
3.1.2	Problemas generales del proceso actual	26
3.2	Sistema SAP	28
3.2.1	Arquitectura SAP	29
3.2.2	SAP CIS/CRM y SAP ISU/CRM	29
3.2.3	Gestor de base de datos	30
3.2.4	Apache Maven	30

3.2.5	Oracle WebLogic	30
3.3	Diseño de la arquitectura del subsistema	31
3.3.1	Arquitectura del sistema	31
3.3.2	Identificación de preguntas de negocio	32
3.3.3	Identificación de indicadores y perspectivas	32
3.3.4	Modelo conceptual	33
3.3.5	Hechos e indicadores	34
3.3.6	Mapeo con las fuentes operacionales	35
3.3.7	Granularidad	36
3.3.8	Modelo conceptual ampliado	37
3.3.9	Tipología del esquema	37
3.3.10	Tablas de dimensiones	38
3.3.11	Tabla de hechos	39
3.3.12	Uniones y esquema estrella	41
3.3.13	Carga inicial	42
3.3.14	Actualización	43
3.4	Desarrollo del subsistema	44
3.4.1	Matriz de selección metodológica	44
3.4.2	Combinación de metodologías Kimball y Hefesto	45
3.4.3	Selección de Kanban como metodología de gestión	47
3.4.4	Aplicación de Kanban al desarrollo del subsistema	49
3.4.5	Arquitectura técnica DW/BI	52
3.4.6	Stack tecnológico institucional	53
3.4.7	Requisitos funcionales	55
3.4.8	Historias de usuario	56
3.4.9	Bus Matrix de procesos de negocio	58

3.4.10	Modelo físico de la base de datos	59
3.4.11	Implementación de la pista de datos, proceso ETL	63
3.4.12	Implementación de la pista de aplicaciones BI, módulos web	67
3.4.13	Implementación técnica del código	79
3.5	Pruebas	100
3.5.1	Pruebas de aceptación	100
3.5.2	Verificaciones técnicas complementarias	103
3.6	Implantación	105
3.6.1	Despliegue del subsistema	105
3.7	Mantenimiento y crecimiento iterativo	106
3.7.1	Conciliación y monitoreo de datos	106
3.7.2	Optimización del rendimiento	106
3.7.3	Crecimiento del Data Warehouse	107
3.8	Resultados	107
3.8.1	Resultados del análisis del proceso de detección	107
3.8.2	Resultados del diseño de la arquitectura y del modelo dimensional	109
3.8.3	Carga histórica del archivo BIL038, 2022 a 2026	110
3.8.4	Volumen del Data Warehouse y composición del histórico	112
3.8.5	Cobertura geográfica y estado de las cuentas contrato	113
3.8.6	Detección de anomalías y reporte georreferenciado	115
3.8.7	Aceptación institucional y comparativa con el proceso manual	117
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		119
4.1	Conclusiones	119
4.2	Recomendaciones	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		122
ANEXOS		128

Anexo A. Carta de aceptación y culminación del proyecto	128
Anexo B. Manual de usuario del subsistema Satélite	129
Anexo C. Actas de pruebas de aceptación	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de la búsqueda en bases de datos científicas	4
Tabla 2. Ficha de observación del proceso de detección de pérdidas . . .	16
Tabla 3. Población de estudio	18
Tabla 4. Recolección de la información	19
Tabla 5. Entrevista dirigida al Jefe de Sección de Pérdidas	20
Tabla 6. Resultados de la ficha de observación	21
Tabla 7. Descripción del proceso actual de detección de pérdidas no técnicas	26
Tabla 8. Descripción del proceso automatizado de detección de pérdidas no técnicas	28
Tabla 9. Preguntas de negocio para el control de pérdidas no técnicas . .	32
Tabla 10. Indicadores y perspectivas derivados de las preguntas de negocio	33
Tabla 11. Definición de hechos, fórmula y función de agregación por indicador	34
Tabla 12. Mapeo detallado de campos operacionales por perspectiva e indicador	36
Tabla 13. Campos que determinaron la granularidad del Data Warehouse	37
Tabla 14. Dimensiones conformadas del Data Warehouse de control de pérdidas	39
Tabla 15. Estructura de la tabla de hechos CONSUMO_VERTICAL	40
Tabla 16. Implementación física de cada indicador	41
Tabla 17. Comparativa de características metodológicas, Kimball, Hefesto y SAS Rapid	44
Tabla 18. Pistas de la metodología Kimball aplicadas al proyecto	46
Tabla 19. Fases de Hefesto y secciones del capítulo donde se documentan	47
Tabla 20. Comparativa de metodologías ágiles de desarrollo de software .	48
Tabla 21. Distribución de historias de usuario por entrega	50

Tabla 22. Métricas Kanban derivadas de las actas de aceptación del Anexo C	51
Tabla 23. Roles de participación en el proyecto	52
Tabla 24. Stack tecnológico institucional aplicado al subsistema	54
Tabla 25. Herramientas de desarrollo del subsistema	54
Tabla 26. Requisitos funcionales del subsistema	55
Tabla 27. Requisitos no funcionales del subsistema	56
Tabla 28. Listado priorizado de historias de usuario	56
Tabla 29. Historias de usuario con criterios de aceptación	57
Tabla 30. Matriz de bus empresarial del subsistema de control de pérdidas	58
Tabla 31. Estructuras del esquema ESQUEMA_PRINCIPAL para el módulo de control de pérdidas	60
Tabla 32. Rutas representativas de la interfaz de servicios REST por área funcional	68
Tabla 33. Secuencia de operaciones del procedimiento de carga ETL . . .	81
Tabla 34. Componentes principales del módulo de control de pérdidas . .	83
Tabla 35. Clases CSS para la codificación cromática de anomalías	94
Tabla 36. Estados del ciclo de vida de la carga de archivos BIL038	98
Tabla 37. Pruebas de aceptación, Entrega 1	100
Tabla 38. Pruebas de aceptación, Entrega 2	101
Tabla 39. Trazabilidad documental de las pruebas de aceptación	102
Tabla 40. Alcance de las pruebas del subsistema	102
Tabla 41. Verificaciones técnicas complementarias del subsistema	104
Tabla 42. Configuración del entorno de despliegue	106
Tabla 43. Cuantificación del análisis del proceso de detección de pérdidas no técnicas	108
Tabla 44. Desglose de los tiempos del subsistema frente al ciclo manual .	109
Tabla 45. Componentes técnicos resultado del diseño del subsistema . . .	109
Tabla 46. Cargas BIL038 procesadas en producción	110
Tabla 47. Volumen del Data Warehouse al cierre de la carga histórica . . .	113
Tabla 48. Cobertura geográfica del subsistema por provincia	113
Tabla 49. Anomalías detectadas por el subsistema sobre el histórico cargado	115
Tabla 50. Comparativa cualitativa del proceso manual frente al subsistema BI	117

Tabla 51. Comparativa cuantitativa del ciclo de detección, proceso manual frente al subsistema BI	118
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Arquitectura conceptual de un sistema de Business Intelligence [4]	8
Figura 2.	Diagrama del proceso actual de detección de pérdidas no técnicas	25
Figura 3.	Diagrama del proceso automatizado de detección de pérdidas no técnicas	27
Figura 4.	Arquitectura del subsistema web de BI Operacional	31
Figura 5.	Modelo conceptual del Data Warehouse: perspectivas, relación e indicadores	34
Figura 6.	Mapeo entre elementos del modelo conceptual y fuentes OLTP de la EEASA	35
Figura 7.	Modelo conceptual ampliado con campos de grano y fórmulas de cada indicador	37
Figura 8.	Esquema estrella del Data Warehouse de control de pérdidas	41
Figura 9.	Arquitectura BI Operacional aplicada al control de pérdidas, fuentes, ETL, Data Warehouse, aplicaciones BI y toma de decisiones	43
Figura 10.	Kimball DW/BI Lifecycle aplicado al subsistema con las cuatro fases de Hefesto alineadas con la captura de requerimientos y la pista de datos	46
Figura 11.	Marcos de trabajo ágiles utilizados en Latinoamérica según el Informe de Agilidad en Latam 2024 [34]	49
Figura 12.	Esquema del tablero Kanban aplicado al subsistema	50
Figura 13.	Arquitectura técnica del Data Warehouse separada en zona de datos y zona de presentación	53
Figura 14.	Esquema relacional del módulo de control de pérdidas	61

Figura 15.	Vistas materializadas que sostienen el módulo de inspectores	62
Figura 16.	Módulo de carga de archivos BIL038 con procesamiento asíncrono	63
Figura 17.	Diagrama de secuencia del flujo ETL completo BIL038 . . .	64
Figura 18.	Pantalla de inicio de sesión del subsistema Satélite EEASA .	69
Figura 19.	Filtros del módulo de revisión de consumos	70
Figura 20.	Tabla de consumos con detección de anomalías por color . .	70
Figura 21.	Regla determinista de detección de anomalías de consumo .	72
Figura 22.	Gestión de inspectores con asignación de tarifas por perfil .	73
Figura 23.	Módulo de asignación de zonas geográficas a inspectores .	74
Figura 24.	Generación de reporte de inspección desde cuentas seleccionadas	75
Figura 25.	Flujo de inspección en campo: generación, asignación, ejecución y cierre	75
Figura 26.	Módulo de gestión de reportes con KPIs del inspector	77
Figura 27.	Vista administrativa de reportes de todos los inspectores . .	78
Figura 28.	KPIs y gráfico de tendencias del módulo de tarifas globales .	79
Figura 29.	Tabla de registro de consumo por tarifa y período	79
Figura 30.	Roles de acceso y módulos del subsistema de control de pérdidas	85
Figura 31.	Notificaciones de carga finalizada para los archivos BIL038 de 2022, 2023 y 2024	111
Figura 32.	Notificaciones de carga finalizada para los archivos BIL038 de 2025 y de marzo de 2026	111
Figura 33.	Tiempo de procesamiento del ETL por archivo BIL038, en segundos	112
Figura 34.	Panel de asignación de inspectores con cambios pendientes por aplicar	114
Figura 35.	Archivo GPX generado por el subsistema visualizado en una herramienta GPS sobre el mapa de la zona de concesión . . .	116

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Carta de aceptación y culminación del proyecto	128
Anexo B. Manual de usuario del subsistema Satélite	129
Anexo C. Actas de pruebas de aceptación	154

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo describe el diseño e implementación de un subsistema de Business Intelligence operacional para el monitoreo y control de pérdidas no técnicas en la EEASA. El control de pérdidas no técnicas de energía es una prioridad operativa para las distribuidoras del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, reguladas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL). La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) gestiona este proceso con hojas de cálculo y procedimientos manuales que demandan entre cinco y diez días hábiles por ciclo, con cobertura parcial de más de 300 000 cuentas contrato. La investigación aplica el ciclo de vida Kimball DW/BI de la mano de Hefesto para el modelado dimensional del Data Warehouse, con entrevista estructurada y ficha de observación directa del proceso vigente. El subsistema integra un pipeline ETL que procesa los archivos BIL038 de SAP CIS/CRM, detección de anomalías por desviación estadística, asignación geográfica de inspectores y un dashboard de indicadores clave. La solución reduce el ciclo a menos de una hora y procesa en cada carga la totalidad de las cuentas del archivo BIL038, esto es, 341 270 cuentas contrato con lectura registrada dentro del catastro corporativo de 367 044 cuentas, frente a la cobertura parcial del proceso manual previo. El aporte técnico es la transformación automatizada del formato horizontal de facturación al modelo dimensional vertical requerido para el análisis comparativo de consumos históricos, implementada mediante procedimientos almacenados sobre Oracle Database.

Palabras clave: Business Intelligence, pérdidas no técnicas, monitoreo operacional, ETL, distribución eléctrica, detección de anomalías.

ABSTRACT

This work shows the design and the building of an operational Business Intelligence subsystem. Its goal is to monitor and control non-technical energy losses at EEASA. This control is an important task for the power distribution companies of the National Interconnected System of Ecuador. These companies follow the rules of the Agency for Regulation and Control of Electricity (ARCONEL). The Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) does this task with spreadsheets and manual work. Each cycle takes five to ten days, and it covers only a part of more than 300,000 contract accounts. The research uses the Kimball DW/BI Lifecycle together with Hefesto for the dimensional modeling of the Data Warehouse. The data was collected with one structured interview and direct observation of the current process. The subsystem has an ETL pipeline that reads the BIL038 files from SAP CIS/CRM. It also detects anomalies by statistical deviation, assigns geographic zones to field inspectors, and shows a dashboard with key indicators. The new system makes each cycle shorter than one hour. In each load it processes all the accounts in the BIL038 file, that is, 341,270 accounts with a reading. The old manual process covered only a part of them. The main technical contribution is the automated change of the horizontal billing format into a vertical dimensional model. This model is needed to compare the consumption of past months. The system makes this change with stored procedures on an Oracle database.

Keywords: Business Intelligence, non-technical losses, operational monitoring, ETL, electricity distribution, anomaly detection.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

1.1.1 Planteamiento del problema

Las pérdidas de energía eléctrica constituyen uno de los desafíos más relevantes para el sector eléctrico a nivel mundial, clasificándose en pérdidas técnicas, inherentes al proceso de transmisión y distribución, y pérdidas no técnicas (PNT). Estas pérdidas están asociadas a factores como el hurto de electricidad, errores de medición y deficiencias en actividades administrativas [1]. En América Latina y el Caribe, esta problemática adquiere dimensiones particularmente notorias. Durante las últimas tres décadas, las pérdidas han permanecido consistentemente alrededor del 17 % de la energía generada, triplicando los niveles registrados en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) [1]. En el año 2019, las pérdidas que excedieron el límite referencial que era del 10 % alcanzaron 120 TWh, magnitud equivalente a la generación total de fuentes solares y eólicas en la región durante el mismo período [1]. El impacto financiero es considerable. El costo anual para las empresas distribuidoras oscila entre US\$9,6 y US\$16,6 mil millones, lo que representó entre el 0,19 % y el 0,33 % del producto interno bruto (PIB) regional. Estas pérdidas también generan consecuencias ambientales, ocasionando entre 5 y 6 millones de toneladas de emisiones de CO₂ anuales, con un costo social estimado de US\$320 millones [1].

En el contexto ecuatoriano, la situación refleja patrones similares a los observados en la región. Según los reportes del año 2023 de la entonces ARCERNNR (cuyas competencias recaen hoy en la ARCONEL), las pérdidas en el sistema de distribución alcanzaron el 15,02 % de la energía total distribuida [2]. La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), que es la principal empresa distribuidora del país, enfrenta un escenario complejo en su Unidad de Negocios Guayaquil, donde las

PNT representaron en promedio el 64,25 % de las pérdidas totales, porcentaje que ascendió al 70,98 % a diciembre de 2023 [2]. El impacto económico es severo. El costo promedio mensual de las PNT ascendió a \$8 716 379,17, con una pérdida estimada de \$473 733,39 por cada punto porcentual mensual [2]. Esta problemática se agrava por factores estructurales como el hurto de electricidad, la manipulación de medidores, errores en la facturación y condiciones socioeconómicas adversas que propician las conexiones ilegales, particularmente en zonas con asentamientos informales [2].

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) ha estructurado una infraestructura tecnológica para la gestión de sus operaciones comerciales, la cual integra la adquisición de plataformas especializadas con desarrollos adaptados a sus necesidades. La empresa opera dos plataformas SAP integradas, el sistema SAP CIS/CRM, que administra de forma centralizada la información de clientes, facturación y consumos energéticos mensuales dentro de la zona de concesión y el sistema SAP ISU/CRM, donde se ejecutan e implementan los diferentes procesos comerciales y operativos de la empresa [3]. Esta arquitectura tecnológica constituye la columna vertebral del modelo de gestión comercial de EEASA, facilitando el seguimiento detallado de las operaciones y permitiendo mantener un registro de control de sus clientes.

No obstante, el procedimiento actual para el análisis y control de pérdidas presenta limitaciones operativas que obstaculizan el control eficiente de la Sección de Pérdidas. Una vez extraída la información de consumos desde SAP CIS/CRM, el procesamiento de los datos requiere la ejecución manual de scripts o a través de hojas de cálculo, lo cual resulta en un flujo de trabajo poco ágil que consume tiempo valioso del personal técnico, carece de trazabilidad adecuada y es vulnerable a errores humanos durante la transformación y limpieza de datos. Esta deficiencia metodológica repercute directamente en la capacidad de la sección para identificar patrones de consumo anómalo, detectar casos de hurto de energía de manera oportuna y actuar proactivamente sobre las pérdidas no técnicas. Como consecuencia, la empresa enfrenta dificultades para implementar un control preventivo y eficaz del problema de pérdidas energéticas en su zona de concesión, con el consiguiente

riesgo de prolongar ciclos de análisis, dilatar las inspecciones en campo y arrastrar afectaciones económicas sostenidas sobre el balance comercial.

Sobre la base de las evidencias expuestas, la investigación formuló la pregunta que orientó el trabajo. ¿De qué manera un subsistema web de Business Intelligence Operacional, integrado a la plataforma SAP ISU/CRM, contribuye a la detección, el monitoreo y el control de las pérdidas no técnicas de energía en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.?

1.2 Antecedentes investigativos

Se efectuó una revisión de literatura especializada en los repositorios científicos IEEE Xplore, ScienceDirect y Springer Open Access. El protocolo de búsqueda combinó mediante operadores booleanos los términos asociados a pérdidas no técnicas, detección de anomalías, inteligencia de negocio y distribución eléctrica. Como criterios de inclusión se fijaron el intervalo 2021 a 2026, los idiomas inglés y español y la condición de revisión por pares, parámetros adoptados para garantizar la vigencia tecnológica de los referentes. Quedaron excluidos los trabajos duplicados entre bases, los registros sin texto completo accesible y las fuentes sin indexación académica. La Tabla 1 presenta los resultados de la búsqueda en las bases de datos científicas consultadas.

Tabla 1. Resultados de la búsqueda en bases de datos científicas

Base de datos	Cadena de búsqueda	Resultados
IEEE Xplore	("non-technical loss" OR "electricity theft") AND ("electric utility" OR "electricity distribution") AND ("business intelligence" OR dashboard* OR "anomaly detection")	12
	("energy fraud" OR "commercial loss" OR "revenue protection") AND ("abnormal consumption" OR "anomaly detection") AND ("data analytics" OR monitoring OR dashboard)	32
Science Direct	("business intelligence" OR dashboard) AND (ETL OR "data integration") AND ("electric utility" OR "electricity distribution")	20
	("non-technical loss" OR "electricity theft") AND ("electricity distribution") AND ("anomaly detection" OR "fraud detection")	52
Springer Open	("data integration" OR "ETL pipeline" OR "business intelligence") AND ("electricity distribution" OR "utility company") AND ("decision support")	46
	("non-technical loss" OR "commercial loss") AND ("electric utility") AND ("data analytics" OR "data integration") AND monitoring	18
TOTAL		180

Tras aplicar los criterios anteriores sobre los 180 trabajos iniciales, se descartaron los registros duplicados y los ajenos al objeto de estudio. Los estudios retenidos se analizaron en detalle para respaldar el desarrollo de la investigación.

Rivera y Rodriguez [4] documentan la implementación de herramientas de Business Intelligence aplicadas específicamente al sector de la industria eléctrica, reportando que la consolidación de datos operativos dispersos en una sola plataforma analítica redujo los ciclos de análisis de días a minutos y habilitó la generación automatizada de indicadores de gestión que antes exigían depuración manual. El estudio evidencia además que la adopción de BI en empresas distribuidoras permite atender las necesidades de monitoreo comercial con niveles de detalle por cuenta, zona y período. Para la EEASA, este referente confirma que el sector de distribución eléctrica constituye un dominio natural de aplicación del BI, particularmente en los procesos de control comercial donde convergen grandes volúmenes de datos de facturación, consumo y cartera.

Y. Li et al. [5] abordan la ineficiencia en la gestión de pérdidas de línea causada por la falta de sincronización en los tiempos de lectura y la convergencia entre pérdidas técnicas y administrativas. La solución planteada, descrita como una plataforma

de gestión de datos de energía, emplea algoritmos para alinear temporalmente el suministro y las ventas, permitiendo el cálculo de pérdidas teóricas en tiempo real. Para la EEASA, este estudio evidencia que la validación de balances energéticos no puede depender de procesos manuales asincrónicos. La implementación de una solución de BI resulta necesaria para acceder al dato y, sobre todo, para realizar el cruce exacto entre la energía entregada y la facturada, lo que elimina los “falsos positivos” derivados del desfase humano al comparar periodos distintos.

La vulnerabilidad física de la medición se aborda en [6], donde se demuestra que los sistemas de monitoreo aislados generan puntos ciegos en la supervisión. La propuesta de un “sistema de doble conexión” con validación de balance de potencia establece la lógica de negocio que requiere la EEASA, el software debe ser capaz de correlacionar flujos de datos dispares para establecer una verdad física, algo imposible sin una integración de datos robusta. Sobre esta misma línea, el presente proyecto adopta el principio del balance energético pero lo aplica a nivel de cuenta-contrato mediante la comparación del consumo reciente con el promedio histórico de los últimos doce meses, reemplazando el cálculo por transformador con una validación determinista que no exige infraestructura AMI.

Respecto a la viabilidad técnica de la infraestructura web necesaria para soportar el procesamiento masivo de datos eléctricos, Sarmiento [7] validó una plataforma en la nube para el monitoreo de parámetros de sistemas eléctricos, logrando una latencia estable de 4.75 segundos con una capacidad de procesamiento de 185 mensajes por segundo, lo cual cuantifica la factibilidad operativa de soportar flujos masivos en tiempo real. Este referente operativo sustenta la decisión arquitectónica del presente proyecto de consolidar los datos comerciales en un repositorio centralizado y exponer la información mediante servicios web, en lugar de mantener el análisis disperso en hojas de cálculo locales que carecen de capacidad de procesamiento concurrente.

Complementariamente, Carvajal [8] aborda el problema de la fragmentación tecnológica en entornos industriales, proponiendo la “Interoperabilidad Centrada en el Humano” mediante estándares de la Web de las Cosas. Su aporte radica en establecer que la modernización no se logra solo conectando sistemas, sino estandarizando semánticamente la información para romper los silos técnicos y hacerla comprensible

para los operadores. Traslado este principio al presente trabajo, la extracción desde la plataforma SAP se trató como un problema de interoperabilidad semántica, garantizando que los consumos mensuales conserven su significado durante la integración al modelo analítico.

En cuanto al impacto organizacional del BI sobre los procesos internos, Moitas et al. [9] evaluaron la implementación de soluciones BI en empresas del sector servicios, reportando reducciones consistentes en los tiempos de reporte y mejoras sostenidas en la calidad de las decisiones basadas en datos. El estudio concluye que la integración de múltiples fuentes en un repositorio centralizado constituye el factor técnico más determinante para el éxito de un proyecto BI. Este hallazgo es coherente con la arquitectura propuesta para la Sección de Pérdidas de la EEASA, la cual consolida las distintas fuentes operativas del área comercial en un único modelo dimensional analítico.

Con un diseño experimental, Hjelle et al. [10] contrastaron el efecto de distintas configuraciones de dashboards sobre la calidad de las decisiones organizacionales. Los participantes expuestos a paneles con indicadores clave de desempeño y filtros interactivos produjeron decisiones más precisas y en menor tiempo que aquellos que consultaron reportes tabulares estáticos. La evidencia experimental justifica técnicamente la inversión realizada en la capa de presentación del subsistema web, la cual prioriza los filtros por zona, cantón y umbral de desviación porcentual sobre la simple exportación tabular que el personal técnico venía manejando.

Respecto al diseño del repositorio analítico, Torres et al. [11] implementaron un Data Mart bajo la metodología Kimball para el análisis comercial de una cadena minorista, validando que el esquema estrella reduce los tiempos de consulta al eliminar las uniones complejas propias de los modelos normalizados, con mejoras de rendimiento superiores al 60 % frente a consultas transaccionales directas. Este principio orientó la construcción de las vistas materializadas sobre la tabla vertical de consumos del presente proyecto, garantizando tiempos de respuesta adecuados para el personal de la Sección de Pérdidas durante la consulta de desviaciones.

En el ámbito institucional más próximo al presente trabajo, Escalante [12] implementó una plataforma de Business Intelligence full stack para la generación y análisis

de informes gerenciales en el Área Comercial de la EEASA, combinando Angular, Node.js, Express y Oracle Database 19c. Los resultados reportaron una reducción del tiempo de generación de reportes mensuales de cuatro a cinco días a pocos minutos, además de la consolidación de información histórica antes dispersa en hojas de cálculo. Si bien su alcance se circunscribió a la reportería comercial, el estudio evidencia la factibilidad técnica de un entorno BI dentro de EEASA y deja pendiente la problemática específica de las Pérdidas No Técnicas, objeto central del presente proyecto.

Finalmente, dentro del mismo ecosistema satélite SAP de la EEASA, Reinoso [3] implementó un módulo web con Java EE y Angular para la gestión de roles de usuarios del sistema satélite SAP, demostrando la compatibilidad técnica entre Java EE 7 y el entorno SAP institucional mediante arquitecturas desacopladas. Este antecedente fundamenta la decisión tecnológica del presente proyecto, el cual reutiliza el mismo stack para garantizar integración nativa con la plataforma SAP ISU/CRM vigente y para mantener la coherencia con las políticas de mantenimiento del área de tecnologías de la información de la empresa. En conjunto, los referentes revisados evidencian que la centralización de datos, el modelo dimensional Kimball, el dashboard operativo y la integración con la plataforma SAP institucional constituyen los elementos técnicos que habilitan un BI Operacional efectivo, justificando el desarrollo del subsistema web propuesto para la Sección de Pérdidas de la EEASA.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Business Intelligence (BI)

El Business Intelligence (BI) es un enfoque metodológico que combina procesos, herramientas y tecnologías para analizar datos y mejorar la toma de decisiones empresariales [4]. Guerrero García y Rodas-Silva [13] lo describen como un conjunto de herramientas de soporte que convierten los datos en conocimiento útil para las decisiones estratégicas, tácticas y operativas. Sus técnicas comprenden el análisis descriptivo, predictivo y prescriptivo, la visualización mediante dashboards interactivos y la minería de datos. Rivera y Rodríguez [4] documentaron que, en la industria eléctrica, la consolidación de datos operativos dispersos en una sola plataforma

redujo los ciclos de análisis de días a minutos, y Li et al. [14] comprobaron que la analítica de Big Data y la visualización aplicadas al sector eléctrico habilitan la detección oportuna de anomalías de consumo y mejoran la operación de las redes de distribución. En la EEASA el procesamiento de los archivos BIL038 consumía entre 5 y 10 días hábiles de trabajo manual, de modo que el BI ofreció una vía directa para acortar ese ciclo. La Figura 1 muestra la arquitectura conceptual de un sistema de BI, desde la extracción en las fuentes operacionales hasta la entrega de información procesada al usuario.

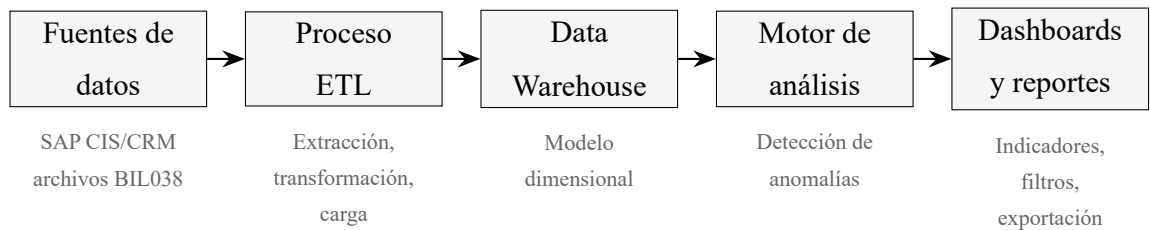


Figura 1. Arquitectura conceptual de un sistema de Business Intelligence [4]

1.3.2 BI Operacional

El BI Operacional atiende la gestión de los procesos cotidianos. A diferencia del BI estratégico, que analiza tendencias históricas para la alta dirección, el operacional entrega información a los niveles operativos en el momento en que la necesitan, con ciclos de actualización cortos. Rivera y Rodríguez [4] observaron que los sistemas de BI implantados en distribuidoras de energía operaron con detección automática de anomalías y alertas para el personal operativo, y Moitas et al. [9] hallaron que las organizaciones con dashboards actualizados en intervalos reducidos mejoraron sus tiempos de respuesta y la calidad de sus decisiones. Trabajos recientes en el sector eléctrico [5], [14] reportaron que esa analítica acorta los tiempos de respuesta y contribuye a reducir las pérdidas técnicas y no técnicas. La Sección de Pérdidas de la EEASA trabaja bajo ese mismo modelo, donde la detección oportuna de anomalías de consumo y la asignación inmediata de inspecciones en campo definen la operación diaria.

1.3.3 Procesos ETL

El proceso ETL (Extract, Transform, Load) extrae los datos de diversas fuentes, los transforma para cumplir estándares de calidad y formato, y los carga en un repositorio centralizado [15]. De él dependen la consistencia, la limpieza y la trazabilidad de la información que alimenta un sistema de BI. Silva Peñafiel et al. [16] lo sitúan como la capa de integración entre los sistemas operacionales y el almacén de datos, equivalente a la fase de integración de datos del ciclo de construcción del Data Warehouse. Ye et al. [17] demostraron que una implementación correcta del ETL integra datos de sistemas heterogéneos, elimina inconsistencias y estandariza la información. En la EEASA, los archivos BIL038 descargados de SAP CIS/CRM traen los consumos mensuales en formato horizontal, con 12 columnas por cuenta, y esa estructura debió transformarse a un formato vertical para habilitar las consultas dinámicas de desviación.

1.3.4 Almacén de datos (Data Warehouse)

Un almacén de datos (Data Warehouse) es un repositorio centralizado que integra información de múltiples fuentes operacionales bajo un modelo dimensional optimizado para consultas analíticas [15]. Frente a las bases de datos transaccionales, pensadas para la lectura y escritura concurrentes, prioriza la lectura masiva y el análisis histórico de información consolidada. Su modelo dimensional organiza los datos en tablas de hechos, que guardan las métricas cuantificables del negocio, y tablas de dimensiones, que aportan los atributos descriptivos que las contextualizan [18]. Torres et al. [11] validaron este enfoque con un Data Mart bajo metodología Kimball, donde el esquema estrella redujo los tiempos de consulta analítica al evitar las uniones complejas de los modelos normalizados. En la EEASA, las métricas del hecho fueron los consumos mensuales en kWh, las desviaciones porcentuales y los resultados de inspección, mientras que las dimensiones reunieron la cuenta contrato, el alimentador, la zona geográfica, el período de facturación y la categoría tarifaria.

1.3.5 Sistemas web

Un sistema web es una herramienta de gestión centralizada de información que permite almacenar, procesar y administrar datos en entornos accesibles de forma remota, sin instalaciones locales [19]. Se organiza en dos capas, el frontend, que es la capa de presentación donde frameworks como Angular ordenan la interfaz en componentes reutilizables y se comunican con el servidor mediante peticiones HTTP asíncronas, y el backend, que concentra la lógica de negocio, el procesamiento de datos y el acceso a la base de datos y a servicios externos. Loarte [19] recomienda estructurar esa separación con el patrón Modelo-Vista-Controlador, un enfoque de tres capas, y exponer la lógica mediante una API REST, que desacopla la presentación de la lógica de negocio, permite escalar cada componente por separado y facilita la integración con sistemas externos como SAP CIS/CRM. La EEASA ya operaba sistemas satélite SAP bajo esta arquitectura, con Java EE y Angular, lo que fijó la selección tecnológica del proyecto para conservar la compatibilidad con la infraestructura institucional existente.

1.3.6 Sector eléctrico de distribución

El sector de distribución eléctrica es el eslabón final de la cadena de suministro energético. Manzano [20] lo describe como un segmento en transformación, obligado a incorporar la digitalización, la automatización y el Internet de las Cosas (IoT) para atender a un cliente que exige eficiencia, sostenibilidad y calidad en el servicio. Su estudio reporta que las pérdidas de energía del país bajaron del 22,25 % en 2006 al 11,74 % en 2017, con una cobertura del servicio que alcanzó el 97,33 % en ese último año. La gestión de una distribuidora supone procesar grandes volúmenes de información de facturación, recaudación, control de consumos y catastro de clientes [2], y sobre esos datos la integración desde diversas fuentes permite elaborar informes que sostienen las decisiones a partir de indicadores clave de desempeño. La EEASA, distribuidora de la región central del país con más de 300 000 cuentas contrato, figura entre las de mejor desempeño nacional, con una recaudación del 98,67 % frente al promedio de 87,64 % [20], y el control de pérdidas no técnicas concentró la necesidad analítica que motivó el subsistema del presente trabajo.

1.3.7 Pérdidas no técnicas (PNT)

Las Pérdidas No Técnicas (PNT) son la energía entregada a los usuarios que no llega a facturarse ni cobrarse por factores ajenos a la física de la transmisión [2]. Comprenden tanto ilícitos externos, como el hurto directo o la manipulación de medidores, como deficiencias internas de facturación y medición, y su persistencia golpea la sostenibilidad financiera de la distribuidora porque reduce los recursos para reinversión y mantenimiento. Detectarlas no resulta sencillo, pues los usuarios fraudulentos son una minoría frente a los usuarios regulares y ese desbalance impide identificarlos con reglas simples, por lo que la literatura recurre a métodos basados en datos que rastrean correlaciones ocultas en el historial de consumo [21]. Sobre datos reales de medidores, un modelo de aprendizaje profundo basado en redes LSTM clasificó el hurto con una exactitud superior al 97 % [21]. En la EEASA, sin infraestructura de medición avanzada disponible, la detección se apoyó en las desviaciones del consumo reciente frente al promedio histórico de cada cuenta, calculado sobre los registros del archivo BIL038.

1.3.8 Detección de anomalías de consumo

La detección de anomalías de consumo compara el consumo reciente de cada cuenta contra una línea base histórica [5]. La diferencia entre el consumo actual y el promedio de referencia, en kilovatios hora (kWh) y en porcentaje, señala las cuentas cuya desviación amerita inspección en campo, y el método parte de una premisa sencilla, una cuenta con consumo estable que cae de forma abrupta o sostenida es un candidato probable de irregularidad [22]. Li et al. [5] advierten que la sincronización temporal entre los datos de suministro y los de venta determina la precisión del análisis, porque los desfases en la lectura de medidores producen falsos positivos que distorsionan los resultados. Al automatizar estos cálculos, la EEASA pudo analizar la totalidad de las cuentas de su zona de concesión sin la intervención manual del operador, lo que recortó los tiempos de análisis y dirigió los reportes de inspección a las cuentas con mayor probabilidad de irregularidad.

1.3.9 Monitoreo y control operacional

El monitoreo y control operacional es la gestión sistemática de las actividades diarias de una organización, dirigida a que los procesos se ejecuten bajo estándares de eficiencia, seguridad y calidad [23]. Supone procedimientos claros y herramientas tecnológicas que supervisan el desempeño e identifican los riesgos operativos. En la red de distribución, Zulu y Dzobo [6] fijaron el modelo de doble conexión como estándar de control, con la comparación continua entre la energía que entrega el transformador y la que registran los medidores de los usuarios asociados, dentro de un umbral de tolerancia de 200 W que separa la operación normal de la irregularidad. Su prototipo verificó el balance con una exactitud del 100 % por software y superior al 95 % en la medición física, y mostró que cualquier retraso en el procesamiento abre puntos ciegos temporales que los infractores aprovechan, de modo que el monitoreo solo sirve si es oportuno. El presente trabajo llevó ese principio al control de pérdidas de la EEASA, donde el subsistema contrastó el consumo reciente de cada cuenta con su promedio histórico para sostener una vigilancia oportuna sin requerir medición avanzada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un subsistema web de Inteligencia de Negocio Operacional (BI), integrado a la plataforma SAP ISU/CRM, para la detección, monitoreo y control de pérdidas no técnicas de energía en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los procesos existentes de detección de pérdidas no técnicas para identificar los requerimientos de integración con SAP ISU/CRM.
- Diseñar la arquitectura del subsistema web y el flujo del BI Operacional basándose en los requerimientos detectados.
- Implementar los componentes del subsistema web y algoritmos de detección de anomalías conforme a la arquitectura de Inteligencia de Negocio diseñada.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales fueron los dos instrumentos metodológicos con que se recolectó la información base del diagnóstico del proceso vigente de detección y control de pérdidas no técnicas en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Se aplicaron de manera complementaria, uno declarativo sobre el responsable del proceso y otro observacional sobre la ejecución del procedimiento en la sección.

El primer instrumento fue una entrevista estructurada al Jefe de Sección de Pérdidas, responsable de la planificación y supervisión del control de pérdidas no técnicas en la empresa. El cuestionario constó de diez preguntas abiertas sobre el flujo de trabajo vigente, las limitaciones del procesamiento manual de los datos de consumo y los requerimientos funcionales exigibles a una solución de Business Intelligence.

El segundo instrumento fue una ficha de observación aplicada al proceso de detección de pérdidas en las instalaciones de la EEASA. Incluyó diez aspectos verificables del procedimiento, con indicadores específicos, espacio para las observaciones y una columna de frecuencia o tiempo. El registro sistemático documentó las condiciones operativas, las herramientas del personal técnico y las limitaciones del procedimiento, y dio un contraste empírico a lo declarado en la entrevista.

2.1.1 Instrumentos de recolección de la información

Entrevista dirigida al Jefe de Sección de Pérdidas.

ENTREVISTA DIRIGIDA AL JEFE DE SECCIÓN DE PÉRDIDAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Entrevistador: Alex Medina

Objetivo: Recopilar información sobre los procesos actuales de detección y control de pérdidas no técnicas de energía en la Sección de Pérdidas de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.

1. ¿Cuál es el proceso actual para detectar y dar seguimiento a las pérdidas no técnicas de energía en la sección?
2. ¿Qué sistemas o herramientas se utilizan actualmente para analizar los datos de consumo?
3. ¿Cómo se obtienen los datos de consumo desde SAP CIS/CRM y en qué formato se reciben?
4. ¿Qué tipo de reportes se generan actualmente para el control de pérdidas y con qué frecuencia?
5. ¿Cuáles son los principales problemas o limitaciones que enfrenta la sección en el proceso actual?
6. ¿Cómo se asignan las zonas geográficas de inspección a los inspectores de campo?
7. ¿Qué criterios se utilizan para identificar cuentas con posibles irregularidades en el consumo?
8. ¿Cuánto tiempo se tarda actualmente en procesar los datos desde la extracción hasta la generación de un reporte de inspección?
9. ¿Qué mejoras considera necesarias para optimizar el proceso de detección de pérdidas no técnicas?
10. ¿Qué funcionalidades esperaría de un sistema web de Business Intelligence para la gestión de pérdidas?

Ficha de observación del proceso actual. La Tabla 2 presenta la estructura de la ficha de observación diseñada para evaluar el proceso de detección de pérdidas no técnicas en la EEASA.

Tabla 2. Ficha de observación del proceso de detección de pérdidas

Aspecto a observar	Indicadores / Criterios	Observaciones	Frecuencia / Tiempo
Extracción de datos	¿La descarga de archivos BIL038 desde SAP CIS/CRM se ejecuta de forma automatizada?		
Procesamiento de datos	¿Se utilizan herramientas especializadas de BI para el análisis?		
Trazabilidad	¿Existe registro de quién ejecutó cada análisis y en qué fecha?		
Comparación histórica	¿Se compara el consumo actual contra promedios de 12 meses de forma sistemática?		
Tiempo de ciclo	¿El proceso completo de análisis se ejecuta en menos de un día?		(días hábiles)
Asignación de zonas	¿Las zonas de inspección se asignan mediante un sistema centralizado?		
Reportes	¿Se generan reportes de inspección con formato estandarizado?		
Registro digital	¿Los resultados de inspección en campo se registran en un sistema digital?		
Dashboards	¿El personal técnico tiene acceso a dashboards de monitoreo?		
Validación	¿Se validan los datos antes de generar los reportes de pérdidas?		

2.2 Métodos

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto aplicado. En la fase de diagnóstico predominó el componente cualitativo. Los instrumentos de recolección, “entrevista estructurada” y “ficha de observación”, se orientaron a comprender las condiciones operativas del proceso de detección de pérdidas y a identificar los requerimientos técnicos del subsistema. Dado el tamaño reducido de la población y

el propósito diagnóstico de esta fase, el tratamiento fue censal, sin muestreo probabilístico, y las técnicas cualitativas capturaron la especificidad del flujo de trabajo sin la pérdida de detalle inherente a cuestionarios de escala cerrada. El componente cuantitativo, en cambio, sostuvo la fase de evaluación técnica. El subsistema se valoró con mediciones de tiempos de procesamiento del ETL, volumen de registros cargados por archivo BIL038, cobertura del histórico 2022 a 2026 y conteo de cuentas marcadas con anomalías, indicadores que sustentaron la comparación entre el ciclo manual y el automatizado documentada en el capítulo de resultados.

2.2.1 Modalidad de la investigación

La investigación adoptó una modalidad aplicada con trabajo de campo.

a. Investigación aplicada

La investigación se orientó al diseño, desarrollo e implementación de un subsistema web de Business Intelligence que resolvió un problema operativo concreto en la Sección de Pérdidas de la EEASA. El enfoque aplicado se materializó en la construcción de una solución tecnológica funcional que automatizó el procesamiento de datos de consumo, la detección de anomalías y la generación de reportes de inspección. La integración con la plataforma SAP ISU/CRM se planteó como una integración operativa, materializada mediante los archivos BIL038 exportados desde SAP CIS/CRM y procesados en el entorno de ISU/CRM, sin conexión directa entre bases de datos, en cumplimiento de las políticas de acceso del área de infraestructura. La integración a la plataforma SAP ISU/CRM enunciada en el objetivo general corresponde a esta vía operativa, con un alcance técnico que quedó delimitado por los archivos BIL038 y no por una conexión directa entre sistemas.

b. Investigación de campo

El investigador analizó la problemática directamente en la sede principal de la EEASA, Av. 12 de Noviembre 11-29, Ambato. La recolección de datos se ejecutó mediante entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y observación directa del proceso vigente de detección de pérdidas no técnicas.

2.2.2 Población y muestra

La población con la que se trabajó fue el personal encargado de la detección y control de pérdidas no técnicas de energía, conformado por el Jefe de Sección de Pérdidas y los inspectores de control de pérdidas, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Población de estudio

Población	Número	Porcentaje
Jefe de Sección de Pérdidas	1	14 %
Inspector de Control de Pérdidas	6	86 %
Total	7	100 %

Dado el tamaño reducido de la población y el propósito diagnóstico del estudio, se trabajó con la totalidad de los siete integrantes, sin recurrir a muestras representativas.

2.2.3 Recolección de información

Se entrevistó de forma personal al Jefe de Sección de Pérdidas y se completó la ficha de observación durante la visita a las instalaciones de la EEASA. La Tabla 4 sintetiza los parámetros de la recolección.

Tabla 4. Recolección de la información

Preguntas básicas	Explicación
¿Para qué?	Para cumplir los objetivos planteados, mediante el análisis de los procesos actuales y la definición de los requerimientos necesarios.
¿De qué personas?	Personal clave de la EEASA vinculado al proceso de detección de pérdidas de energía.
¿Sobre qué aspectos?	Procesos manuales actuales para la detección de pérdidas no técnicas.
¿Quién?	El investigador, Alex Medina.
¿Cuándo?	Período académico febrero – julio de 2026.
¿Dónde?	Sede principal de la EEASA, Av. 12 de Noviembre 11-29, Ambato.
¿Cuántas veces?	Una sola vez.
¿Qué técnicas?	Entrevista y observación directa.
¿Con qué?	Cuestionario de entrevista y ficha de observación.

La aplicación única de los instrumentos se justificó porque el proceso observado corresponde a un flujo mensual estandarizado, que se repite sin variación entre ciclos de facturación. Lo declarado por el responsable del área en la entrevista se contrastó con la observación directa del procedimiento en la sección, lo que dio suficiencia al levantamiento para los fines diagnósticos del estudio.

Resultados de la entrevista

Se presentan los resultados de la entrevista aplicada al Jefe de Sección de Pérdidas, responsable de la planificación y supervisión del control de pérdidas no técnicas de energía en la EEASA. La entrevista se realizó en la sede principal de la institución (Av. 12 de Noviembre 11-29, Ambato) durante el período académico febrero–julio de 2026. La Tabla 5 detalla las respuestas y el análisis correspondiente a cada pregunta.

Tabla 5. Entrevista dirigida al Jefe de Sección de Pérdidas

Nº	Pregunta	Respuesta	Observación / Análisis
1	¿Cuál es el proceso actual para detectar y dar seguimiento a las pérdidas no técnicas?	Se descargan archivos BIL038 de SAP CIS/CRM con el historial de consumo. Los archivos no cumplen las necesidades requeridas, se completan manualmente mediante scripts Python o Excel.	El flujo depende de procesamiento manual sin estandarización. La falta de un pipeline automatizado genera cuellos de botella desde la primera etapa.
2	¿Qué sistemas o herramientas se utilizan actualmente para analizar los datos de consumo?	SAP CIS/CRM para descarga, hojas de cálculo y scripts para procesamiento. No existe herramienta de BI integrada.	La ausencia de BI obliga a depender de herramientas ofimáticas que no escalan ni garantizan trazabilidad.
3	¿Cómo se obtienen los datos de consumo y en qué formato se reciben?	Archivos de texto delimitados por tabulaciones con consumos mensuales en kWh por cuenta contrato. Cada archivo corresponde a un período de facturación.	El formato horizontal (12 columnas por cuenta) dificulta las consultas dinámicas de desviación.
4	¿Qué tipo de reportes se generan y con qué frecuencia?	Reportes de inspección para cuentas con consumo anómalo. El ciclo varía entre una y dos semanas.	La frecuencia depende de la capacidad manual, no de la demanda operativa.
5	¿Cuáles son los principales problemas del proceso actual?	Tiempo de procesamiento excesivo (varios días). Sin trazabilidad, scripts no documentados, dependencia de una sola persona.	Riesgo operativo. Si el operador no está disponible, el proceso se detiene.
6	¿Cómo se asignan las zonas de inspección?	De forma verbal o por correo electrónico. No hay sistema centralizado, se asigna manualmente por parroquia o cantón.	La asignación verbal impide la auditoría y genera duplicación de esfuerzos.
7	¿Qué criterios se utilizan para identificar cuentas sospechosas?	Comparación del consumo actual contra el promedio de 12 meses. Umbral configurable (30 %-50 % de reducción). Cuentas con consumo nulo o bajo 3+ meses.	El criterio es válido pero su ejecución manual limita la cobertura al subconjunto que el operador alcanza a procesar.

Continúa en la siguiente página

Continuación de la Tabla 5

Nº	Pregunta	Respuesta	Observación / Análisis
8	¿Cuánto tiempo tarda el ciclo completo?	Entre 5 y 10 días hábiles, desde la descarga del BIL038 hasta la entrega del reporte.	El ciclo de 5–10 días imposibilita la detección oportuna de anomalías.
9	¿Qué mejoras considera necesarias?	Automatizar carga de datos, cálculo de desviaciones automático, asignación centralizada de inspectores, trazabilidad de reportes.	Las mejoras solicitadas coinciden con las funcionalidades de un sistema de BI operacional.
10	¿Qué funcionalidades esperaría de un sistema web de BI?	Dashboard de anomalías, filtros geográficos y tarifarios, reportes Excel/PDF, módulo de registro de inspección en campo, carga masiva de archivos.	Los requerimientos descritos definen el alcance funcional del subsistema a desarrollar.

Resultados de la ficha de observación

La Tabla 6 presenta los resultados registrados durante la visita a las instalaciones de la EEASA mediante la ficha de observación aplicada al proceso de detección de pérdidas no técnicas.

Tabla 6. Resultados de la ficha de observación

Aspecto a observar	Indicadores / Criterios	Observaciones	Frecuencia / Tiempo
Extracción de datos	¿La descarga de archivos BIL038 se ejecuta de forma automatizada?	No cumple. Descarga manual archivo por archivo.	Cada ciclo de facturación
Procesamiento de datos	¿Se utilizan herramientas de BI?	No cumple. Se usan hojas de cálculo Excel y scripts Python.	3–5 días por ciclo
Trazabilidad	¿Existe registro de quién ejecutó cada análisis?	No cumple. Sin registro ni bitácora.	No aplica

Continúa en la siguiente página

Continuación de la Tabla 6

Aspecto a observar	Indicadores / Criterios	Observaciones	Frecuencia / Tiempo
Comparación histórica	¿Se compara consumo actual contra promedios de 12 meses?	Cumple parcialmente. Se realiza de forma manual en Excel.	Mensual
Tiempo de ciclo	¿El proceso completo se ejecuta en menos de un día?	No cumple. El ciclo toma entre 5 y 10 días hábiles.	5–10 días
Asignación de zonas	¿Se asignan zonas mediante sistema centralizado?	No cumple. Asignación verbal o por correo electrónico.	Por demanda
Reportes	¿Se generan reportes estandarizados?	No cumple. Formato variable según el operador.	1–2 semanas
Registro digital	¿Los resultados de inspección se registran en sistema digital?	No cumple. Registro en papel o informes manuales.	No aplica
Dashboards	¿El personal tiene acceso a dashboards de monitoreo?	No cumple. Sin herramientas de visualización.	No aplica
Validación	¿Se validan los datos antes de generar reportes?	Cumple parcialmente. Revisión manual de coherencia en Excel.	Cada ciclo

La ficha registró que 8 de los 10 aspectos evaluados no se cumplen en el proceso actual. Los dos aspectos con cumplimiento parcial, “comparación contra promedios históricos” y “validación previa de datos”, se ejecutan de forma manual mediante hojas de cálculo, lo que limita su efectividad y cobertura. El tiempo de ciclo de 5 a 10 días hábiles y la asignación verbal de zonas de inspección constituyeron los hallazgos más críticos, dado que imposibilitan la detección oportuna de anomalías y la supervisión centralizada del avance de las inspecciones.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El análisis de los datos recogidos por la entrevista y la ficha de observación correspondió a la vertiente cualitativa del enfoque mixto. Con una población de siete personas vinculadas al proceso, el tratamiento fue censal y no se aplicaron técnicas estadísticas inferenciales, ajenas al propósito diagnóstico de esta fase. Las respuestas del Jefe de Sección y los registros de observación se transcribieron, se codificaron por tema y se cruzaron para reconstruir el flujo operativo vigente y ubicar los puntos del procedimiento donde la intervención tecnológica era indispensable. La vertiente cuantitativa del enfoque se aplicó en la evaluación del subsistema ya construido, mediante pruebas de aceptación con los usuarios del proceso, medición de tiempos y volúmenes del ETL sobre los archivos BIL038 y comparación del ciclo manual frente al automatizado, conforme se documenta en el capítulo de resultados.

Las diez respuestas se contrastaron con los diez aspectos de la ficha. La triangulación cotejó la percepción del Jefe de Sección con la evidencia recogida en la sección, esto es, la extracción manual de los archivos de consumo, las hojas de cálculo usadas para analizar desviaciones y los correos con que se comunicaban las asignaciones de inspección. En los puntos donde la declaración y la observación coincidieron, el hallazgo quedó validado. Cuando ambas divergieron, prevaleció la evidencia documental recogida en la sección.

La extracción de los archivos BIL038 desde SAP CIS/CRM se ejecutó archivo por archivo, sin automatización ni estandarización del formato de entrada, así lo registraron las preguntas 1 y 3 de la entrevista y el aspecto 1 de la ficha. La dependencia del operador en la primera etapa condicionó el resto del ciclo.

En el procesamiento analítico posterior, la pregunta 2 y el aspecto 2 coincidieron en que la institución no disponía de una herramienta de Business Intelligence. El análisis se apoyó en hojas de cálculo y scripts, sin documentación formal ni capacidad de escalamiento. La cobertura quedó acotada al subconjunto de cuentas que el operador alcanzaba a revisar dentro de un ciclo, y el resto del universo se quedó sin examinar.

El tiempo de ciclo y la ausencia de trazabilidad aparecieron combinados en la pregunta 5 y en los aspectos 3 y 5. El ciclo completo tomó entre cinco y diez días

hábiles y operó sin bitácora. Sin registro no hubo auditoría, la detección de consumos anómalos se retrasó y el riesgo operativo recayó sobre una sola persona, cuya ausencia detenía la actividad de la sección.

La asignación de las zonas de inspección se hizo de manera verbal o por correo electrónico, sin repositorio centralizado, así lo confirmaron la pregunta 6 y el aspecto 6. La ausencia de un registro único provocó duplicación de esfuerzos entre inspectores asignados a zonas colindantes y dejó al jefe de sección sin forma de verificar lo ejecutado en campo.

Los reportes de inspección cambiaron de formato según el operador que los elaboraba, sin un estándar institucional (pregunta 4, aspecto 7). La heterogeneidad impidió comparar períodos entre sí y consolidar indicadores de desempeño del área.

Los resultados de inspección se registraron en papel o en informes manuales, y el personal técnico no contó con dashboards de monitoreo (preguntas 8 y 10, aspectos 8 y 9). Sin registro digital no hubo seguimiento gerencial ni posibilidad de construir indicadores históricos de gestión. Estos seis hallazgos sustentaron la propuesta técnica del presente trabajo y delimitaron el alcance funcional del subsistema requerido.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Con base en la información obtenida sobre el procedimiento vigente de detección de pérdidas no técnicas en el departamento comercial de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), se realizó un análisis detallado de los requerimientos necesarios para el desarrollo del subsistema. La información partió de la entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y de la ficha de observación aplicada al proceso actual, instrumentos descritos en el Capítulo II.

3.1.1 Proceso de detección de pérdidas no técnicas

a. Procedimiento manual

El proceso de detección de pérdidas no técnicas se ejecutó de forma manual. Las falencias del procedimiento afectaron tanto la oportunidad de los resultados como la confianza sobre lo entregado por la Sección de Pérdidas.

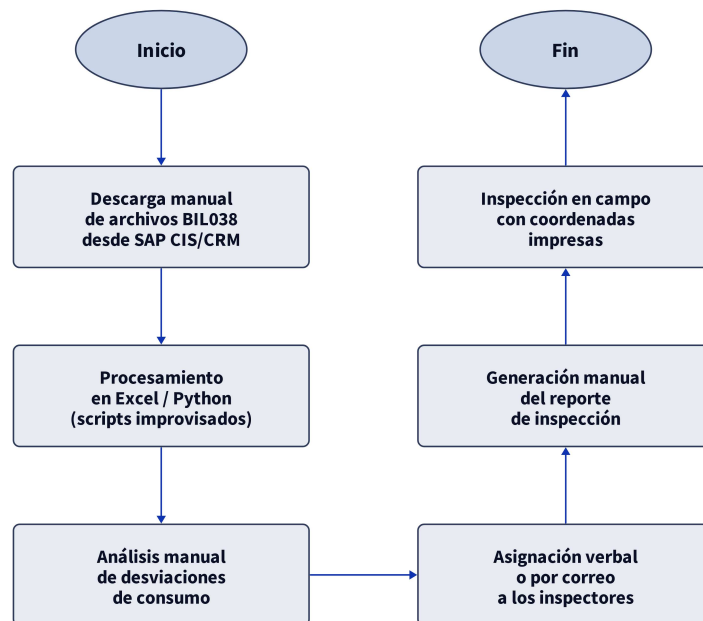


Figura 2. Diagrama del proceso actual de detección de pérdidas no técnicas

En la Figura 2 se describe el proceso que la empresa ejecuta mensualmente para identificar cuentas con consumo anómalo, desde la descarga de los archivos BIL038 entregados por SAP CIS/CRM hasta la inspección en campo de las cuentas seleccionadas. En la Tabla 7 se enumeran los problemas que conlleva mantener el procedimiento en su forma actual.

Tabla 7. Descripción del proceso actual de detección de pérdidas no técnicas

Proceso	Descripción	Detalle
Descarga manual de archivos BIL038	Se descargan los archivos mensuales de consumo desde la herramienta web de SAP CIS/CRM.	El tiempo de descarga es extenso: cada archivo consolida 12 meses de consumo por cuenta sobre un universo superior a 300 000 cuentas contrato.
Procesamiento en Excel o Python	La conversión del formato horizontal a filas mensuales se ejecuta con scripts improvisados o tablas dinámicas.	No existe una herramienta estándar ni un repositorio versionado, cada operador aplica su propia rutina.
Análisis manual de desviaciones	El operador compara visualmente el consumo del período con el histórico de cada cuenta.	El criterio de anomalía depende del analista, sin umbrales documentados ni trazabilidad de las decisiones.
Asignación verbal de zonas	El Jefe de Sección comunica las zonas a inspeccionar por voz o correo electrónico.	No queda registro centralizado de qué inspector recibió cada zona ni en qué fecha.
Generación manual de reportes	Los resultados se consolidan en hojas de cálculo enviadas por correo.	El ciclo depende de la disponibilidad de una sola persona, si esta no se encuentra operativa el proceso se detiene.
Inspección en campo	El inspector recorre las cuentas con coordenadas impresas.	La ruta no se planifica con criterios sistemáticos y el resultado de cada inspección se registra a mano, sin respaldo digital.

3.1.2 Problemas generales del proceso actual

El procedimiento manual presentó cuatro problemas concretos. El primero fue la dependencia de una sola persona para procesar el archivo BIL038 y calcular los indicadores antes de entregarlos al Jefe de Sección, lo que concentró el manejo del dato en un único operador y restó garantías sobre la integridad y la trazabilidad de la información procesada. El segundo fue el tiempo: el ciclo completo de descarga,

procesamiento, análisis, asignación y entrega del reporte tomó entre 5 y 10 días hábiles, lo que recortó la ventana de intervención sobre las cuentas con anomalía.

El tercero fue el volumen: con más de 300 000 cuentas en juego, las equivocaciones al cruzar o confundir datos entre reportes resultaron habituales y casi imposibles de detectar sin herramientas automatizadas. El cuarto fue la falta de trazabilidad: el sistema no registró quién ejecutó cada análisis, con qué parámetros ni en qué fecha, lo que generó desconfianza frente a auditorías internas y frente al regulador.

Estos cuatro problemas justificaron sustituir la manipulación manual por un flujo determinista y trazable que cubriera el universo completo de cuentas con respaldo auditable.

a. Procedimiento automatizado

El diagrama del proceso automatizado reemplazó las etapas manuales por componentes del subsistema web de BI Operacional, con las fases del nuevo flujo y las áreas que se reorganizaron respecto al procedimiento vigente.

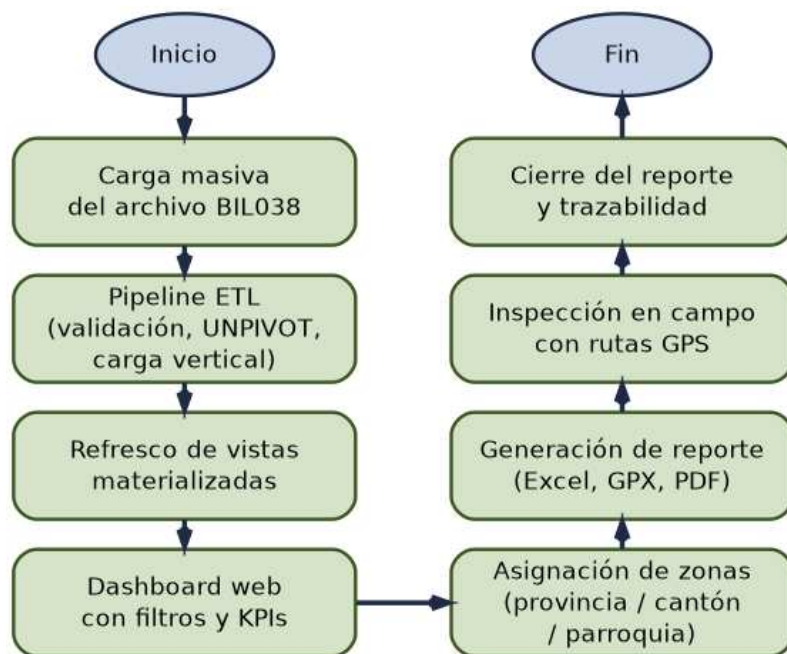


Figura 3. Diagrama del proceso automatizado de detección de pérdidas no técnicas

La Figura 3 muestra cómo el subsistema web absorbió los pasos manuales, el flujo se concentró en una sola lectura, las etapas de procesamiento, análisis y reporte

quedaron delegadas a componentes automatizados y la manipulación manual de archivos intermedios dejó de ser necesaria. La Tabla 8 detalla las áreas reorganizadas.

Tabla 8. Descripción del proceso automatizado de detección de pérdidas no técnicas

Proceso	Descripción	Detalle
Carga masiva del BIL038	El administrador sube el archivo mediante una interfaz web asíncrona.	Procesamiento en segundo plano con progreso en tiempo real, con el tamaño máximo de carga configurable en el servidor.
Pipeline ETL en Oracle	SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 valida, normaliza (UNPIVOT) y persiste el histórico.	Todo el flujo transaccional queda registrado en CARGAS_BIL038 para auditoría.
Refresco de vistas materializadas	El procedimiento SP_REFRESCAR_DATOS_INSPECTOR precalcula las cuentas con anomalía.	Las vistas MV_CONSUMO_BAJO_3 MESES y MV_CUENTAS_INSPECTOR sostienen las consultas paginadas del módulo de revisión.
Dashboard analítico web	El Jefe de Sección consulta los consumos con filtros geográficos, tarifarios y de desviación.	La vista unifica indicadores, códigos de color y exportaciones sin depender de Excel.
Asignación centralizada de zonas	Selector jerárquico por provincia, cantón y parroquia.	Cada asignación se persiste en CUENTAS_ASIGNADAS con fecha y usuario.
Generación automática del reporte	El sistema produce archivos Excel, GPX y PDF a partir de las cuentas seleccionadas.	Los archivos GPX alimentan directamente los dispositivos GPS del inspector.
Cierre y trazabilidad	El cierre del reporte se registra en REPORTEES con el resultado cuenta por cuenta.	Permite reportería histórica por inspector, zona y período.

El paso al subsistema centralizó la información en un repositorio propio, eliminó los pasos de manipulación manual de archivos intermedios y reubicó la actividad del personal de la Sección de Pérdidas en la revisión de resultados en lugar de la generación operativa de los reportes.

3.2 Sistema SAP

SAP (Systems, Applications and Products) es un software ERP que integra contabilidad, producción, recursos humanos y distribución [3]. En Ecuador opera en

sectores como energía, banca y manufactura [19]. Su arquitectura modular admite escalabilidad y adaptación a procesos diversos.

La EEASA opera dos plataformas SAP integradas. SAP CIS/CRM es la plataforma original contratada con SAP, que administra la información de clientes, la facturación y los consumos energéticos mensuales de la zona de concesión, y produce mensualmente el reporte BIL038. SAP ISU/CRM es una plataforma desarrollada por una empresa externa, donde la EEASA ejecuta sus procesos comerciales y operativos. El subsistema de esta tesis se construyó como un módulo dentro de SAP ISU/CRM.

La conexión entre las dos plataformas es por archivo. El operador descarga mensualmente el reporte BIL038 desde SAP CIS/CRM y lo sube al subsistema en SAP ISU/CRM, que ejecuta el ETL y el análisis. El subsistema no accede directamente a la base de datos de CIS/CRM, condición que respeta las políticas de acceso del área de infraestructura. En estos términos, la integración con SAP ISU/CRM planteada en el objetivo general corresponde a una integración operativa, materializada mediante los archivos BIL038 exportados desde SAP CIS/CRM y procesados dentro del entorno SAP ISU/CRM, y no a una conexión directa entre bases de datos.

3.2.1 Arquitectura SAP

Las plataformas SAP se despliegan sobre tres niveles, presentación, lógica de negocio y datos. La base de datos certificada es Oracle Database y el servidor de aplicaciones es Oracle WebLogic, condiciones que sostienen los procesos críticos del ERP [3].

3.2.2 SAP CIS/CRM y SAP ISU/CRM

SAP CIS/CRM (Customer Information System / Customer Relationship Management) administra los datos maestros del cliente, la atención comercial y la facturación. Cada mes consolida los consumos de los últimos doce meses por cuenta y produce el reporte BIL038, archivo que es la única entrada del subsistema de esta tesis.

SAP ISU/CRM aloja los procesos comerciales y operativos extendidos de la EEASA, fue desarrollado por una empresa externa y opera sobre una infraestructura distinta

a la de CIS/CRM. El subsistema de control de pérdidas se desplegó como un módulo adicional dentro de SAP ISU/CRM, lo que evitó conectar el subsistema a los módulos transaccionales de CIS/CRM y respetó las políticas de acceso del área de infraestructura.

3.2.3 Gestor de base de datos

SAP ISU/CRM utiliza Oracle Database como base, en una instancia independiente de la que sostiene a SAP CIS/CRM. Oracle soporta arquitectura multitenant y planifica las consultas de forma automática, condiciones útiles para los volúmenes del sector eléctrico [24]. La EEASA estandarizó Oracle como motor único en todos sus sistemas, aprovechando la licencia ya vigente.

Sobre el esquema ESQUEMA_PRINCIPAL de la base de ISU/CRM se crearon las tablas del módulo de control de pérdidas (DC_PER_*), las vistas materializadas y los procedimientos almacenados del ETL, detallados en la sección 3.3.

3.2.4 Apache Maven

Apache Maven es la herramienta de construcción y manejo de dependencias para proyectos Java [19]. En el subsistema administra las bibliotecas del backend Java EE (JAX-RS, EJB 3.2, JDBC, JWT Auth0) y produce el WAR que se despliega en WebLogic. Maven opera solo en los módulos de SAP ISU/CRM y replica el estándar del departamento de sistemas de la EEASA.

3.2.5 Oracle WebLogic

Oracle WebLogic Server es el servidor Java EE de SAP ISU/CRM, infraestructura distinta a la de SAP CIS/CRM. Implementa Java EE, administra las conexiones a Oracle Database y permite despliegues en caliente [3]. El subsistema de control de pérdidas se publicó como módulo adicional de ISU/CRM, accesible desde el dominio institucional y autenticado mediante JWT.

3.3 Diseño de la arquitectura del subsistema

3.3.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura del subsistema se organizó en tres capas, presentación, lógica y datos, sobre el patrón estándar de aplicaciones Java EE [19], [25]. El Data Warehouse de la capa de datos se diseñó con la metodología Hefesto [26]. Sus cuatro fases (análisis de requerimientos, análisis de los OLTP, modelo lógico e integración de datos) ordenan las subsecciones 3.3.2 a 3.3.14. La Figura 4 muestra el diseño.



Figura 4. Arquitectura del subsistema web de BI Operacional

La arquitectura operó sobre cuatro mecanismos transversales que este capítulo desarrolla en detalle más adelante. La comunicación entre la interfaz Angular y la capa Java EE se resolvió con servicios REST sobre HTTPS, descritos en la sección 3.4.12, mientras que el acceso a Oracle se canalizó por JDBC. La seguridad combinó la autenticación por token JWT y un filtro de origen cruzado por lista blanca, ambos tratados en la sección 3.4.13. El manejo de errores recayó en el control transaccional del proceso ETL, que revierte la carga completa ante cualquier fallo y registra el detalle en las tablas de bitácora descritas en la sección 3.4.11.

El despliegue sobre Oracle WebLogic 14c, con la configuración del entorno de producción, se documenta en la sección 3.6.1.

3.3.2 Identificación de preguntas de negocio

Las preguntas de negocio salieron de la entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y de la ficha de observación aplicada al proceso manual. De esas dos fuentes resultaron cinco preguntas que cubren los módulos del subsistema. La Tabla 9 las recoge.

Tabla 9. Preguntas de negocio para el control de pérdidas no técnicas

Nº	Pregunta de negocio
P1	¿Qué cuentas-contrato registran una desviación de consumo superior al umbral configurable frente al promedio móvil de los últimos doce meses, por período y zona geográfica?
P2	¿Cuántas cuentas mantienen consumo bajo durante tres meses consecutivos, agrupadas por tarifa e inspector asignado?
P3	¿Cuántas cuentas anómalas se detectaron por provincia, cantón y parroquia en un período dado?
P4	¿Cuántos reportes de inspección abrió y cerró cada inspector por zona y período?
P5	¿Cómo varía el consumo mensual agregado por categoría tarifaria a lo largo del histórico cargado?

3.3.3 Identificación de indicadores y perspectivas

Cada pregunta se separó en los indicadores numéricos que la respondían y en las perspectivas que enmarcaban el análisis. La Tabla 10 consolida la descomposición.

Tabla 10. Indicadores y perspectivas derivados de las preguntas de negocio

Pregunta	Indicadores	Perspectivas
P1	Consumo actual (kWh), Promedio 12m (kWh), Desviación absoluta (kWh), Desviación porcentual (%)	Tiempo, Cuenta, Geografía
P2	Nº cuentas con consumo repetido bajo, Valor máximo del trío	Cuenta, Tarifa, Inspector
P3	Nº cuentas anómalas	Tiempo, Geografía
P4	Nº reportes generados, Nº reportes cerrados	Tiempo, Inspector, Geografía
P5	Consumo agregado (kWh)	Tiempo, Tarifa

El ejercicio dejó seis indicadores y seis perspectivas, base del modelo dimensional posterior.

3.3.4 Modelo conceptual

El modelo conceptual ordenó los indicadores y las perspectivas alrededor de la relación central del proceso [26]. En el subsistema, esa relación se llamó *Revisión de consumo*, porque ahí confluyeron las seis perspectivas para producir los indicadores que necesitaba la Sección de Pérdidas. La Figura 5 presenta el modelo.

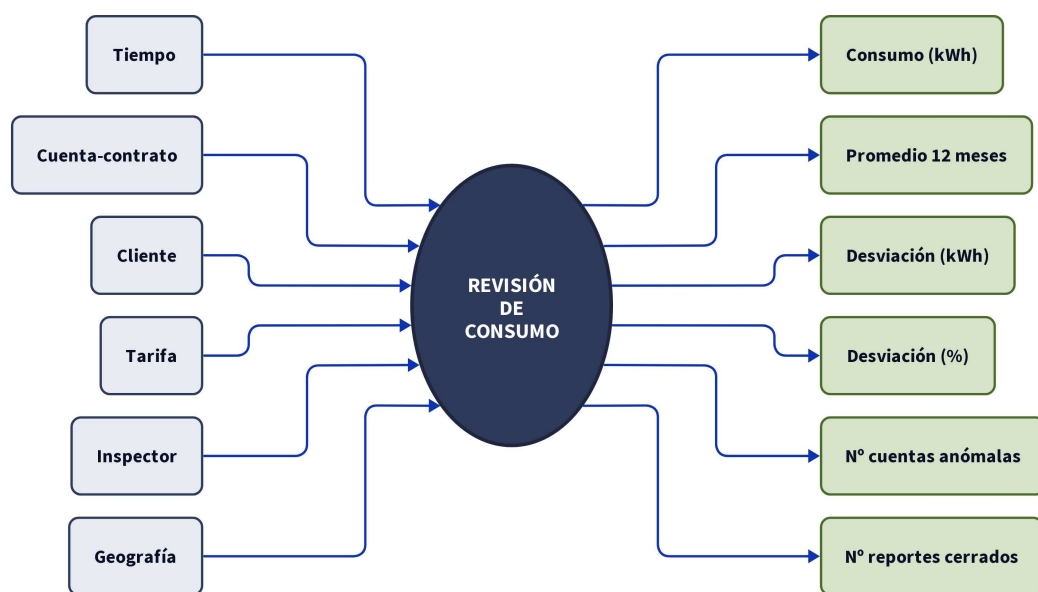


Figura 5. Modelo conceptual del Data Warehouse: perspectivas, relación e indicadores

3.3.5 Hechos e indicadores

Cada indicador se definió por el hecho que lo alimentaba y la función de agregación aplicada. La Tabla 11 reúne las fórmulas, todas evaluadas sobre CONSUMO_VERTICAL y sus estructuras asociadas.

Tabla 11. Definición de hechos, fórmula y función de agregación por indicador

Indicador	Hecho y fórmula	Agregación
Consumo (kWh)	CONSUMO_KWH del período analizado	SUM
Promedio 12 m	CONSUMO_KWH de los 12 períodos previos con lectura válida	AVG
Desviación (kWh)	Consumo actual menos Promedio 12 m	derivado
Desviación porcentual	(Desviación kWh / Promedio 12 m) por 100	derivado
Nº cuentas anómalas	Cuentas cuya desviación absoluta supera el umbral o aparecen en MV_CONSUMO_BAJO_3MESES	COUNT
Nº reportes cerrados	REPORTES.ID con ESTADO = 'COMPLETADO'	COUNT

3.3.6 Mapeo con las fuentes operacionales

El mapeo conectó cada elemento del modelo conceptual con las tablas del OLTP Oracle que alimentaron el pipeline ETL. La fuente principal fue el archivo BIL038 exportado desde SAP CIS/CRM, sumado al catastro comercial y al catálogo de tarifas. La Figura 6 grafica la correspondencia y la Tabla 12 detalla el campo fuente de cada elemento.

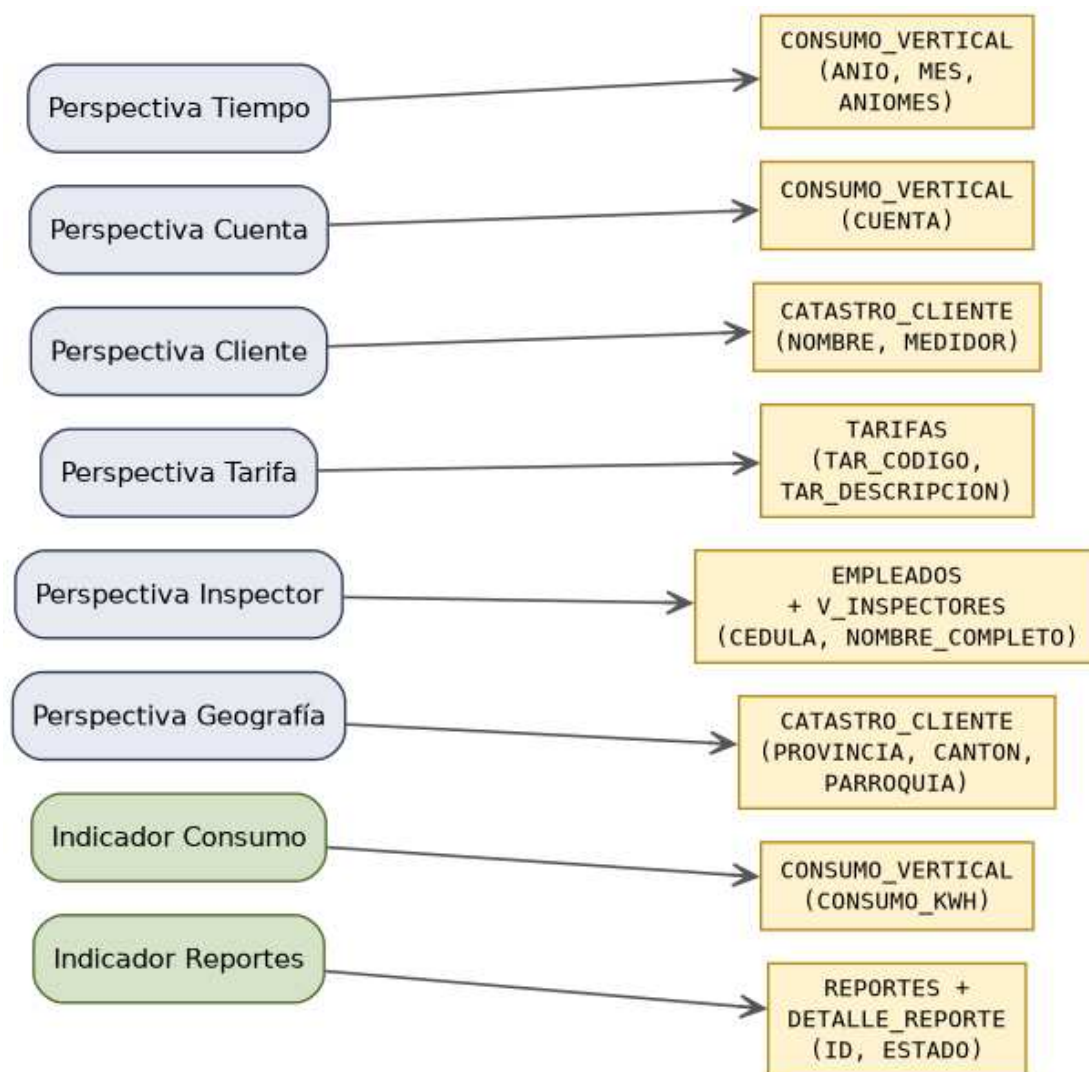


Figura 6. Mapeo entre elementos del modelo conceptual y fuentes OLTP de la EEASA

Tabla 12. Mapeo detallado de campos operacionales por perspectiva e indicador

Elemento conceptual	Tabla fuente	Campos seleccionados
Tiempo	CONSUMO_VERTICAL	ANIMES, ANIO, MES
Cuenta-contrato	CONSUMO_VERTICAL	CUENTA (clave natural)
Cliente	CATASTRO_CLIENTE	CUENTACONTRATO, NOMBRE, MEDIDOR
Tarifa	TARIFAS	TAR_CODIGO, TAR_DESCRIPCION
Inspector	V_INSPECTORES	CEDULA, NOMBRE_COMPLETO, DIVISION
Geografía	CATASTRO_CLIENTE	PROVINCIA, CANTON, PARROQUIA, COORDENADAS
Consumo actual	CONSUMO_VERTICAL	CONSUMO_KWH → SUM por período
Promedio 12 m	CONSUMO_VERTICAL	AVG(CONSUMO_KWH) últimos 12 meses
Nº reportes cerrados	REPORTES	COUNT(ID) WHERE ESTADO = 'COMPLETADO'

El archivo BIL038 quedó como entrada principal del pipeline porque ya tenía formato SAP estándar, consolidó doce meses de consumo por cuenta en una sola exportación y evitó la conexión en tiempo real con el sistema transaccional, restricción impuesta por la infraestructura de la EEASA por motivos de licenciamiento.

3.3.7 Granularidad

La granularidad quedó fijada en *cuenta-contrato por mes calendario*, el detalle más fino que entregaba el archivo BIL038. Con ese grano fue posible reagregar hacia trimestre, año, zona, tarifa o inspector sin pérdida de información. La Tabla 13 lista los campos elegidos para cada perspectiva.

Tabla 13. Campos que determinaron la granularidad del Data Warehouse

Perspectiva	Campos de grano
Tiempo	ANIOMES (YYYYMM), mes, trimestre, año
Cuenta	cuenta_contrato (VKONT)
Cliente	nombre, cédula de identidad, medidor
Tarifa	código, descripción, categoría (residencial, comercial, industrial)
Inspector	cédula, nombre completo, división
Geografía	provincia, cantón, parroquia

3.3.8 Modelo conceptual ampliado

El modelo conceptual ampliado sumó al modelo base los campos de grano de cada perspectiva y las fórmulas de cada indicador. La Figura 7 presenta esa versión enriquecida.

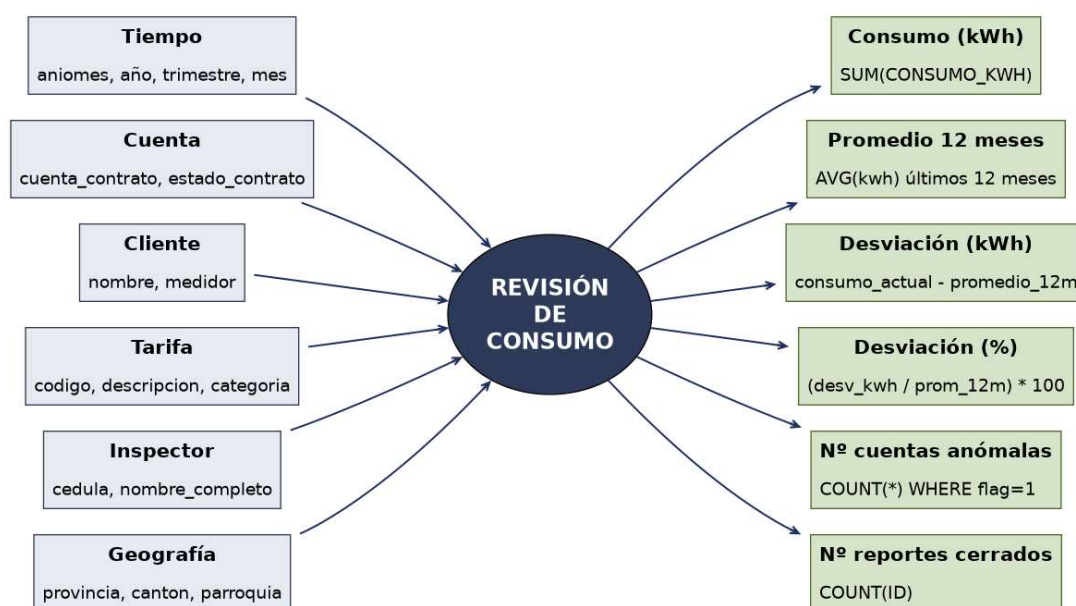


Figura 7. Modelo conceptual ampliado con campos de grano y fórmulas de cada indicador

3.3.9 Tipología del esquema

El esquema seleccionado fue estrella desnormalizado por tres razones operativas. La primera, la consulta de revisión de consumos se ejecutó contra una única tabla

de hechos, CONSUMO_VERTICAL, leída por los dashboards del inspector. La segunda, las seis perspectivas no exigieron jerarquías adicionales que justificaran un copo de nieve. La tercera, el subsistema manejó cerca de tres millones seiscientos mil registros por carga mensual del archivo BIL038. Sobre ese volumen, las paginaciones ágiles de 50 registros que pedían el Jefe de Sección y los inspectores resultaron más rápidas con lectura directa que con uniones múltiples.

3.3.10 Tablas de dimensiones

Cada perspectiva se materializó como una dimensión conformada sobre las tablas que ya existían en el catálogo corporativo de la EEASA. La implementación operó en dos planos. En el plano lógico, cada dimensión conservó su rol analítico completo, con su clave natural y sus atributos descriptivos, que es lo que define el esquema estrella. En el plano físico, ese rol no se almacenó en tablas dim_* nuevas, sino que se resolvió sobre las tablas maestras corporativas ya pobladas por SAP, lo que evitó duplicar datos y conservó la integridad referencial por claves naturales (CUENTACONTRATO, TAR_CODIGO, CEDULA). La perspectiva Tiempo se manejó como dimensión degenerada dentro de la propia tabla de hechos mediante ANIO, MES y ANIOMES. Las dimensiones operaron entonces como dimensiones lógicas conformadas sobre tablas corporativas existentes, no como tablas físicas duplicadas, de modo que el modelo dimensional quedó completo aunque no incorporara tablas dim_* propias. La Tabla 14 consolida la correspondencia.

Tabla 14. Dimensiones conformadas del Data Warehouse de control de pérdidas

Perspectiva	Tabla / Vista física	Clave natural y atributos
Tiempo	CONSUMO_VERTICAL	ANIOMES, ANIO, MES (degenerada en la tabla de hechos)
Cuenta-contrato	CATASTRO_CLIENTE	CUENTACONTRATO (PK), CONTRATO (estado)
Cliente	CATASTRO_CLIENTE	NOMBRE, MEDIDOR, cédula del titular
Tarifa	TARIFAS	TAR_CODIGO (PK), TAR_DESCRIPCION
Inspector	V_INSPECTORES (sobre EMPLEADOS)	CEDULA (PK), PERNR, NOMBRE_COMPLETO
Geografía	CATASTRO_CLIENTE	PROVINCIA, CANTON, PARROQUIA, COORDE- NADAS

Cuenta, Cliente y Geografía se resolvieron sobre la tabla maestra CATASTRO_CLIENTE, ya que las tres perspectivas compartían el grano operativo y cada cuenta-contrato vinculaba un cliente y una ubicación geográfica únicos. La separación lógica entre las tres se mantuvo en consulta con alias y proyecciones distintas en las vistas materializadas, sin duplicar registros.

3.3.11 Tabla de hechos

La tabla de hechos del Data Warehouse se materializó en CONSUMO_VERTICAL para centralizar las mediciones de consumo eléctrico mensual de la relación *Revisión de consumo*. La clave primaria compuesta (CUENTA, ANIOMES) fijó el grano en cuenta-contrato por mes calendario y conservó la correspondencia natural con las cuentas del catastro corporativo. La Tabla 15 presenta los campos almacenados.

Tabla 15. Estructura de la tabla de hechos CONSUMO_VERTICAL

Campo	Tipo	Descripción
CUENTA	VARCHAR2(20)	Cuenta-contrato (clave natural, parte de la PK)
ANIOMES	NUMBER(6)	Período en formato YYYYMM (parte de la PK)
ANIO, MES	NUMBER(4), NUMBER(2)	Año y mes derivados del período
CONSUMO_KWH	NUMBER(18,4)	Consumo facturado del período en kWh
FACTOR_MULTI	NUMBER(18,4)	Factor multiplicador aplicado por SAP CIS/CRM
ESTADO_CONTRATO	VARCHAR2(50)	Estado del contrato en el período (Activo / Inactivo)
ES_CONSUMO_REAL	CHAR(1)	‘Y’ si la lectura proviene del archivo, ‘N’ para meses sin dato
CONSUMO_ID	NUMBER	FK hacia CONSUMO_HORIZONTAL
ORIGEN_ANIOMES	NUMBER(6)	Período del archivo BIL038 que entregó la medición
CREADO_AT / ACTUALIZADO_AT	DATE	Trazabilidad temporal de la fila

Los indicadores derivados, desviación absoluta, porcentaje y bandera de anomalía, no se persistieron en la tabla de hechos porque dependieron de parámetros configurables en cada consulta como el umbral, el año de referencia y el mes de corte. Estos cálculos se ejecutaron en el procedimiento SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO sobre el CTE PRE_CALC y se materializaron en CACHE_CALCULOS para los promedios anuales precomputados. Los seis indicadores numéricos identificados en la Sección 3.3.3 se obtuvieron por agregación o cálculo dinámico sobre estos campos. La Tabla 16 mapea cada indicador con la estructura que lo computa.

Tabla 16. Implementación física de cada indicador

Indicador	Implementación
Consumo (kWh)	Lectura directa de CONSUMO_KWH
Promedio 12 m	Cálculo AVG sobre los 12 períodos previos en el CTE CALC_REFERENCIA, promedio anual cacheado en CACHE_CALCULOS
Desviación (kWh)	CONSUMO_ACTUAL_FILTRADO-PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD en el CTE CALC_DINAMICO
Desviación porcentual	(DIFERENCIA_KWH/PROMEDIO_REF)*100 en el CTE CALC_DINAMICO
Cuentas anómalas	Cuentas reportadas por SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO y por MV_CONSUMO_BAJO_3MESES
Reportes cerrados	COUNT(ID) sobre REPORTE con ESTADO = 'COMPLETADO'

3.3.12 Uniones y esquema estrella

La tabla de hechos se unió a las dimensiones por claves naturales. CUENTA cruzó con CUENTACONTRATO del catastro, TARIFA con TAR_CODIGO y la cédula del inspector con V_INSPECTORES. Esta estrategia evitó claves subrogadas y permitió que MV_CUENTAS_INSPECTOR resolviera los joins en una sola estructura precalculada. La Figura 8 presenta el esquema estrella resultante.

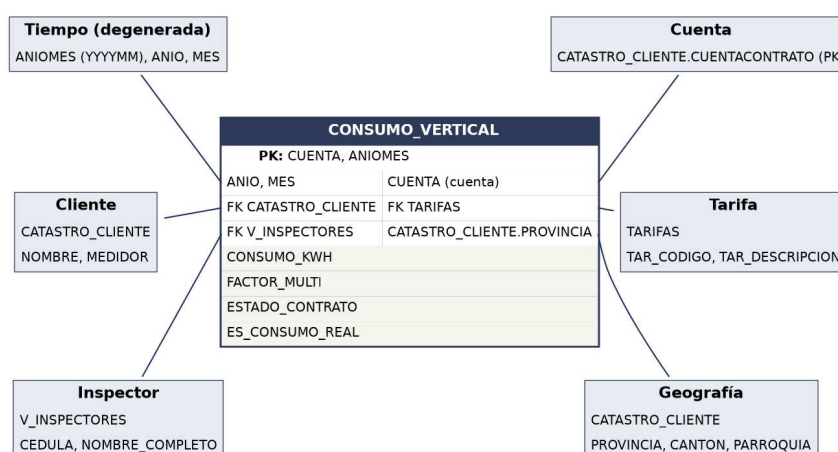


Figura 8. Esquema estrella del Data Warehouse de control de pérdidas

3.3.13 Carga inicial

La carga inicial pobló el Data Warehouse con la primera versión del archivo BIL038. El procedimiento SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 atendió las tres tareas previstas por Hefesto para esta fase [26], calidad de datos, secuencia de carga y proceso ETL.

Tres reglas gobernaron la calidad de datos. Los meses sin lectura se conservaron como filas con CONSUMO_KWH nulo y bandera ES_CONSUMO_REAL='N', lo que distinguió un mes sin medición de un mes con consumo cero. Los valores fuera de rango quedaron filtrados por el umbral P_UMBRAL_CONSUMO_EXCL, parámetro del CTE CONSUMO_FILTRADO que evitó la contaminación del promedio de referencia. Para la integridad referencial, cada cuenta del archivo se cruzó contra el catastro corporativo antes de la inserción y el período ANIOMES se controló como mes único por carga.

La secuencia de carga siguió el orden propio del esquema estrella, primero las dimensiones y después la tabla de hechos. Las dimensiones CATASTRO_CLIENTE, TARIFAS y V_INSPECTORES ya estaban pobladas por SAP CIS/CRM como tablas maestras del catálogo corporativo. La carga del subsistema se concentró entonces en la tabla de hechos CONSUMO_VERTICAL y en las estructuras auxiliares de staging CONSUMO_HORIZONTAL, CARGAS_BIL038 y CARGA_CUENTAS_TRACKING.

El proceso ETL ejecutó las tres etapas sobre la tabla de hechos. La extracción reutilizó el procedimiento institucional que descarga el archivo BIL038 desde SAP CIS/CRM. La transformación aplicó UNPIVOT INCLUDE NULLS sobre las doce columnas mensuales KWH_M1 a KWH_M12 para producir el formato vertical y actualizó el estado del contrato a Activo o Inactivo según el archivo más reciente. La carga guardó los registros en CONSUMO_VERTICAL con MERGE y PARALLEL DML, y refrescó las vistas materializadas MV_CONSUMO_BAJO_3MESES, MV_CUENTAS_INSPECTOR y MV_TARIFAS_VIGENTES a través de SP_REFRESCAR_DATOS_INSPECTOR. La Figura 9 sitúa el ETL dentro del flujo BI completo, desde las fuentes corporativas hasta la entrega de tableros y reportes a los usuarios finales.

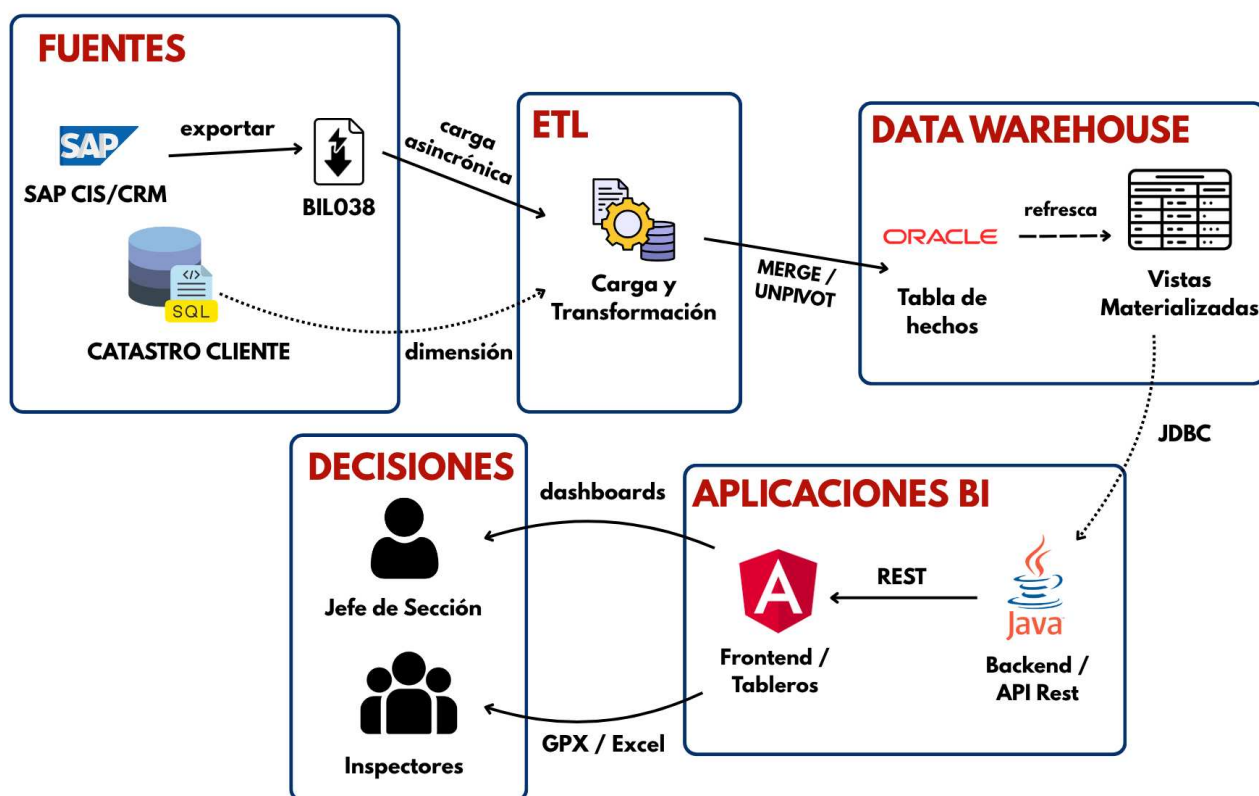


Figura 9. Arquitectura BI Operacional aplicada al control de pérdidas, fuentes, ETL, Data Warehouse, aplicaciones BI y toma de decisiones

3.3.14 Actualización

El Data Warehouse se actualizó cada mes con la entrega del archivo BIL038, al cierre del ciclo de facturación. Cada archivo nuevo ejecutó el procedimiento de carga con el período correspondiente.

Las dimensiones del catastro, tarifas e inspectores no requirieron mantenimiento, ya que seguían el calendario de SAP CIS/CRM. La perspectiva Tiempo tampoco demandó recarga, porque vivía dentro de la propia tabla de hechos. La tabla de hechos insertó el período nuevo y refrescó los meses ya existentes en una sola operación, lo que mantuvo una fila única por cuenta y período. Las cuentas que dejaron de aparecer en el último archivo pasaron a estado inactivo, sin borrar la historia.

Las vistas materializadas se refrescaron en segundo plano para no bloquear al usuario. La tabla de cálculos previos se actualizó solo sobre las cuentas afectadas por la nueva

carga, lo que evitó recalcular promedios anuales sobre las trescientas mil cuentas completas. Cada ejecución quedó registrada en las tablas de control de cargas, con identificador único de proceso para permitir la reversión.

3.4 Desarrollo del subsistema

3.4.1 Matriz de selección metodológica

El marco metodológico del Data Warehouse se construyó tomando como referencia el estudio comparativo de Silva Peñafiel et al. [16], publicado en la revista ecuatoriana Ciencia Digital. Las nueve características de comparación y la escala Likert de tres niveles (1 = Baja, 2 = Media, 3 = Alta) provienen de ese estudio, que las derivó de los parámetros de análisis, diseño, construcción e implementación de un Data Warehouse y evaluó con ellos Kimball, Hefesto 2.0 y SAS Rapid Data Warehouse Methodology. Recurrir a una matriz comparativa para elegir la metodología es coherente con revisiones recientes del campo, que coinciden en que ninguna metodología es universalmente superior y en que la elección depende del contexto del proyecto [27], [28]. La matriz no constituye una valoración propia del autor, sino la reproducción de los resultados publicados por la fuente, adoptados por su pertinencia con un proyecto BI unipersonal. La Tabla 17 reproduce esos resultados.

Tabla 17. Comparativa de características metodológicas, Kimball, Hefesto y SAS Rapid

Característica	Kimball	Hefesto	SAS
Adaptable sobre cualquier metodología	3	3	3
Afinidad con el sistema actual	3	3	3
Comunicación con el cliente	3	3	2
Tamaño del proyecto	2	3	2
Tiempo en análisis y diseño	1	3	1
Tiempo en construcción	1	3	2
Fácil entendimiento para principiantes	1	3	1
Documentación precisa	3	3	2
Difusión en el contexto iberoamericano	1	3	1
Total	18	27	17

Hefesto obtuvo 27 sobre 27, con nivel Alto en las nueve características. Kimball alcanzó 18 puntos y SAS Rapid 17. El noveno criterio, que la fuente denomina “más usada en el mundo”, se presenta aquí como “difusión en el contexto iberoamericano”, porque el estudio de Silva Peñafiel et al. se circunscribe a ese ámbito, donde Hefesto registra amplia adopción. Esa matización es necesaria, ya que las revisiones sistemáticas del sector corporativo ubican a Kimball como la metodología más utilizada a escala global. Necochea-Chamorro y Larrea-Goycochea [29] la encontraron como la más frecuente entre los estudios revisados, y Perales-Domínguez et al. [27] la describen como una de las más utilizadas y recomendadas. De ahí que el ciclo de vida de Kimball se conservara como marco del proceso BI completo. Silva Peñafiel et al. [16] atribuyen la ventaja de Hefesto al menor tiempo en análisis, diseño y construcción y a la facilidad de comprensión en un proyecto BI nuevo, condiciones que coinciden con un investigador unipersonal y el plazo del cronograma de titulación. Guerrero García y Rodas-Silva [13] respaldan la elección de Kimball frente a Inmon en proyectos pequeños, con ventaja en tiempo de implementación, costos y facilidad de uso. Por esas razones, Hefesto se adoptó para el diseño dimensional del Data Warehouse, con sus cuatro fases documentadas en aplicaciones recientes [26], y Kimball para el ciclo de vida BI completo con sus tres pistas paralelas tecnológica, de datos y de aplicaciones BI [18], [30].

3.4.2 Combinación de metodologías Kimball y Hefesto

La metodología Kimball organizó el desarrollo en tres pistas paralelas que convergen en el despliegue, la pista tecnológica, la pista de datos y la pista de aplicaciones BI [18], [30]. Se eligió sobre Inmon porque Kimball cubre tanto el procesamiento ETL como la construcción de las aplicaciones de visualización, mientras que las otras dos cubren solo uno de los dos lados [24]. La Figura 10 muestra el ciclo de vida Kimball completo con las cuatro fases de Hefesto alineadas debajo. Hefesto F1 Análisis de requerimientos se sitúa bajo la casilla Kimball de Definición de requerimientos del negocio, F2 Análisis de los OLTP bajo Modelado dimensional, F3 Modelo lógico del DW bajo Diseño físico y F4 Integración de datos bajo Diseño y desarrollo del ETL. Las líneas discontinuas marcan esa correspondencia, según la secuencia de fases reportada por Silva Peñafiel et al. [16] y verificada en aplicaciones recientes de Hefesto [26].

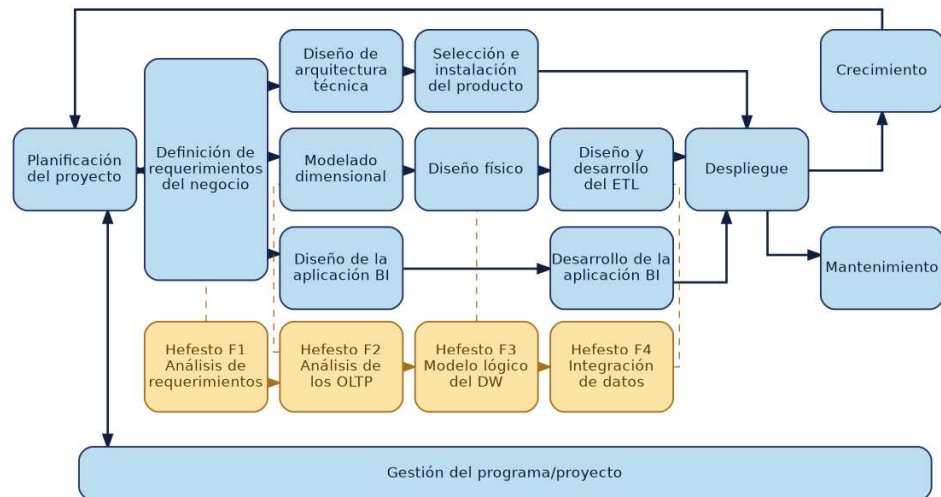


Figura 10. Kimball DW/BI Lifecycle aplicado al subsistema con las cuatro fases de Hefesto alineadas con la captura de requerimientos y la pista de datos

Las tres pistas de Kimball cubrieron toda la fase de construcción documentada en las subsecciones de la sección 3.4. La Tabla 18 resume cada pista y las secciones donde se documentó.

Tabla 18. Pistas de la metodología Kimball aplicadas al proyecto

Pista Kimball	Implementación en el subsistema	Sección
Pista tecnológica	Oracle Database, WebLogic, VPN institucional, Java EE, Angular y herramientas de soporte	3.4.5, 3.4.6
Pista de datos	Proceso ETL con procedimientos almacenados, vistas materializadas y carga incremental	3.4.10, 3.4.11
Pista de aplicaciones BI	Siete módulos web Angular, tableros, reportes Excel, GPX y PDF, módulo de inspección y panel de indicadores	3.4.12

Hefesto entró como complemento dentro de la pista de datos. Sus cuatro fases cubrieron el modelado dimensional desde la captura de requerimientos hasta el diseño físico, donde Kimball solo aporta lineamientos generales. La Tabla 19 resume las fases y las secciones donde se documentan sus entregables.

Tabla 19. Fases de Hefesto y secciones del capítulo donde se documentan

Fase Hefesto	Entregables	Sección
F1. Análisis de requerimientos	Preguntas de negocio, indicadores y perspectivas, modelo conceptual	3.3.2 a 3.3.4
F2. Análisis de los OLTP	Hechos e indicadores, mapeo de fuentes, granularidad, modelo conceptual ampliado	3.3.5 a 3.3.8
F3. Modelo lógico del DW	Tipología del esquema, tablas de dimensiones, tabla de hechos, uniones y esquema estrella	3.3.9 a 3.3.12
F4. Integración de datos	Diseño del proceso ETL, carga inicial y actualización incremental	3.3.13 a 3.3.14

3.4.3 Selección de Kanban como metodología de gestión

Kimball cubre el diseño dimensional, el ETL y la estructura de datos, pero no indica cómo gestionar el día a día del desarrollo de software. Para las tareas de programación, pruebas e integración se requirió una metodología de gestión adicional.

Se compararon tres metodologías ágiles de amplio uso en sistemas de información, Scrum, Programación Extrema (XP) y Kanban, según cinco criterios técnicos de gestión del trabajo, el enfoque de entrega, la gestión del tiempo, los roles definidos, la adaptabilidad y el contexto idóneo de aplicación. La Tabla 20 resume la comparación.

Tabla 20. Comparativa de metodologías ágiles de desarrollo de software

Criterio	Scrum	XP	Kanban
Enfoque	Entrega por sprints de duración fija (de 1 a 4 semanas)	Entrega continua con énfasis en calidad técnica y programación en pares	Flujo continuo de tareas con visualización del trabajo en progreso
Gestión del tiempo	Sprints fijos con planificación y retrospectiva obligatorias	Iteraciones cortas sin ciclos estrictos	Sin iteraciones fijas, las tareas avanzan según capacidad disponible
Roles definidos	Product Owner, Scrum Master, equipo de desarrollo (mínimo 3 personas)	Cliente, programador, tester, coach	No define roles formales
Adaptabilidad	Media, cambios al inicio del siguiente sprint	Alta, replanificación dentro de la iteración	Muy alta, cambios de prioridad inmediatos
Ideal para	Equipos de 5 a 9 personas con requisitos semi-estables	Equipos de 2 o más desarrolladores con alta complejidad técnica	Proyectos con un solo desarrollador o equipos pequeños

Kanban se seleccionó frente a Scrum y XP según cuatro criterios técnicos. Por el tamaño del equipo, conformado por una sola persona, quedaron descartados los roles formales de Scrum, esto es, Product Owner, Scrum Master y equipo de desarrollo, y la programación en pares de XP, que requieren tres o más participantes. Por la gestión del tiempo, los sprints de duración fija no aportaron valor, dado que las ceremonias de planificación y retrospectiva carecen de sentido en un equipo unipersonal, mientras que el flujo continuo de Kanban se ajustó a una sola persona. Por la adaptabilidad, ese flujo permitió repriorizar las tareas según la disponibilidad del investigador y los tiempos de retroalimentación del Jefe de Sección de Pérdidas. Por el ajuste institucional, la EEASA ya operaba tableros Kanban en el área de desarrollo de sistemas satélite SAP, lo que reutilizó un lenguaje visual conocido para el seguimiento [31]. La selección se respaldó además en evidencia del sector. El State of Kanban Report 2022 halló que el 87 % de los usuarios considera a Kanban más efectivo que otros métodos y que el 86 % planeaba ampliar su uso, con Latinoamérica como la región de mayor participación [32]. En el sector de

tecnologías de la información del Ecuador, Scrum y Kanban favorecen la calidad y la velocidad de entrega, aunque su adopción estructurada todavía es limitada [33]. En la región, el Informe de Agilidad en Latam 2024, levantado con participantes de Colombia, México, Perú, Ecuador, Chile y Argentina, ubicó a Kanban como el segundo marco de trabajo más utilizado, con el 19 % de los equipos, detrás de Scrum [34]. La Figura 11 muestra esa distribución de marcos en Latinoamérica.

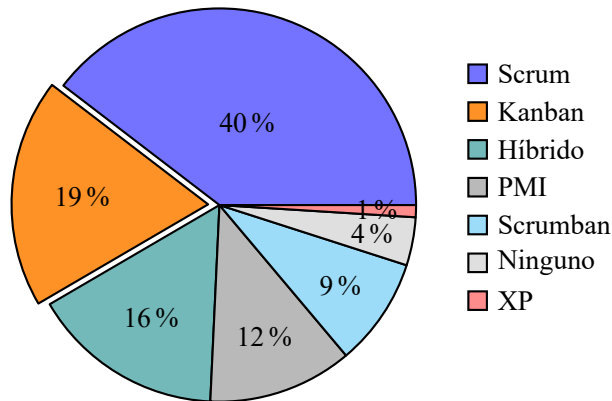


Figura 11. Marcos de trabajo ágiles utilizados en Latinoamérica según el Informe de Agilidad en Latam 2024 [34]

3.4.4 Aplicación de Kanban al desarrollo del subsistema

El tablero del proyecto se organizó en cuatro columnas que correspondieron al ciclo de cada historia de usuario (HU), Pendiente, En Progreso, En Pruebas y Completado [31]. La columna Pendiente recibió el listado priorizado de la Tabla 28. Por tratarse de un equipo unipersonal, se fijó un límite de trabajo en progreso (Work In Progress, WIP) de una tarjeta en la columna En Progreso y de dos en En Pruebas, lo que obligó a terminar cada historia antes de iniciar la siguiente y evitó el trabajo simultáneo disperso. La Figura 12 presenta el esquema del tablero con un estado representativo del flujo durante el desarrollo.

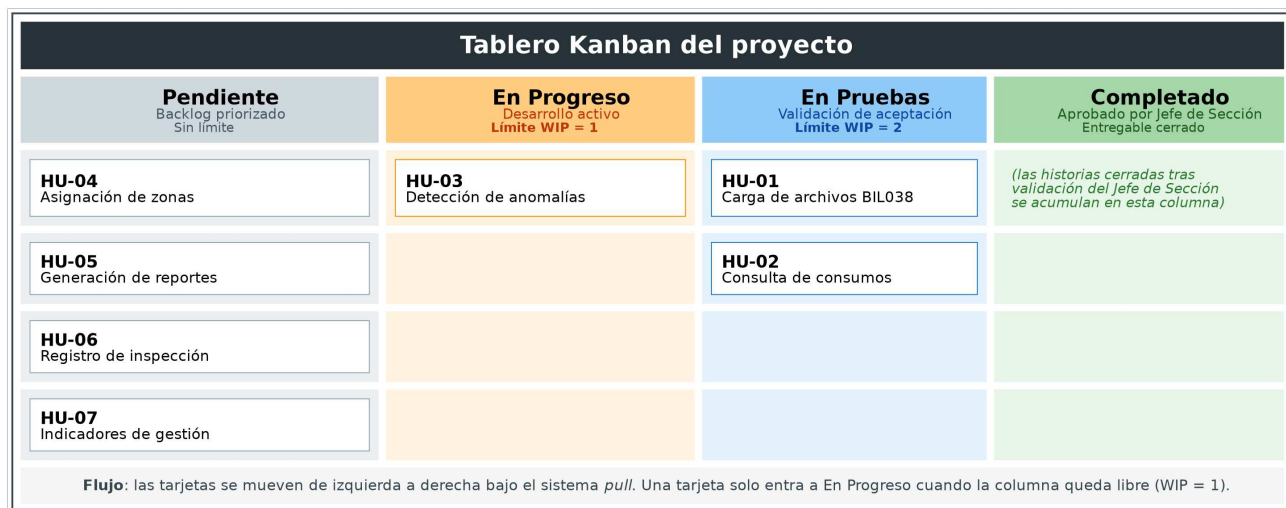


Figura 12. Esquema del tablero Kanban aplicado al subsistema

Las siete historias de usuario se ordenaron según dependencias técnicas y valor operativo para la EEASA, con la mayor prioridad para el proceso ETL del que dependían los demás módulos. Este orden, junto con los límites de WIP, constituyó la planificación del trabajo. Coherente con el flujo continuo de Kanban, el desarrollo no se dividió en sprints de duración fija. Las historias avanzaron de forma continua y se agruparon en dos entregas incrementales delimitadas por puntos de validación con el Jefe de Sección de Pérdidas, cada uno cerrado con una sesión de revisión de los entregables. La Tabla 21 detalla la distribución de las historias por entrega.

Tabla 21. Distribución de historias de usuario por entrega

Entrega	HU	Descripción	Módulo
Entrega 1	HU-01	Carga de archivos BIL038	Pipeline ETL
	HU-02	Consulta de consumos con filtros geográficos	Revisión de consumos
	HU-03	Detección de anomalías de consumo	Detección de anomalías
Entrega 2	HU-04	Asignación de zonas a inspectores	Gestión operativa
	HU-05	Generación de reportes de inspección	Reportes
	HU-06	Registro de resultados de inspección	Gestión operativa
	HU-07	KPIs de gestión y tendencias de consumo	Indicadores

El flujo del tablero se midió con las métricas propias del método, cycle time, throughput y cumplimiento del límite WIP [31]. La fuente de las fechas fue el registro

auditable del proyecto, las actas de prueba de aceptación del Anexo C, donde consta la fecha de ejecución en que el Jefe de Sección de Pérdidas validó cada historia. El desarrollo se adelantó al período académico formal. La primera historia se validó el 10 de diciembre de 2025 y la última el 25 de marzo de 2026. Con el límite WIP de una tarjeta en la columna En Progreso el flujo fue estrictamente secuencial, de modo que el intervalo entre validaciones consecutivas aproximó el cycle time de cada historia. La Tabla 22 consolida las fechas y los intervalos.

Tabla 22. Métricas Kanban derivadas de las actas de aceptación del Anexo C

HU	Funcionalidad validada	Validación (acta)	Intervalo (días)
HU-01	Carga de archivos BIL038	10/12/2025	Inicio del flujo
HU-02	Consulta de consumos con filtros avanzados	17/12/2025	7
HU-03	Detección de anomalías de consumo	14/01/2026	28
HU-04	Asignación de zonas a inspectores	11/02/2026	28
HU-05	Generación de reportes de inspección	25/02/2026	14
HU-06	Registro de resultados de inspección	11/03/2026	14
HU-07	KPIs de gestión	25/03/2026	14
Promedio entre validaciones			17,5

El cycle time aproximado promedió 17,5 días por historia. El valor mínimo fue de 7 días en HU-02, que reutilizó la base del ETL ya operativo, y el máximo de 28 días se repitió en HU-03 y HU-04, las historias con mayor complejidad de cálculo y de modelo de datos. El throughput se midió sobre la ventana de validaciones. La entrega 1 cerró sus tres historias el 14 de enero de 2026 y la entrega 2 cerró las cuatro restantes el 25 de marzo de 2026. En el total, las siete historias se validaron en quince semanas, cerca de 0,5 historias por semana. Las validaciones espaciadas y sin solapamiento resultaron consistentes con el límite WIP de una historia en progreso durante todo el flujo. El lead time desde el ingreso de cada tarjeta a la columna Pendiente no se reportó porque el tablero no conservó esa fecha, y la medición se sustentó únicamente en las fechas auditables de las actas.

La Tabla 23 describe los roles de los participantes involucrados en el desarrollo del subsistema.

Tabla 23. Roles de participación en el proyecto

Participante	Responsabilidad
Investigador	Análisis, diseño, desarrollo, pruebas y documentación del subsistema
Jefe de Sección de Pérdidas	Validación de requisitos, retroalimentación por entrega, aprobación de entregables
Inspector de campo	Pruebas de aceptación del módulo de gestión de reportes e inspección
Tutor	Supervisión académica y revisión metodológica del trabajo

3.4.5 Arquitectura técnica DW/BI

La pista tecnológica de Kimball arrancó con el diseño de la arquitectura técnica del Data Warehouse, separada en dos zonas, una zona de datos para la ingeniería interna y una zona de presentación para la entrega analítica al usuario [18]. La zona de datos concentró la extracción del archivo BIL038 desde SAP CIS/CRM, la carga intermedia en una tabla horizontal y la materialización del Data Warehouse en la tabla vertical junto con las dimensiones conformadas. La zona de presentación expuso la API REST sobre Java, el cliente Angular con sus siete módulos web y el acceso del Jefe de Sección y los inspectores. La Figura 13 muestra la separación.

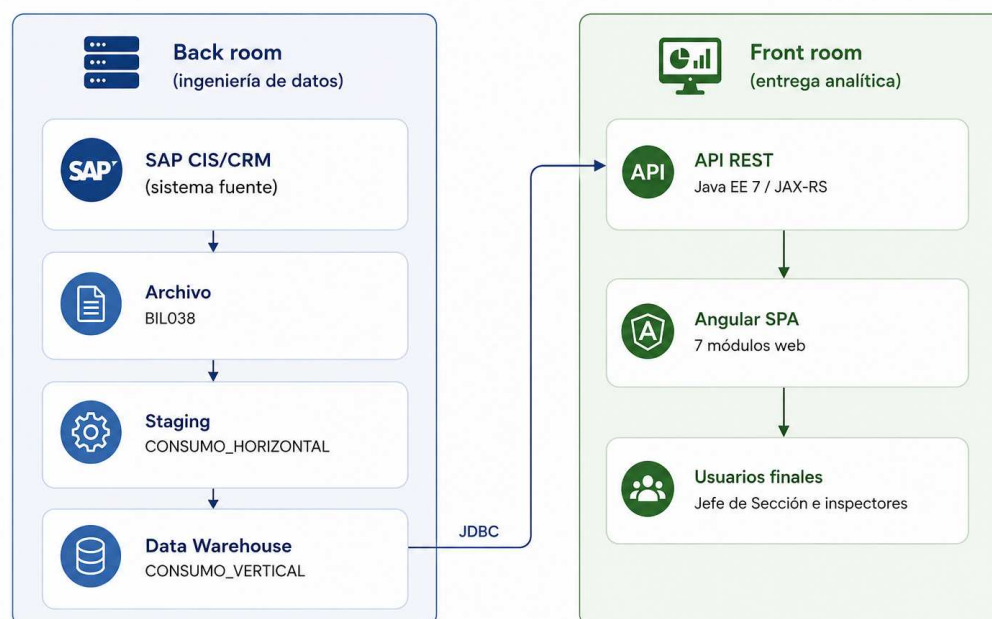


Figura 13. Arquitectura técnica del Data Warehouse separada en zona de datos y zona de presentación

La frontera entre ambas zonas la marcó la conexión JDBC desde la API hacia la base de datos Oracle. Esta separación permitió evolucionar de forma independiente la carga del Data Warehouse y las aplicaciones de consulta sobre el mismo modelo dimensional.

3.4.6 Stack tecnológico institucional

El subsistema se construyó sobre la pila tecnológica estandarizada por la EEASA para sus aplicaciones satélite SAP, definida por el Departamento de Sistemas y aplicada en proyectos previos del mismo ecosistema [3], [19], [35], [36]. La selección no respondió a una comparativa entre alternativas, sino al cumplimiento del estándar institucional, que asegura la integración con los sistemas corporativos, la reutilización de la infraestructura desplegada y la continuidad del soporte operativo del Departamento de Sistemas. La Tabla 24 resume los componentes y su rol en el proyecto.

Tabla 24. Stack tecnológico institucional aplicado al subsistema

Componente	Rol en el subsistema	Tecnología
Interfaz de usuario	Tableros, formularios y consumo de servicios REST	Angular 18 con PrimeNG 17
Servidor de servicios	Lógica de negocio y exposición de API REST	Java EE 7 (JAX-RS, EJB 3.2)
Base de datos	Tablas, vistas materializadas y procedimientos almacenados	Oracle Database
Servidor de aplicaciones	Despliegue del archivo WAR y gestión del ciclo de vida	Oracle WebLogic 14c
Construcción del proyecto	Gestión de dependencias y empaquetado del WAR	Apache Maven
Conector de datos	Acceso desde Java EE al motor Oracle	Oracle JDBC 21
Autenticación	Token de sesión firmado con HMAC-SHA512	JWT con biblioteca Auth0
Bibliotecas de exportación	Generación de archivos Excel y PDF en el cliente	ExcelJS y jsPDF

La pila ya estaba desplegada, documentada y soportada por el equipo de infraestructura tecnológica al inicio del proyecto. La adopción del estándar institucional eliminó la fase de evaluación de alternativas y permitió concentrar el esfuerzo del trabajo en el diseño dimensional del Data Warehouse y en la construcción de los siete módulos web de la pista de aplicaciones BI. La Tabla 25 presenta las herramientas de desarrollo elegidas por el investigador para la construcción del subsistema sobre la pila anterior.

Tabla 25. Herramientas de desarrollo del subsistema

Herramienta	Propósito
NetBeans	Entorno de desarrollo Java EE
Visual Studio Code	Editor para el módulo Angular
Git	Control de versiones del código fuente
Oracle SQL Developer	Administración de la base de datos
Postman	Pruebas manuales de la API REST

3.4.7 Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales se definieron a partir de la entrevista con el Jefe de Sección de Pérdidas y la observación directa del proceso actual. La Tabla 26 presenta los requisitos identificados.

Tabla 26. Requisitos funcionales del subsistema

RF	Prioridad	Descripción
RF-01	Alta	El sistema debe permitir la carga masiva de archivos BIL038 con procesamiento asíncrono
RF-02	Alta	El sistema debe consultar consumos con filtros por provincia, cantón, parroquia y tarifa
RF-03	Alta	El sistema debe calcular la desviación de consumo contra el promedio de 12 meses
RF-04	Alta	El sistema debe detectar cuentas con consumo bajo o nulo durante 3+ meses consecutivos
RF-05	Media	El sistema debe permitir la asignación de zonas geográficas a inspectores
RF-06	Alta	El sistema debe generar reportes de inspección en formato Excel y GPX
RF-07	Media	El sistema debe registrar los resultados de inspección por cuenta
RF-08	Media	El sistema debe presentar KPIs de gestión (cuentas revisadas, pendientes, reportes)
RF-09	Baja	El sistema debe presentar tendencias de consumo por tarifa con gráficos

La Tabla 27 presenta los requisitos no funcionales definidos para el subsistema.

Tabla 27. Requisitos no funcionales del subsistema

RNF	Categoría	Descripción
RNF-01	Seguridad	El acceso al sistema se autentica mediante tokens JWT con expiración configurable
RNF-02	Rendimiento	La consulta de consumos con filtros devuelve resultados paginados de 50 registros sin bloquear la interfaz
RNF-03	Usabilidad	La interfaz fue desarrollada con componentes PrimeNG para garantizar la consistencia visual con los sistemas satélite existentes
RNF-04	Disponibilidad	El subsistema opera sobre la infraestructura de servidores existente de la EEASA con disponibilidad 24/7
RNF-05	Escalabilidad	El procesamiento del archivo BIL038 se ejecuta de forma asíncrona sin bloquear la interfaz, con el tamaño máximo de carga definido como parámetro configurable del servidor

3.4.8 Historias de usuario

Las historias de usuario se construyeron a partir de los requisitos funcionales. La Tabla 28 presenta el listado priorizado de historias.

Tabla 28. Listado priorizado de historias de usuario

HU	Prioridad	Historia de usuario	RF	Entrega
HU-01	1	Cargar archivos de consumo BIL038	RF-01	1
HU-02	2	Consultar consumos con filtros geográficos y tarifarios	RF-02	1
HU-03	3	Visualizar anomalías de consumo con desviación porcentual	RF-03, RF-04	1
HU-04	4	Asignar cuentas a inspectores por zona geográfica	RF-05	2
HU-05	5	Generar reportes de inspección en Excel y GPX	RF-06	2
HU-06	6	Registrar resultados de inspección en campo	RF-07	2
HU-07	7	Consultar KPIs de gestión y tendencias de consumo	RF-08, RF-09	2

Cada historia se redactó bajo el formato *como* rol, *quiero* acción, *para* beneficio, y se le asoció un criterio de aceptación con la estructura *dado* contexto, *cuando* evento, *entonces* resultado esperado. La Tabla 29 reúne las siete historias con su criterio de aceptación.

Tabla 29. Historias de usuario con criterios de aceptación

HU	Historia de usuario	Criterio de aceptación
HU-01	Como administrador, quiero cargar archivos BIL038 con procesamiento en segundo plano, para incorporar el histórico de consumos sin bloquear la interfaz.	Dado un archivo BIL038 válido, cuando el administrador lo sube, entonces el sistema procesa los registros, muestra el progreso por fases y confirma el conteo cargado.
HU-02	Como inspector, quiero consultar los consumos con filtros por provincia, cantón, parroquia y tarifa, para enfocar la revisión en las cuentas de mi zona.	Dado un conjunto de filtros, cuando el usuario ejecuta la consulta, entonces el sistema devuelve únicamente las cuentas que cumplen los criterios, de forma paginada.
HU-03	Como inspector, quiero ver las anomalías con la desviación porcentual frente al promedio de doce meses, para priorizar las cuentas con mayor caída de consumo.	Dado un umbral de desviación configurado, cuando el sistema calcula los indicadores, entonces marca y ordena de forma descendente las cuentas que superan el umbral.
HU-04	Como administrador, quiero asignar zonas geográficas a cada inspector, para distribuir la carga de inspección por territorio.	Dada una parroquia seleccionada, cuando el administrador la asigna a un inspector, entonces las cuentas de esa zona quedan visibles solo para ese inspector.
HU-05	Como inspector, quiero generar reportes de inspección en Excel y GPX, para guiar el trabajo en campo.	Dadas las cuentas seleccionadas, cuando el usuario genera el reporte, entonces el sistema produce el Excel con las columnas definidas y el GPX con las coordenadas de cada cuenta.
HU-06	Como inspector, quiero registrar el resultado de cada cuenta inspeccionada, para cerrar el reporte con trazabilidad.	Dado un reporte con cuentas pendientes, cuando el inspector intenta cerrarlo, entonces el sistema impide el cierre hasta que todas las cuentas tengan un resultado registrado.

Continúa en la siguiente página

HU	Historia de usuario	Criterio de aceptación
HU-07	Como administrador, quiero consultar los KPIs de gestión y las tendencias de consumo, para evaluar el avance frente al histórico.	Dado un período seleccionado, cuando el administrador abre el tablero, entonces el sistema muestra los indicadores acumulados y del mes con sus tendencias.

3.4.9 Bus Matrix de procesos de negocio

La matriz de bus empresarial cruzó los procesos de negocio del control de pérdidas con las seis perspectivas analíticas que los soportaron, según la arquitectura de bus de Kimball [18]. Esas perspectivas se materializaron sobre dimensiones conformadas, reutilizables en futuras tablas de hechos sin construir copias. La Tabla 30 muestra el cruce de procesos y perspectivas del subsistema.

Tabla 30. Matriz de bus empresarial del subsistema de control de pérdidas

Proceso de negocio	Tiempo	Cuenta	Cliente	Tarifa	Inspector	Geografía
Revisión de consumo mensual	X	X	X	X	X	X
Inspección de campo	X	X			X	X
Carga del archivo BIL038	X	X				

Las seis perspectivas analíticas de la matriz se apoyaron en tres dimensiones conformadas físicas, CATASTRO_CLIENTE, TARIFAS y V_INSPECTORES, más la dimensión Tiempo degenerada en la tabla de hechos. Las perspectivas Cuenta, Cliente y Geografía compartieron la tabla CATASTRO_CLIENTE, de modo que la diferencia entre las seis perspectivas y las tres tablas conformadas respondió a la distinción entre la vista analítica y su soporte físico, sin que exista contradicción entre ambas cifras. El cruce de los tres procesos sobre estas dimensiones no exigió duplicar tablas. El proceso de revisión de consumo se asoció a la tabla de hechos vertical. El proceso de inspección de campo se registró en las tablas de reportes y su detalle. El proceso de carga del archivo BIL038 quedó en las tablas de control de cargas y seguimiento de cuentas.

3.4.10 Modelo físico de la base de datos

Convención de nomenclatura. Los identificadores de tablas, vistas, columnas y procedimientos almacenados que se exponen en este capítulo son nombres lógicos que reproducen la estructura semántica del esquema implementado, sin revelar el prefijo corporativo del módulo en producción. Esta convención protege la traza interna de la base de datos de la EEASA y mantiene la legibilidad de los listados sin sacrificar la coherencia con la implementación real, donde el prefijo del esquema agrupa los objetos del subsistema dentro del catálogo institucional.

El esquema físico se desplegó sobre Oracle Database, con un script de permisos para el rol de la aplicación. Las tablas y vistas del módulo de control de pérdidas usaron un prefijo común para diferenciarlas del catálogo corporativo. El modelo llevó a producción el esquema estrella diseñado en la sección 3.3, con tabla de hechos central en formato vertical, dimensiones conformadas y vistas materializadas que precálculan las uniones más costosas. El subsistema manejó más de 300 000 cuentas contrato y unos tres millones seiscientos mil registros por carga mensual. La Tabla 31 consolida las estructuras agrupadas por función. La Figura 14 presenta el diagrama relacional.

Tabla 31. Estructuras del esquema ESQUEMA_PRINCIPAL para el módulo de control de pérdidas

Función	Estructura	Descripción
Proceso ETL	CONSUMO_STAGING	Tabla intermedia con los 12 valores mensuales del BIL038
	CARGAS_BILO38	Registro de cada carga con identificador, usuario, estado y mensajes
	CARGA_CUENTAS_TRACKING	Seguimiento de cuentas afectadas, base del refresco incremental
	PROCESO_LOG	Bitácora de errores y advertencias por cuenta y período
	PROCESO_LOCK	Bloqueo del proceso de carga para evitar ejecuciones simultáneas
	CONSUMO_HORIZONTAL	Una fila por cuenta y las 12 columnas de consumo del archivo más reciente
Tabla de hechos	CONSUMO_VERTICAL	Hechos en formato vertical, una fila por cuenta y mes
Dimensiones conformadas	CATASTRO_CLIENTE	Maestro de clientes con cuenta, medidor, tarifa y ubicación geográfica
	TARIFAS	Catálogo corporativo de tarifas eléctricas
	V_INSPECTORES	Vista sobre la tabla de empleados con cédula y nombre completo
Asignación y reportes	INSPECTOR_TARIFAS	Tarifas autorizadas por inspector
	CUENTAS_ASIGNADAS	Asignación cuenta-inspector con estado (GENERADO, EN REPORTE, REVISADO, RECHAZADO, PENDIENTE)
	REPORTES	Cabecera de reportes con código, inspector, estado y auditoría
	DETALLE_REPORTES	Vínculo entre cada reporte y las cuentas asignadas
	EXPORTACIONES_REPORTES	Registro de exportaciones (Excel, GPX) por reporte
Cálculos previos y estado	SELECCION_CUENTAS	Selección persistente de cuentas antes de generar el reporte
	CACHE_CALCULOS	Promedios anuales por cuenta, refrescados tras cada carga
	ESTADO_CUENTA_RT	Estado de revisión consolidado por cuenta, para consultas en línea
Vistas materializadas	MV_CUENTAS_INSPECTOR	Pre-uni3n de asignaciones, catastro y tarifas por inspector
	MV_CONSUMO_BAJO_3MESES	Cuentas con consumo bajo durante tres meses con lectura v3lida
	MV_TARIFAS_VIGENTES	Tarifas con al menos un consumo registrado

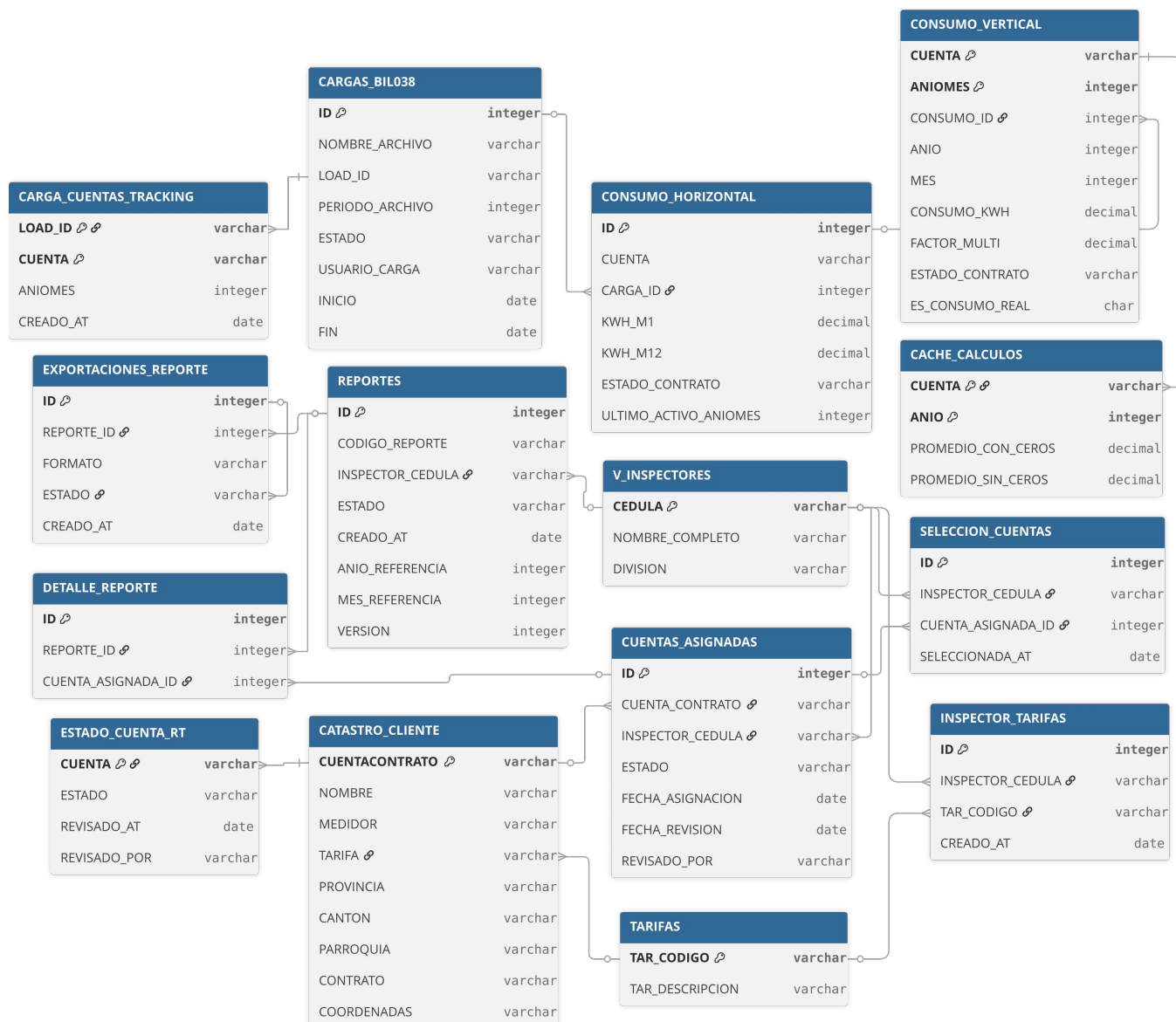


Figura 14. Esquema relacional del módulo de control de pérdidas

Tres vistas materializadas concentraron el costo de las agregaciones más repetidas durante la carga del BIL038. La Figura 15 muestra las columnas que cada vista expone y las tablas fuente que la alimentan.

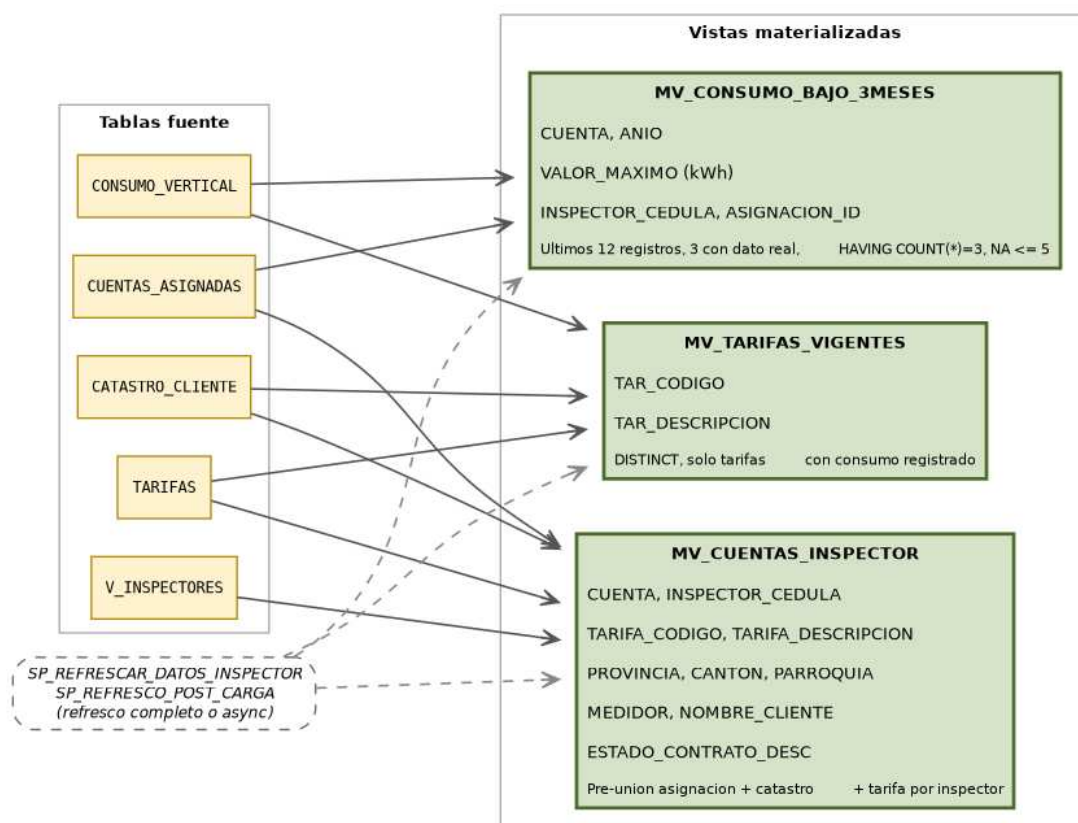


Figura 15. Vistas materializadas que sostienen el módulo de inspectores

La primera vista entregó el valor máximo de consumo de los tres meses más recientes con lectura válida por cuenta, excluyendo las cuentas con más de cinco meses sin dato en los últimos doce. El módulo de revisión la usó como filtro de anomalías. La segunda integró el catastro, la tarifa y la asignación en una sola estructura indexada por cédula de inspector, lo que eliminó las uniones repetidas en las consultas paginadas del tablero. La tercera expuso solo las tarifas con consumo registrado, lo que pobló los selectores de la interfaz sin escanear el catálogo completo.

La tabla de cálculos previos guardó los promedios anuales de consumo por cuenta, con y sin valores en cero, y se refrescó de forma incremental tras cada carga del BIL038. La tabla de estado por cuenta funcionó como índice consolidado del estado de revisión, repoblada tras cada modificación y consultada en línea por la API. Una tabla temporal global sirvió de área de trabajo en sesión durante el cálculo de asignaciones masivas a inspectores, lo que evitó bloqueos entre operaciones simultáneas.

3.4.11 Implementación de la pista de datos, proceso ETL

Kimball y Caserta definen cuatro etapas para el proceso ETL, extracción, limpieza, conformación y entrega [37]. La pista de datos del proyecto cubrió las cuatro etapas adaptadas al contexto de la EEASA.

Extracción de datos

Los datos de consumo se extrajeron desde SAP CIS/CRM mediante archivos de texto delimitados por tabulaciones, conocidos como BIL038. Cada archivo contenía los consumos mensuales en kWh por cuenta contrato, organizados en 12 columnas de consumo, una por mes.

El módulo de carga del subsistema admitió el archivo BIL038 mediante arrastrar y soltar y lo procesó de forma asíncrona, con el tamaño máximo de carga definido como un parámetro configurable del servidor. Los archivos cargados en producción, con cerca de 300 000 cuentas cada uno, correspondieron al volumen mensual real del proceso. El procesamiento se ejecutó en segundo plano y mostró el progreso en cinco fases, validación, carga en base de datos, actualización del histórico, sincronización de cuentas y cierre. La Figura 16 muestra el módulo de carga con el procesamiento asíncrono.

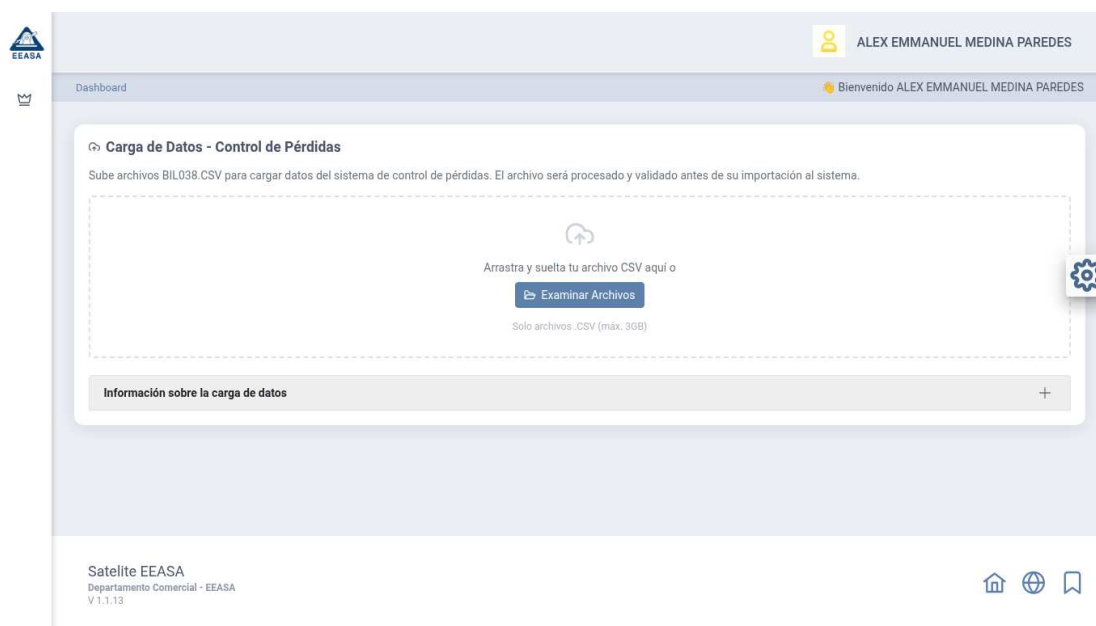


Figura 16. Módulo de carga de archivos BIL038 con procesamiento asíncrono

La Figura 17 presenta el diagrama de secuencia completo del proceso ETL, desde la acción del usuario en la interfaz Angular hasta el refresco de las vistas materializadas en Oracle.

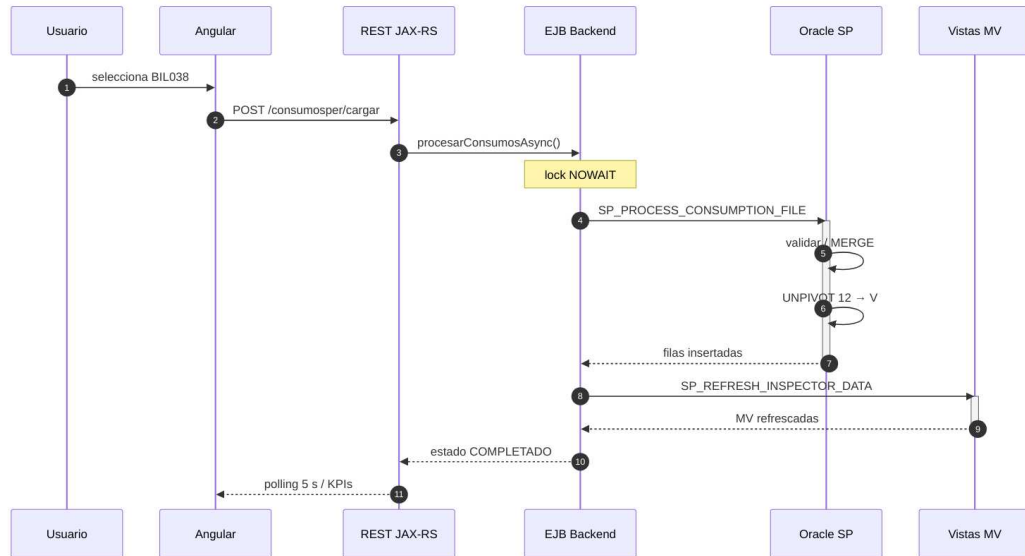


Figura 17. Diagrama de secuencia del flujo ETL completo BIL038

El diagrama mostró las seis interacciones relevantes del proceso, la carga del archivo desde la interfaz Angular, la llamada al servlet /servicios/consumos/subir-ConsumosPer, la ejecución en segundo plano del componente EJB, la toma del bloqueo exclusivo FOR UPDATE NOWAIT, la llamada al procedimiento almacenado SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 con sus sentencias MERGE y UNPIVOT, el encolado del refresco asíncrono de las vistas materializadas a través de SP_REFRESCO_POST_CARGA y el retorno del estado COMPLETADO al navegador, consultado cada cinco segundos.

Transformación de datos

El archivo BIL038 llegó en formato horizontal, una fila por cuenta con doce columnas de consumo de KWH_M1 a KWH_M12. La transformación lo convirtió a formato vertical, una fila por cuenta, año y mes, en la tabla CONSUMO_VERTICAL [15]. Esta forma facilitó las consultas para calcular promedios y desviaciones.

Se crearon tres vistas materializadas en Oracle para guardar precalculados los datos más costosos:

- MV_CUENTAS_INSPECTOR: combinó CUENTAS_ASIGNADAS, CATASTRO_CLIENTE y TARIFAS con la tarifa, los datos del cliente y el estado del contrato por inspector.
- MV_CONSUMO_BAJO_3MESES: cuentas cuyos tres meses más recientes con lectura real registraron consumo bajo y que tuvieron al menos siete meses con lectura en el último año.
- MV_TARIFAS_VIGENTES: tarifas con al menos un consumo registrado en CONSUMO_VERTICAL, usada para llenar los selectores de la interfaz.

Carga y almacenamiento

Los datos transformados se guardaron en Oracle a través del procedimiento SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038. La integración se ejecutó en una sola sentencia MERGE sobre la tabla horizontal y otra MERGE sobre la tabla vertical, con UNPIVOT INCLUDE NULLS para abrir las doce columnas mensuales en filas individuales.

El procedimiento procesó las 300 000 cuentas del archivo en una sola transacción. Si algún paso falló, Oracle revirtió todo y la carga quedó marcada como ERROR en CARGAS_BIL038. Torres et al. [11] reportan que esta forma de carga masiva resulta más rápida que la inserción fila por fila cuando se manejan más de 100 000 registros en Oracle.

Cada carga registró en la tabla CARGA_CUENTAS_TRACKING únicamente las cuentas que ese archivo modificó. Con esa lista, el procedimiento SP_REFRESCAR_CACHE_DELTA actualizó los promedios guardados en CACHE_CALCULOS solo para esas cuentas. Así, el recálculo no recorrió las trescientas mil cuentas del histórico en cada carga, sino apenas el subconjunto afectado.

Detección de anomalías mediante vistas materializadas

Tres vistas materializadas complementaron el proceso ETL para guardar precalculados los indicadores de anomalías. Así, las consultas no tuvieron que recalcular nada en línea. Oracle encoló el refresco de cada vista al terminar la carga de un nuevo archivo BIL038, mediante el procedimiento SP_REFRESCO_POST_CARGA, que registró trabajos asíncronos en DBMS_SCHEDULER y devolvió el control al navegador en menos de dos segundos.

La vista MV_CONSUMO_BAJO_3MESES marcó las cuentas con consumo bajo durante tres meses seguidos. La Sección de Pérdidas considera este patrón un indicio de posible irregularidad que amerita inspección en campo, sin que por sí mismo constituya prueba de manipulación del medidor. El Listado III.1 muestra la definición de la vista.

Listing III.1. Vista materializada para detección de consumo bajo consecutivo

```

1 CREATE MATERIALIZED VIEW MV_CONSUMO_BAJO_3MESES
2 BUILD IMMEDIATE REFRESH COMPLETE ON DEMAND AS
3 WITH registros AS (
4     SELECT v.CUENTA AS CUENTA,
5           a.INSPECTOR_CEDULA, v.CONSUMO_KWH AS CONSUMO,
6           ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY v.CUENTA
7                               ORDER BY v.ANIO DESC, v.MES DESC) AS RN
8     FROM CONSUMO_VERTICAL v
9     JOIN CUENTAS_ASIGNADAS a
10      ON v.CUENTA = a.CUENTA_CONTRATO
11 ),
12 cuentas_validas AS (
13     SELECT CUENTA, INSPECTOR_CEDULA FROM registros
14     WHERE RN <= 12 GROUP BY CUENTA, INSPECTOR_CEDULA
15     HAVING SUM(CASE WHEN CONSUMO IS NULL THEN 1 ELSE 0 END) <= 5
16 ),
17 ultimos_con_datos AS (
18     SELECT r.CUENTA, r.INSPECTOR_CEDULA, r.CONSUMO,
19           ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY r.CUENTA
20                               ORDER BY r.ANIO DESC, r.MES DESC)
21           AS RN_DATOS
22     FROM registros r
23     JOIN cuentas_validas cv ON r.CUENTA = cv.CUENTA
24     WHERE r.CONSUMO IS NOT NULL
25 )
26 SELECT u.CUENTA, ROUND(MAX(u.CONSUMO)) AS VALOR_MAXIMO,
27        u.INSPECTOR_CEDULA
28 FROM ultimos_con_datos u WHERE u.RN_DATOS <= 3
29 GROUP BY u.CUENTA, u.INSPECTOR_CEDULA
30 HAVING COUNT(*) = 3;

```

La consulta trabajó en tres pasos. Primero, numeró las lecturas de cada cuenta de la más reciente a la más antigua. Después, dejó fuera las cuentas con más de cinco meses sin lectura en el último año, casos que suelen corresponder a servicios desconectados, no a fraudes. Por último, tomó los tres meses con lectura real más recientes de las cuentas restantes.

La cláusula `HAVING COUNT(*) = 3` garantizó que esos tres meses estuvieran completos. El campo `VALOR_MAXIMO` guardó el consumo más alto de los tres. Si ese consumo quedó por debajo del umbral configurado por el usuario, la cuenta se marcó como anomalía.

La vista `MV_CUENTAS_INSPECTOR` reunió en una sola estructura los datos de asignación, catastro y tarifas mediante uniones entre `CUENTAS_ASIGNADAS`, `CATASTRO_CLIENTE` y `TARIFAS`. La interfaz leyó la estructura ya unida y se evitó repetir las uniones en cada consulta. La tercera vista, `MV_TARIFAS_VIGENTES`, expuso solo las tarifas con al menos un consumo registrado en `CONSUMO_VERTICAL`, lo que llenó los selectores sin recorrer todo el catálogo corporativo.

El refresco de las tres vistas operó por dos vías. La vía diferida, gobernada por `SP_REFRESCO_POST_CARGA`, se invocó al terminar cada carga `BIL038` y encoló trabajos en `DBMS_SCHEDULER` para refrescar la vista de consumo bajo, la vista de tarifas y el caché de cálculos en segundo plano. En esta ruta, `SP_REFRESCAR_CACHE_DELTA` recalculó únicamente los promedios anuales de las cuentas registradas en `CARGA_CUENTAS_TRACKING` para el archivo recién cargado, lo que mantuvo el tiempo de respuesta del API por debajo de dos segundos. La vía directa, ejecutada manualmente por `SP_REFRESCAR_DATOS_INSPECTOR`, repobló las tres vistas en un solo paso de manera sincrónica cuando un administrador necesitó forzar la consistencia inmediata sin esperar a la siguiente carga.

3.4.12 Implementación de la pista de aplicaciones BI, módulos web

La pista de aplicaciones BI de Kimball entregó al usuario final el valor analítico por medio de interfaces sencillas [38]. Sobre esta base, se desarrollaron los módulos de visualización y gestión operativa del subsistema. Se definieron dos perfiles con funciones distintas, el administrador (Jefe de Sección) y el inspector de campo.

Contrato de la interfaz de servicios

Los módulos web se comunicaron con el servidor a través de una interfaz de servicios REST organizada por área funcional, carga BIL038, revisión de consumos, gestión de reportes, asignación de inspectores y tarifas. Cada ruta expuso una variante por rol mediante el sufijo `/inspector` o `/admin`, lo que permitió que la misma capa Java EE devolviera resultados acotados al alcance del usuario autenticado. La Tabla 32 resume las rutas representativas que la interfaz Angular invocó sobre el API.

Tabla 32. Rutas representativas de la interfaz de servicios REST por área funcional

Método	Endpoint	Rol	Descripción
POST	<code>/servicios/consumos/subirConsumosPer</code>	Admin	Carga masiva del archivo BIL038 con procesamiento asíncrono
POST	<code>/perrevision/buscar/v2/{rol}</code>	Inspector, Admin	Consulta paginada de consumos con filtros avanzados
POST	<code>/perrevision/recalcular/v2/{rol}</code>	Inspector, Admin	Recálculo de indicadores de desviación
POST	<code>/perrevision/generar-reporte</code>	Inspector, Admin	Generación de reporte desde cuentas seleccionadas
POST	<code>/perrevision/reportes/exportar</code>	Inspector, Admin	Exportación de cuentas a Excel y GPX
POST	<code>/perrevision/refreshar-datos</code>	Admin	Refresco sincrónico de vistas materializadas
GET	<code>/perreportes/kpis</code>	Inspector	Indicadores de gestión del inspector
POST	<code>/perreportes/upload-excel</code>	Inspector	Carga del archivo Excel con los resultados de campo
POST	<code>/perreportes/{codigo}/cerrar</code>	Inspector	Cierre del reporte una vez completada la inspección
POST	<code>/perinspectores/asignarZonas</code>	Admin	Asignación de zonas geográficas a inspectores

Autenticación y acceso al sistema

El acceso al subsistema se controló con un token de sesión firmado JWT con tiempo de vida configurable. La pantalla de inicio pidió usuario y contraseña, que se validaron contra el directorio de usuarios de la EEASA. La Figura 18 muestra la pantalla de ingreso.



Figura 18. Pantalla de inicio de sesión del subsistema Satélite EEASA

Después del ingreso, el sistema llevó al usuario al panel principal del subsistema Satélite EEASA. El menú lateral mostró las opciones de navegación según el rol. El administrador (Jefe de Sección) entró a los módulos de carga de datos, revisión de consumos, gestión de inspectores, asignación de zonas, reportes y tarifas globales. El inspector de campo entró a revisión de consumos y gestión de reportes asignados.

Módulo de revisión de consumos

La zona de concesión de la EEASA abarca más de 300 000 cuentas contrato repartidas en provincias, cantones y parroquias [20]. La revisión de consumos fue la función principal del subsistema, ya que permitió consultar las cuentas con filtros por provincia, cantón, parroquia, tarifa, estado de contrato y estado de revisión.

El cálculo de anomalías se ejecutó al instante mediante el procedimiento SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO. Este comparó el consumo del mes actual contra el promedio de los últimos doce meses con lecturas válidas. Los resultados se mostraron en una tabla por páginas con doce columnas de consumo mensual coloreadas según el patrón. Cuando el operador cambió un filtro, la interfaz llamó a SP_RECALCULAR_INDICADORES para volver a calcular los indicadores sin recargar la página. La Figura 19 presenta los filtros del módulo y la Figura 20 muestra la tabla de consumos con la codificación cromática de anomalías.

Figura 19. Filtros del módulo de revisión de consumos

Tarifa	Nombre del Cliente	Promedio Año Referencia	Diferencia Consumo	Meses del Año - kWh
BT / Residencial		N/A	N/A	Ene 70.00 Feb 76.00 Mar N/A Abr N/A May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Figura 20. Tabla de consumos con detección de anomalías por color

Los filtros avanzados del módulo incluyeron:

- Rango de diferencia de consumo (mínimo y máximo en kWh o porcentaje).
- Detección de consumo repetidamente bajo durante tres meses consecutivos.
- Umbral de exclusión de consumo configurable.
- Opción de descartar cuentas con consumo facturado en cero.

El color de las doce celdas mensuales permitió identificar con rapidez los períodos con consumo fuera del rango esperado. El rojo marcó los meses con consumo por debajo del 80 % del promedio del año de referencia, el azul los meses por encima del 120 % de ese promedio, el violeta los meses que formaban parte de una racha de tres consecutivos con consumo igual o inferior al umbral, y el naranja los meses sin valor de consumo registrado. Esta codificación cromática evitó comparar las cifras fila por fila y dejó a la vista los períodos que requerían inspección en sitio.

El procedimiento `SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO` recibió diecinueve parámetros de entrada, entre ellos cédula del inspector, provincia, cantón, parroquias separadas por coma, estado de asignación, estado de contrato, tarifas, término de búsqueda, año y mes de referencia, banderas de exclusión, umbrales, rangos de diferencia, página y orden. Devolvió un cursor con la página solicitada.

La lógica trabajó con dos modos. El modo administrador, activado con `P_INSPECTOR_CEDULA='*'`, leyó directamente de `CONSUMO_VERTICAL` y eliminó duplicados con `MIN(ASIGNACION_ID)`. El modo normal filtró las cuentas a través de `MV_CUENTAS_INSPECTOR` según la cédula del usuario que ingresó. El cálculo descartó las lecturas con `ES_CONSUMO_REAL='N'` y, si así se configuró, las lecturas en cero o por debajo del umbral (`P_UMBRAL_CONSUMO_EXCL`). De esa forma los períodos sin consumo registrado no afectaron el promedio histórico. El resultado se ordenó de mayor a menor por la diferencia porcentual entre el consumo actual y el promedio.

La Figura 21 presenta la regla de detección que reemplazó al análisis manual. El flujo muestra la secuencia de comparaciones que el procedimiento ejecutó sobre cada cuenta contrato.

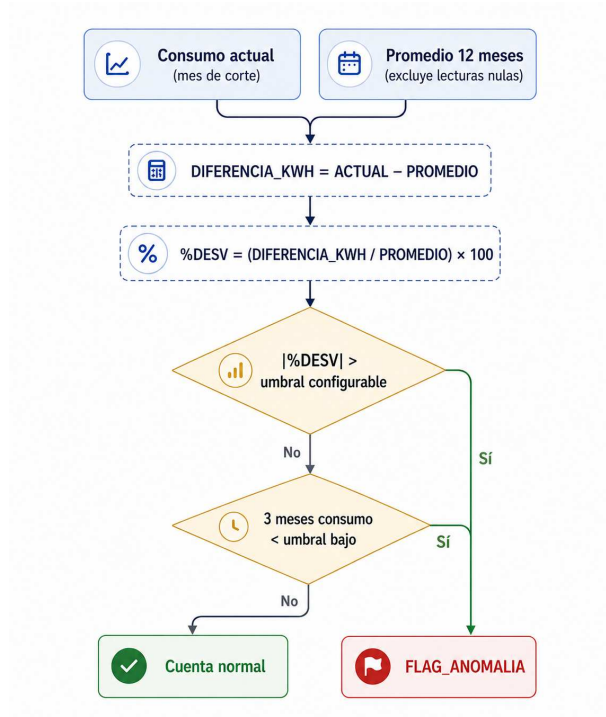


Figura 21. Regla determinista de detección de anomalías de consumo

La regla aplicó dos criterios sobre cada cuenta. El primero comparó la desviación porcentual contra un umbral que el Jefe de Sección configuró, por lo general en 50 % u 80 %. El segundo, basado en la vista MV_CONSUMO_BAJO_3MESES, marcó las cuentas con consumo bajo durante tres meses seguidos aunque la desviación del mes actual no superara el umbral principal. La combinación de los dos criterios cubrió tanto las caídas bruscas como las bajadas sostenidas del consumo, patrones asociados a posibles irregularidades que el equipo de campo debe verificar antes de confirmarlas.

Módulo de asignación de zonas e inspectores

El administrador contó con dos módulos para gestionar a los inspectores:

- Gestión de inspectores, permitió asignar las tarifas que cada inspector revisó, con una pantalla de selección múltiple. La Figura 22 muestra esta pantalla con los datos del inspector elegido y las tarifas asignadas.
- Asignación de zonas, permitió definir las zonas geográficas (provincia, cantón, parroquia) que cada inspector tuvo a cargo, con selectores en cascada.

DETALLES DEL INSPECTOR

NOMBRES: DOS Inspector

ROL E IDENTIFICADOR: Inspector - 180000000002

DIVISIÓN:

LISTA DE TARIFAS

Buscar Tarifa:

Mostrando 1 a 30 de 52 tarifas

✓	Código	Nombre de Tarifa	✓	Código	Nombre de Tarifa	✓	Código
✓	ATCGCD070	(AT / Industrial con Demanda Horaria Diferenciada)	✓	BTCGCD210	(BT / Bombeo de Agua Comunidades Campesinas)	✓	BTCGSD03
✓	BTAPCD010	(BT / Alumbrado Público)	✓	BTCGCD300	(BT / Industrial con Demanda Horaria)	✓	BTCGSD04
✓	BTCGCD010	(BT / Comercial con Demanda)	✓	BTCGCD310	(BT / Comercial con Demanda Horaria)	✓	BTCGSD05
✓	BTCGCD020	(BT / Industrial con Demanda)	✓	BTCGCD320	(BT / Culto Religioso con Demanda)	✓	BTCGSD09

Figura 22. Gestión de inspectores con asignación de tarifas por perfil

La estructura provincia-cantón-parroquia se cargó desde el catastro de clientes de SAP CIS/CRM. Los procedimientos SP_OBTENER_PROVINCIAS, SP_OBTENER_CANTONES y SP_OBTENER_PARROQUIAS filtraron las opciones según el alcance del usuario. Cada parroquia asignada a un inspector quedó ligada a las cuentas ubicadas en esa zona mediante SP_ASIGNAR_ZONAS. La asignación de tarifas autorizadas se registró con SP_ASIGNAR_TARIFAS sobre la tabla INSPECTOR_TARIFAS. Tras cada cambio, el sistema llamó a SP_REFRESH_MV_CUENTAS_INSPECTOR para actualizar la vista MV_CUENTAS_INSPECTOR. Así, la consulta de consumos del inspector mostró solo las cuentas de sus zonas asignadas. La Figura 23 muestra el módulo de asignación de zonas geográficas a inspectores.

Dashboard Bienvenido ALEX EMMANUEL MEDINA PAREDES

Asignar Zona de Trabajo

Control de Peridas - Gestion Integral

Selección de Inspector

Buscar y Seleccionar Inspector:

Cedula: 180000000002
 Nombre: DOS Inspector
 Usuario: Inspector2
 Rol: Inspector (IDP)
 Division:
 Subdivision:
 Estado: Activo

Tarifas Asignadas:

ATCGCD070	BTAPCD010	BTGCD0010	BTGCD0020	BTGCD0030
BTGCD0090	BTGCD0040	BTGCD0070	BTGCD0080	BTGCD0000
BTGCD0210	BTGCD0060	BTGCD0310	BTGCD0320	BTGCD0350
BTGCD0360	BTGCD0400	BTGCD0410	BTGCD0010	BTGCD0020
BTGCD0030	BTGCD0040	BTGCD0050	BTGCD0090	BTGCD0110
BTGCD0120	BTGCD0130	BTGCD0140	BTGCD0010	BTGCD0030

Zonas Asignadas:

Buscar zona asignada...

TUNGURAHUA > AMBATO > AMBATILLO	Asignado: 27/03/2025
TUNGURAHUA > AMBATO > AMBATO	Asignado: 27/03/2025
TUNGURAHUA > AMBATO > ATAHUALPA (CHISALATA)	Asignado: 06/04/2025

ASIGNACION DE ZONA:

Provincia

Filtrar provincias

☒ TUNGURAHUA

☐ COTOPAXI

☐ MORONA SANTIAGO

☐ NAPO

☐ PASTAZA

Canton

Filtrar cantones

Parroquia

Filtrar parroquias

Limpiar

Modificar

Confirmar Cambios

Cancelar

Satelite EEASA
Departamento Central - EEASA
V. 1.1.3

Figura 23. Módulo de asignación de zonas geográficas a inspectores

Módulo de generación de reportes

Una vez identificadas las cuentas con anomalías, el inspector seleccionó las cuentas a inspeccionar y generó un reporte de inspección. El sistema registró el reporte con un código único y lo asoció a las cuentas seleccionadas. Los reportes se exportaron en tres formatos:

- Excel: archivo con los datos de consumo, diferencias calculadas y estado de cada cuenta.
- GPX: archivo de coordenadas geográficas compatible con dispositivos GPS para las rutas de inspección en campo.
- PDF: reporte formateado con los datos de las cuentas y el resumen de indicadores.

El archivo Excel incluyó las columnas cuenta contrato, nombre del cliente, tarifa, dirección, medidor, consumo actual, promedio de referencia, diferencia en kWh y diferencia porcentual. El archivo GPX guardó las coordenadas de cada cuenta seleccionada, con lo cual los inspectores cargaron las rutas en sus dispositivos GPS para guiar los recorridos en campo. La Figura 24 presenta la pantalla de generación de reportes desde las cuentas seleccionadas.

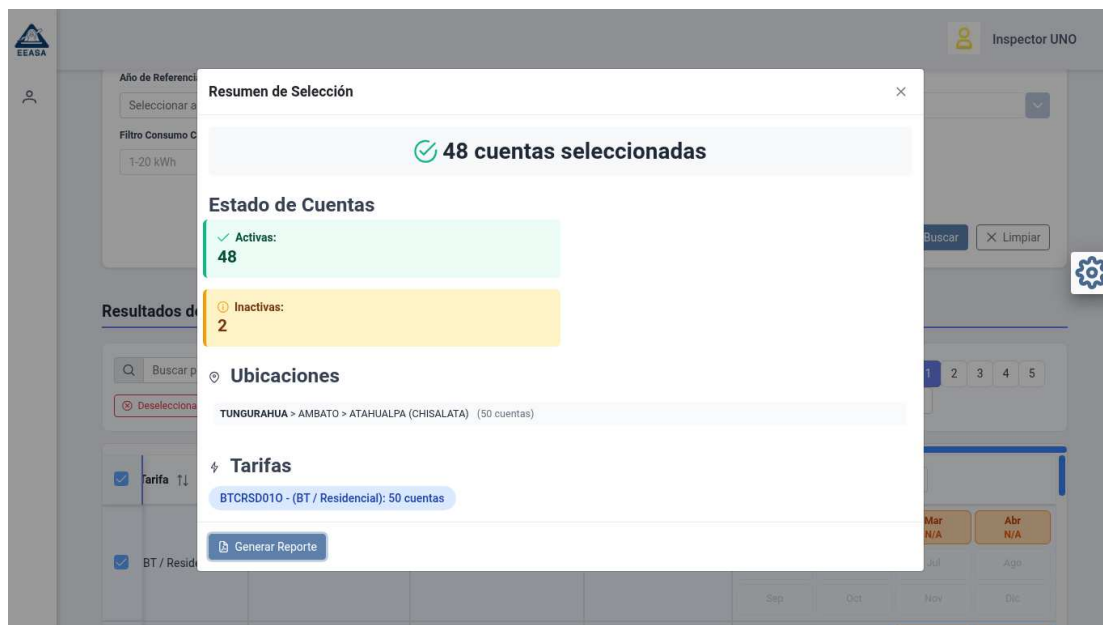


Figura 24. Generación de reporte de inspección desde cuentas seleccionadas

El ciclo completo de inspección en campo se ilustra en la Figura 25, desde la detección de anomalías en la consulta paginada hasta el cierre del reporte con trazabilidad.

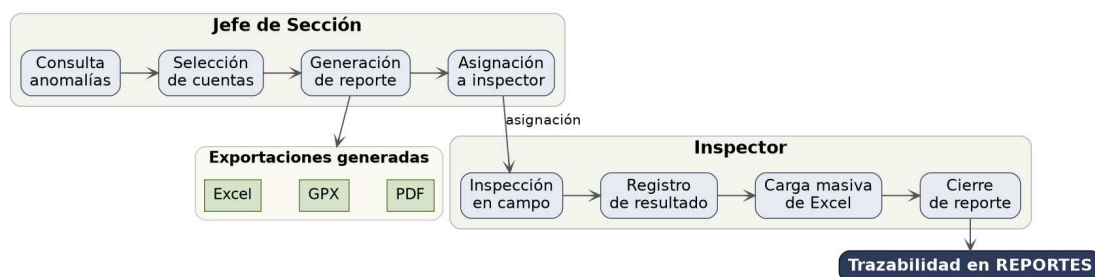


Figura 25. Flujo de inspección en campo: generación, asignación, ejecución y cierre

El flujo separó las responsabilidades entre el Jefe de Sección, encargado de generar y asignar el reporte, y el inspector, encargado de ejecutarlo en campo y registrar los resultados. La exportación en Excel, GPX y PDF cubrió los tres soportes que pidió la

operación. El Excel trajo una hoja oculta de validación con la lista desplegable SIN NOVEDAD, CON NOVEDAD e INFRACCIÓN. El GPX alimentó los dispositivos GPS de campo con las coordenadas del catastro. El PDF sirvió como entrega formal de la ruta.

La generación del reporte se ejecutó con SP_CREAR_REPORTE para selección manual o con SP_CREAR_REPORTE_BULK para selección masiva. Las exportaciones se procesaron con SP_EXPORTAR_REPORTE y SP_FINALIZAR_EXPORTACION, con registro en EXPORTACIONES_REPORTE. El cierre del reporte solo quedó disponible cuando todas las cuentas tenían un resultado registrado, condición que verificó SP_CERRAR_REPORTE.

Módulo de gestión de reportes del inspector

Cada inspector trabajó sus reportes pendientes en un panel propio. El procedimiento SP_DCPER_OBTENER_REPORTE_COMPLETO reunió la cabecera, el detalle de cuentas y los indicadores del reporte elegido. El registro de resultados en campo se hizo cuenta por cuenta, marcando cada una con SIN NOVEDAD, CON NOVEDAD o INFRACCIÓN. Los valores quedaron guardados con SP_DCPER_GUARDAR_ESTADO_REPORTE.

El módulo mostró tres indicadores de gestión, cuentas revisadas, cuentas pendientes y reportes generados, que se actualizaron al instante mientras el inspector registró los resultados.

El inspector eligió sus reportes en un desplegable que mostró el código y la fecha de cada reporte pendiente. Al elegir un reporte, la tabla de cuentas se cargó con la información de consumo y un selector de resultado por cuenta. El cierre requirió que todas las cuentas tuvieran un resultado. El sistema bloqueó el cierre, controlado por SP_CERRAR_REPORTE, cuando quedaron cuentas sin revisar. Para casos de revisión parcial, SP_DCPER_RETIRAR_CUENTA_REPORTE dejó retirar del reporte una cuenta que no se pudo inspeccionar sin afectar las demás.

La carga masiva por archivo Excel permitió registrar los resultados en lote. El procedimiento SP_DCPER_PROCESAR_EXCEL_REVISION verificó el formato de columnas, los códigos de cuenta del reporte activo y el valor permitido de resultado antes de

importar. La Figura 26 muestra el módulo de gestión de reportes con los indicadores del inspector.

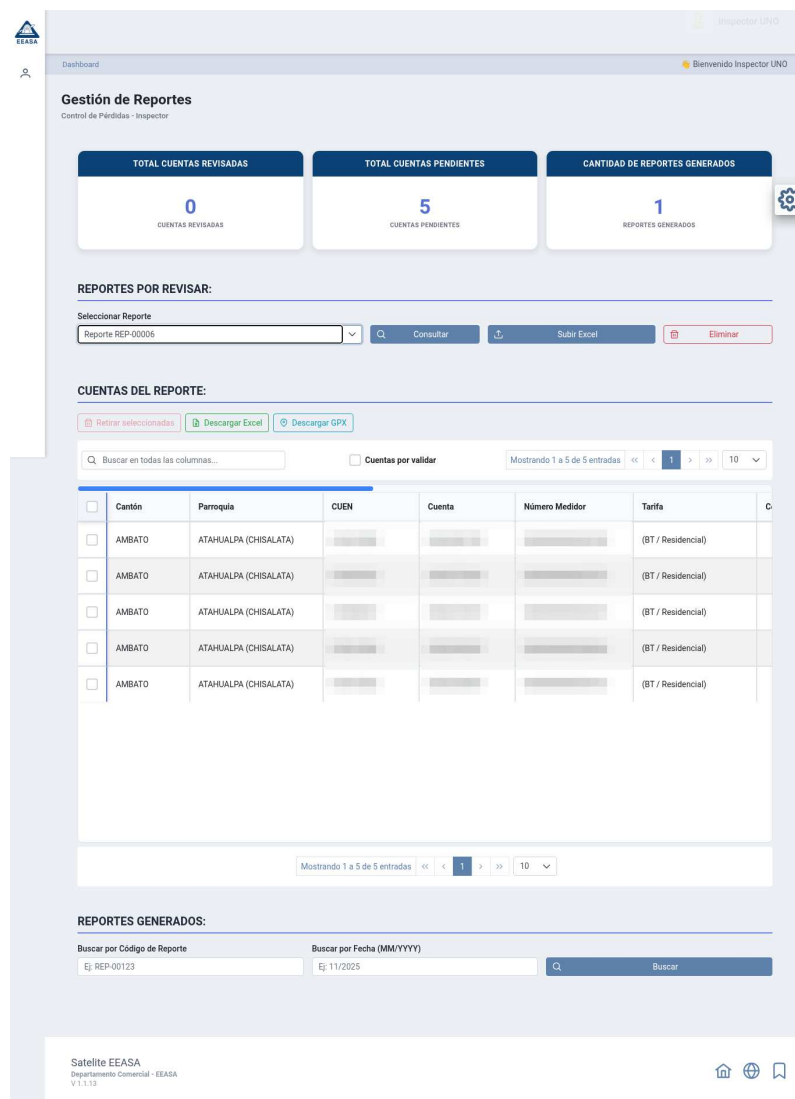


Figura 26. Módulo de gestión de reportes con KPIs del inspector

Módulo de administración de reportes

A nivel gerencial, el Jefe de Sección dispuso de una vista con todos los reportes generados. Los filtros por inspector, rango de fechas y código de reporte facilitaron el seguimiento. Desde esta vista revisó el detalle de cada reporte, verificó los resultados de inspección y rechazó o eliminó cuentas cuando correspondió.

El administrador vio dos niveles de indicadores, los totales acumulados del período y los valores del mes en curso. Los indicadores incluyeron reportes pendientes, cuentas en reportes cerrados y total de reportes cerrados. Esta vista comparativa ayudó a

detectar retrasos y a evaluar el ritmo mensual frente al histórico del sistema. La Figura 27 presenta la vista administrativa de reportes de todos los inspectores.

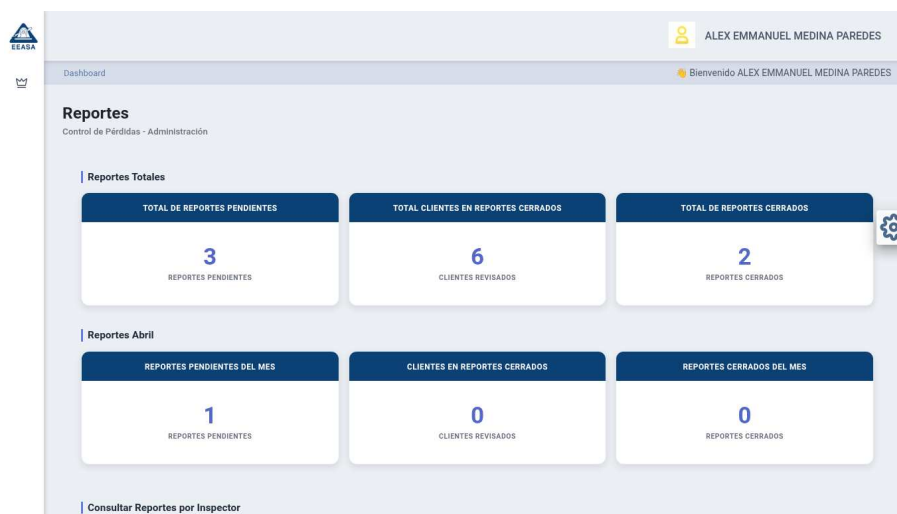


Figura 27. Vista administrativa de reportes de todos los inspectores

Módulo de tarifas globales

Las tarifas globales se analizaron en un módulo de visualización que reunió el consumo por categoría de tarifa. La vista mostró un gráfico de tendencias con datos de varios años superpuestos. Cuatro tarjetas resumen presentaron el consumo total, el promedio mensual, el año con mayor consumo y la variación de un año a otro en porcentaje. Una tabla de mapa de calor completó la vista con los meses como columnas y los años como filas.

Los datos del gráfico se obtuvieron de CONSUMO_VERTICAL con consultas agrupadas por año, mes y tarifa. La lista de tarifas vigentes vino de MV_TARIFAS_VIGENTES. La agrupación produjo series independientes por categoría, lo que permitió comparar el comportamiento entre tarifas distintas. El filtro por rango de fechas y por categoría tarifaria ayudó a aislar comportamientos estacionales y a identificar variaciones atípicas en la zona de concesión de la EEASA. La Figura 28 muestra los KPIs y el gráfico de tendencias, y la Figura 29 presenta la tabla de consumo por tarifa y período.

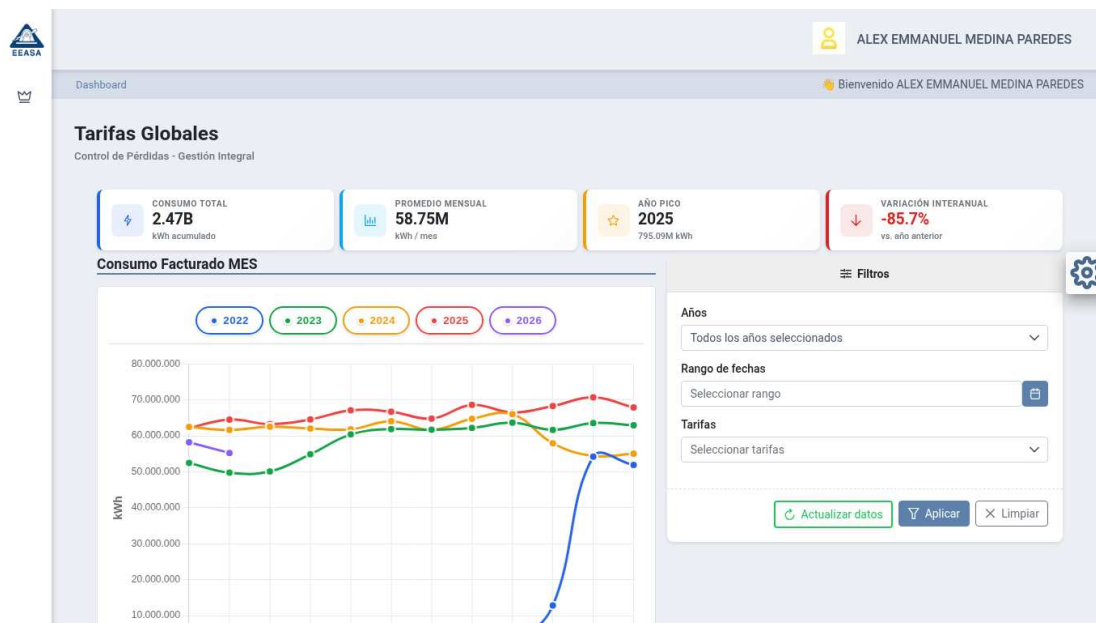


Figura 28. KPIs y gráfico de tendencias del módulo de tarifas globales

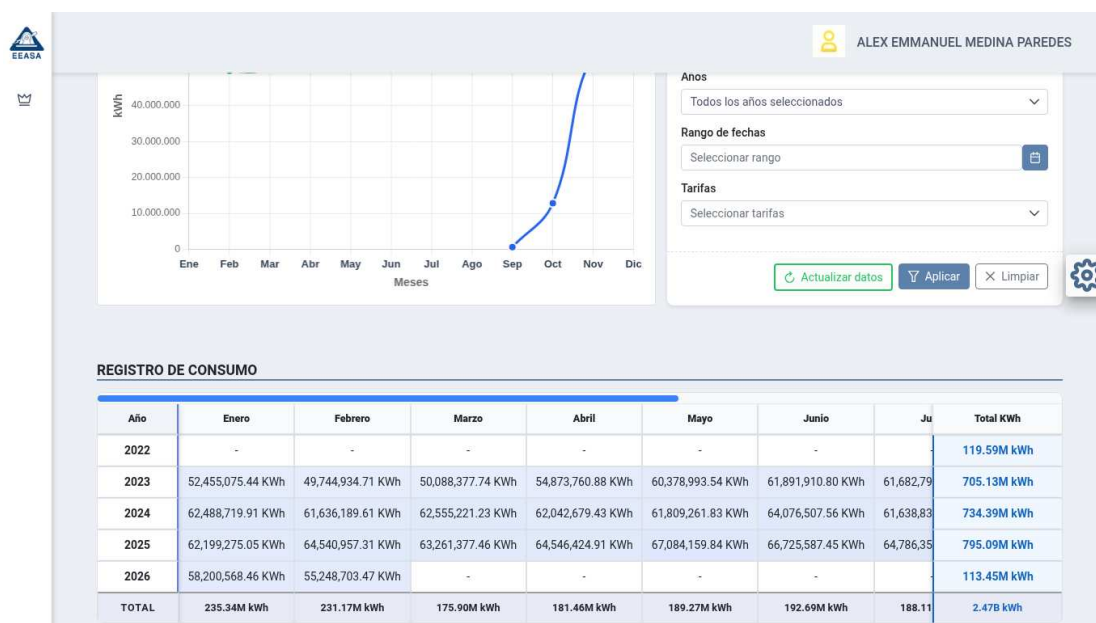


Figura 29. Tabla de registro de consumo por tarifa y período

3.4.13 Implementación técnica del código

La construcción del subsistema cubrió tres capas. Los procedimientos almacenados de Oracle ejecutaron la lógica de datos. La capa de servicios web en Java EE expuso las operaciones a la interfaz. Los componentes Angular dieron forma a la pantalla del

usuario. Las siguientes secciones presentan los fragmentos de código más relevantes de cada capa.

Procedimiento de carga ETL

El procedimiento SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 ejecutó todo el ETL. Validó el archivo BIL038 ya volcado en la tabla temporal, cambió el formato horizontal a vertical y actualizó el estado de los contratos inactivos. El Listado III.2 muestra los parámetros que recibió.

Listing III.2. Firma del procedimiento de carga ETL

```
1 CREATE OR REPLACE PROCEDURE SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 (  
2     p_file_name IN VARCHAR2 ,  
3     p_load_user IN VARCHAR2 ,  
4     p_load_id   IN VARCHAR2 DEFAULT NULL  
5 )
```

El procedimiento ejecutó ocho pasos dentro de una sola transacción. Si alguno falló, deshizo todos los cambios, marcó el archivo con estado ERROR en CARGAS_BIL038 y borró las filas temporales de esa carga. La Tabla 33 describe los ocho pasos.

Tabla 33. Secuencia de operaciones del procedimiento de carga ETL

Paso	Operación	Descripción
1	Validación	Verificó que CONSUMO_STAGING tuviera registros para el identificador de carga, un solo período ANIOMES y un mes válido entre 1 y 12
2	Registro de la carga	Insertó el registro de auditoría en CARGAS_BIL038 con estado PROCESANDO y la marca de tiempo de inicio
3	Excepciones de catastro	Registró en PROCESO_LOG las cuentas del archivo ausentes de CATASTRO_CLIENTE sin sacarlas del total procesado
4	Seguimiento de cuentas	Insertó en CARGA_CUENTAS_TRACKING las cuentas afectadas por el archivo, lista que SP_REFRESCO_POST_CARGA consumió para refrescar solo los promedios de esas cuentas
5	Marcado de inactivos	Marcó como Inactivo los contratos ausentes en el archivo más reciente, sumó un mes a MESES_INACTIVO y actualizó ULTIMO_ACTIVO_ANIOMES en CONSUMO_HORIZONTAL
6	Combinación horizontal	Ejecutó MERGE sobre CONSUMO_HORIZONTAL para actualizar las doce columnas mensuales KWH_M1 a KWH_M12. La tabla temporal ya guardaba los valores como números, lo que evitó conversiones por fila
7	Combinación vertical	Aplicó UNPIVOT INCLUDE NULLS sobre las doce columnas para generar filas individuales (cuenta, año, mes) en CONSUMO_VERTICAL, con cuatro hilos en paralelo y aritmética entera para calcular ANIOMES de cada columna
8	Cierre del proceso	Sincronizó CONSUMO_KWH=0 y ESTADO_CONTRATO=Inactivo en CONSUMO_VERTICAL para los contratos ausentes, borró las filas de CONSUMO_STAGING del identificador y actualizó CARGAS_BIL038 con el estado COMPLETADO y las estadísticas de tiempo y volumen

El paso 7 fue el más pesado del proceso. La tabla temporal guardó los consumos en doce columnas, una por cada mes (KWH_M1 a KWH_M12). La cláusula UNPIVOT INCLUDE NULLS las convirtió en doce filas separadas y calculó el año y mes de cada una con aritmética entera sobre $v_total_months = v_year * 12 + v_month$. Esta operación corrió más rápido que TO_DATE o ADD_MONTHS. El Listado III.3 muestra el MERGE generado por SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038.

Listing III.3. Transformación horizontal-a-vertical mediante UNPIVOT

```

1  MERGE /*+ USE_HASH(vert src) PARALLEL(vert, 4) */
2  INTO CONSUMO_VERTICAL vert
3  USING (
4      SELECT cons.ID AS CONSUMO_ID,
5             unp.CUENTA,
6             unp.FACTOR_MULTI,
7             unp.ESTADO_CONTRATO,
8             v_aniones AS ORIGEN_ANIONES,
9             (TRUNC((v_total_months - (unp.mes_numero - 1) - 1)
10                / 12) * 100
11              + MOD((v_total_months - (unp.mes_numero - 1) - 1),
12                12) + 1) AS ANIONES,
13             (unp.mes_numero - 1) AS SRC_DIST,
14             unp.consumo_kwh
15  FROM CONSUMO_STAGING t
16  UNPIVOT INCLUDE NULLS (
17      consumo_kwh FOR mes_numero IN (
18          KWH_M1 AS 1, KWH_M2 AS 2,
19          KWH_M3 AS 3, KWH_M4 AS 4,
20          KWH_M5 AS 5, KWH_M6 AS 6,
21          KWH_M7 AS 7, KWH_M8 AS 8,
22          KWH_M9 AS 9, KWH_M10 AS 10,
23          KWH_M11 AS 11, KWH_M12 AS 12
24      )
25  ) unp
26  LEFT JOIN CONSUMO_HORIZONTAL cons
27      ON cons.CUENTA = unp.CUENTA
28  WHERE t.LOAD_ID = v_load_id
29  ) src
30  ON (vert.CUENTA = src.CUENTA
31      AND vert.ANIONES = src.ANIONES)
32  WHEN MATCHED THEN UPDATE SET
33      vert.CONSUMO_KWH = src.consumo_kwh,
34      vert.ES_CONSUMO_REAL =
35          CASE WHEN src.consumo_kwh IS NOT NULL
36              THEN 'Y' ELSE 'N' END,
37      vert.ORIGEN_ANIONES = src.ORIGEN_ANIONES
38  WHEN NOT MATCHED THEN INSERT
39      (CONSUMO_ID, CUENTA, ANIONES,
40       ORIGEN_ANIONES, ANIO, MES,
41       CONSUMO_KWH, ES_CONSUMO_REAL)
42  VALUES (src.CONSUMO_ID, src.CUENTA,
43           src.ANIONES, src.ORIGEN_ANIONES,
44           TRUNC(src.ANIONES / 100),
45           MOD(src.ANIONES, 100),
46           src.consumo_kwh,
47           CASE WHEN src.consumo_kwh IS NOT NULL
48               THEN 'Y' ELSE 'N' END);

```

Con esta sentencia, las 300 000 cuentas del archivo se procesaron en una sola consulta SQL con varios hilos en paralelo. La cláusula `INCLUDE NULLS` mantuvo los meses sin lectura. El campo `ES_CONSUMO_REAL` quedó en N para esos meses y el módulo de revisión los descartó del promedio. La columna `SRC_DIST` guardó la distancia en meses entre el archivo cargado y el mes destino. Con ese dato, el `WHEN MATCHED` solo sobrescribió un valor cuando el nuevo archivo estuvo más cerca del mes destino que el archivo registrado antes. La regla mantuvo el histórico coherente cuando los archivos llegaron en desorden cronológico.

Estructura de componentes de la interfaz

La interfaz se organizó bajo el módulo Angular `control-perdidas`, que agrupó los componentes por rol de usuario. La Tabla 34 describe los componentes principales.

Tabla 34. Componentes principales del módulo de control de pérdidas

Rol	Componente	Funcionalidad
Admin	<code>carga-datos</code>	Carga de archivos BIL038 con progreso en segundo plano y validación de formato
Admin	<code>gestion-inspectores</code>	Asignación de tarifas a inspectores con selección múltiple
Admin	<code>asignar-zona</code>	Asignación geográfica por provincia, cantón y parroquia con panel de cambios pendientes
Admin	<code>reportes</code>	Tablero de indicadores con vista consolidada de reportes por inspector
Admin	<code>tarifas-globales</code>	Visualización de tendencias de consumo con exportación a PDF
Inspector	<code>revision-consumos</code>	Consulta de consumos con filtros avanzados y exportación a Excel y GPX
Inspector	<code>gestion-reportes</code>	Registro de resultados de inspección por cuenta con carga masiva en Excel
Compartido	<code>buscar-inspector</code>	Componente reutilizable de búsqueda y selección de inspectores

Cada formato de exportación quedó en su propio archivo. `report-excel.builder.ts` armó los Excel con ExcelJS, `report-gpx.builder.ts` produjo los GPX con coordenadas GPS y `tarifas-globales-pdf.builder.ts` generó los PDF con

jsPDF. Mantener cada exportación en un archivo aparte permitió que varias vistas del sistema reutilizaran la misma lógica.

Rutas de navegación por rol

El módulo Angular control-perdidas dividió las rutas en dos ramas, una por rol. El componente RevisionConsumosComponent se reutilizó en las dos, con un parámetro isAdmin en los datos de la ruta para distinguir el comportamiento de cada lado. El Listado III.4 muestra la configuración.

Listing III.4. Módulo de enrutamiento con separación por rol

```
1  const routes: Routes = [  
2    { path: 'admin', children: [  
3      { path: 'tarifas-globales',    component: TarifasGlobalesComponent    },  
4      { path: 'gestion-inspectores', component: GestionInspectoresComponent },  
5      { path: 'asignar-zona',        component: AsignarZonaComponent        },  
6      { path: 'reportes',            component: ReportesComponent            },  
7      { path: 'carga-datos',         component: CargaDatosComponent         },  
8      { path: 'revision-consumos',   component: RevisionConsumosComponent,  },  
9      data: { isAdmin: true } }  
10  ],  
11  { path: 'inspector', children: [  
12    { path: 'revision-consumos',   component: RevisionConsumosComponent },  
13    { path: 'gestion-reportes',    component: GestionReportesComponent  }  
14  ]}  
15  ];
```

La rama admin abrió seis módulos para el Jefe de Sección, carga de archivos BIL038, revisión de consumos con vista total, gestión de inspectores, asignación de zonas, reportes y tarifas globales. La rama inspector se quedó con dos, revisión de consumos limitada a sus zonas asignadas y gestión de sus propios reportes. La separación operó en las rutas de Angular y el servidor la reforzó con el token JWT, que filtró cada consulta por la cédula del inspector activo.

La Figura 30 reúne el mapa de roles del subsistema y los módulos disponibles para cada perfil.

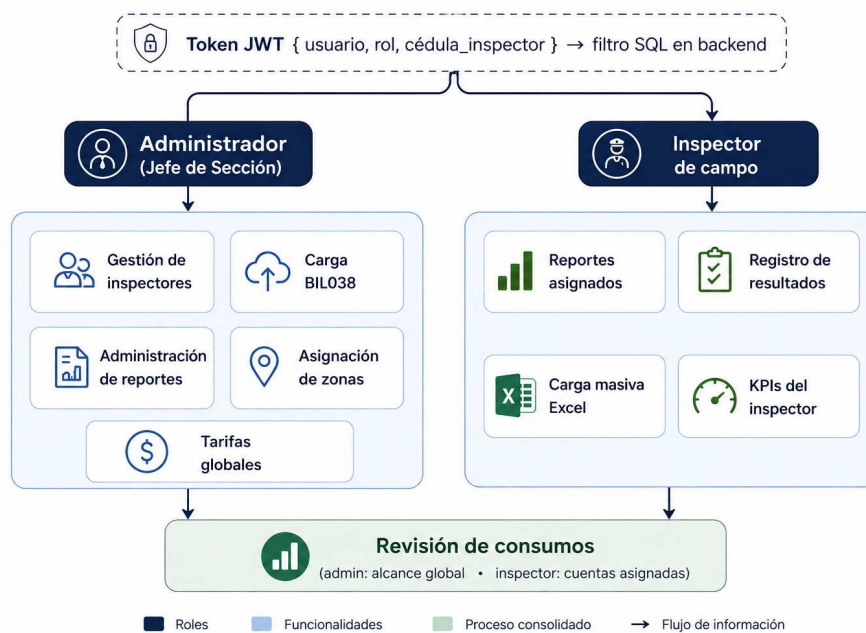


Figura 30. Roles de acceso y módulos del subsistema de control de pérdidas

El diagrama muestra cinco módulos reservados al administrador, dedicados al gobierno del Data Warehouse, al catálogo de inspectores y a las tarifas globales. Otros dos módulos atendieron la operación del inspector en campo. La revisión de consumos quedó compartida entre los dos roles, con alcance distinto según la cédula del token de sesión. Los permisos sobre el esquema ESQUEMA_PRINCIPAL los recibió el usuario ROL_APP a través de un script de permisos, que restringió la capa de aplicación a las tablas, vistas y procedimientos necesarios.

Llamada al proceso ETL desde Java EE

La llamada al procedimiento almacenado desde la capa de servicios en Java EE se hizo en la clase ConsumosPerController. El método procesarConsumosAsync, marcado con @Asynchronous, delegó la ejecución al hilo del contenedor para no bloquear la conexión HTTP durante el procesamiento de archivos con 300 000 registros. El Listado III.5 muestra la llamada al procedimiento.

Listing III.5. Invocación asíncrona del procedimiento ETL desde Java EE

```
1  @Asynchronous
2  public void procesarConsumosAsync(String fileName,
3      String usuario, String loadId) {
4      try (Connection conn = dataSource.getConnection()) {
5          try (CallableStatement cs = conn.prepareCall(
6              "{call ESQUEMA_PRINCIPAL.SP_CARGAR_CONSUMOS_BILO38"
7              + "(?, ?, ?)}")) {
8              cs.setString(1, fileName);
9              cs.setString(2, usuario);
10             cs.setString(3, loadId);
11             cs.execute();
12         }
13         // Encolar refresco incremental post-carga
14         if ("COMPLETADO".equals(obtenerEstado(loadId))) {
15             try (CallableStatement cs = conn.prepareCall(
16                 "{call ESQUEMA_PRINCIPAL.SP_REFRESCO_POST_CARGA(?)}")) {
17                 cs.setString(1, loadId);
18                 cs.execute();
19             }
20         }
21     } catch (SQLException e) {
22         registrarError(loadId, e.getMessage());
23     }
24 }
```

El control de concurrencia se hizo con un bloqueo exclusivo sobre la tabla PROCESO_LOCK. El Listado III.6 muestra el mecanismo para tomar el bloqueo.

Listing III.6. Control de concurrencia mediante bloqueo pesimista en Oracle

```

1 connection = dataSource.getConnection();
2 connection.setAutoCommit(false);
3
4 // Adquirir bloqueo exclusivo (falla si otro proceso ya lo tiene)
5 String lockQuery = "SELECT ESTADO "
6     + "FROM ESQUEMA_PRINCIPAL.PROCESO_LOCK "
7     + "WHERE NOMBRE_PROCESO = 'CONSUMPTION_FILE_LOAD'"
8     + " FOR UPDATE NOWAIT";
9 lockStatement = connection.prepareStatement(lockQuery);
10 ResultSet rs = lockStatement.executeQuery();
11
12 if (rs.next()) {
13     String status = rs.getString("ESTADO");
14     if (!"IDLE".equals(status)) {
15         retorno.setEstado(false);
16         retorno.setMensaje("Proceso de carga ocupado.");
17         return retorno;
18     }
19 }
20
21 // Marcar como PROCESSING con usuario y timestamp
22 PreparedStatement update = connection.prepareStatement(
23     "UPDATE ESQUEMA_PRINCIPAL.PROCESO_LOCK "
24     + "SET ESTADO = 'PROCESSING', "
25     + "BLOQUEADO_POR = ?, BLOQUEADO_AT = SYSDATE "
26     + "WHERE NOMBRE_PROCESO = 'CONSUMPTION_FILE_LOAD'");
27 update.setString(1, usuario);
28 update.executeUpdate();

```

La cláusula FOR UPDATE NOWAIT tomó un bloqueo exclusivo sobre la fila. Si otro proceso ya lo tenía, Oracle lanzó ORA-00054 sin esperar y el sistema mostró un mensaje al usuario. El registro del bloqueo guardó la cédula del usuario y la fecha-hora de inicio, datos útiles para identificar procesos abandonados. Al cerrar la carga, ya fuera con éxito o con error, el procedimiento liberó el bloqueo y dejó el estado en IDLE. Un mapa de hilos en la capa Java atendió las solicitudes de cancelación. El usuario detenía la carga desde la pantalla y la orden viajaba al hilo de fondo a través de una bandera atómica.

Capa de servicios, consulta de consumos por páginas

La consulta de consumos con detección de anomalías se expuso en las rutas POST/perrevision/buscar/v2/inspector y POST/perrevision/buscar/v2/admin. El controlador PerRevisionController recibió un objeto con diecinueve parámetros de filtrado y un cursor de salida, y delegó la ejecución al servicio PerRevisionConsultaOptimizadaService, que llamó al procedimiento SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO. El Listado III.7 muestra la llamada al procedimiento de consulta.

Listing III.7. Invocación del procedimiento de revisión de consumos

```
1  cs = conn.prepareCall("{call ESQUEMA_PRINCIPAL."
2    + "SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO"
3    + "(?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)}");
4  cs.setString(1, filtro.getCedulaInspector());
5  cs.setString(2, filtro.getProvincias());
6  cs.setString(3, filtro.getCantones());
7  cs.setString(4, filtro.getParroquias());
8  cs.setString(5, filtro.getTarifas());
9  cs.setInt(6, filtro.getAnioReferencia());
10 cs.setInt(7, filtro.getMesCorte());
11 cs.setString(8, filtro.getTipoRangoDiferencia());
12 cs.setBigDecimal(9, filtro.getMinRango());
13 cs.setBigDecimal(10, filtro.getMaxRango());
14 cs.setString(11, filtro.getDescartarCeros());
15 cs.setInt(12, filtro.getUmbralConsumoExcl());
16 cs.setInt(13, filtro.getFiltroConsumoRepetido());
17 cs.setString(14, filtro.getEstadoContrato());
18 cs.setString(15, filtro.getEstadoRevision());
19 cs.setString(16, filtro.getTerminoBusqueda());
20 cs.setInt(17, filtro.getOffset());
21 cs.setInt(18, filtro.getLimit());
22 cs.setString(19, filtro.getOrdenColumna());
23 cs.registerOutParameter(20, OracleTypes.CURSOR);
24 cs.execute();
25 ResultSet rs = (ResultSet) cs.getObject(20);
```

El cursor de salida devolvió las columnas promedioAnioReferencia, consumoRe
ciente, diferenciaConsumoKWH y diferenciaConsumoPorcentaje. La división

por páginas se resolvió en Oracle con OFFSET/FETCH dentro del procedimiento, con lo cual no fue necesario transferir las 300 000 cuentas al servidor de aplicaciones.

Diseño de consultas con bloques encadenados

El procedimiento SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO armó el bloque encadenado en función de los parámetros de filtrado y ejecutó la consulta como SQL armado al vuelo. La consulta tuvo dos rutas de cálculo. El modo administrador leyó directamente de CONSUMO_VERTICAL sobre todas las cuentas y eliminó duplicados con MIN(ASIGNACION_ID). El modo normal incorporó MV_CUENTAS_INSPECTOR como filtro inicial por inspector y restringió el conjunto a las cuentas asignadas a la cédula que ingresó. El Listado III.8 muestra el bloque encadenado en modo normal.

Listing III.8. CTE generado por SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO en modo normal

```
1 WITH PRE_CALC AS (  
2     SELECT /** MATERIALIZE */  
3         cons.CUENTA AS CUENTA,  
4         cons.ANIO  AS ANIO,  
5         cons.MES AS MES,  
6         CASE WHEN cons.ES_CONSUMO_REAL = 'N' THEN NULL  
7             WHEN cons.CONSUMO_KWH IS NULL THEN NULL  
8             ELSE cons.CONSUMO_KWH  
9         END AS CONSUMO_FILTRADO,  
10        CASE WHEN cons.ES_CONSUMO_REAL = 'N' THEN NULL  
11            WHEN cons.CONSUMO_KWH IS NULL THEN NULL  
12            ELSE cons.CONSUMO_KWH  
13        END AS CONSUMO_RAW  
14    FROM MV_CUENTAS_INSPECTOR mv_ia  
15    JOIN CONSUMO_VERTICAL cons  
16        ON cons.CUENTA = mv_ia.CUENTA  
17    WHERE mv_ia.INSPECTOR_CEDULA = :inspector  
18        AND cons.ANIO IN (:anio_ref, :anio_ref - 1)  
19 ),  
20 CALC_ACTUAL AS (  
21     SELECT CUENTA, CONSUMO_RAW AS CONSUMO_ACTUAL_FILTRADO  
22     FROM PRE_CALC  
23     WHERE ANIO = :anio_ref AND MES = :mes_ref  
24 ),
```

```

25 CALC_REFERENCIA AS (
26     SELECT p.CUENTA,
27            AVG(p.CONSUMO_FILTRADO) AS PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD
28     FROM PRE_CALC p
29     WHERE p.CONSUMO_FILTRADO IS NOT NULL
30           AND (p.ANIO * 12 + p.MES) >= (:anio_ref * 12 + :mes_ref - 12)
31           AND (p.ANIO * 12 + p.MES) < (:anio_ref * 12 + :mes_ref)
32     GROUP BY p.CUENTA
33 ),
34 CALC_DINAMICO AS (
35     SELECT ac.CUENTA,
36            ca.CONSUMO_ACTUAL_FILTRADO,
37            cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD,
38            (ca.CONSUMO_ACTUAL_FILTRADO - cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD)
39            AS DIFERENCIA_KWH,
40            CASE WHEN cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD IS NULL
41                  OR cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD = 0 THEN NULL
42            ELSE ((ca.CONSUMO_ACTUAL_FILTRADO
43                  - cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD)
44                  / cr.PROMEDIO_REF_FILTRADO_YTD) * 100
45            END AS DIFERENCIA_PORCENTAJE
46     FROM (SELECT CUENTA FROM MV_CUENTAS_INSPECTOR
47           WHERE INSPECTOR_CEDULA = :inspector) ac
48     LEFT JOIN CALC_ACTUAL ca      ON ac.CUENTA = ca.CUENTA
49     LEFT JOIN CALC_REFERENCIA cr ON ac.CUENTA = cr.CUENTA
50 )

```

El bloque PRE_CALC limitó la lectura de CONSUMO_VERTICAL al grupo de cuentas del inspector y evitó recorrer las 300 000 cuentas de la zona de concesión. La instrucción MATERIALIZE le indicó a Oracle que evaluara el bloque una sola vez y reutilizara el resultado en los siguientes. CALC_ACTUAL extrajo el consumo del mes elegido por el usuario. CALC_REFERENCIA calculó el promedio de los doce meses anteriores y dejó fuera las lecturas nulas, los ceros y los valores por debajo del umbral configurado, según las banderas P_DESCARTAR_CEROS y P_UMBRAL_CONSUMO_EXCL. CALC_DINAMICO calculó la diferencia en kWh y el porcentaje de desviación, con protección contra divisiones por cero. El filtro por INSPECTOR_CEDULA en PRE_CALC mantuvo acotado

el volumen procesado, sin importar el tamaño total de la tabla, pues las filas leídas dependieron solo de la cantidad de cuentas asignadas a la cédula del usuario.

Autenticación y control de acceso

El acceso al subsistema se protegió con tokens de sesión JWT generados con la biblioteca Auth0. La clase JWTUtil reunió la generación y la validación de tokens, con tres datos firmados, usuario, rol y cédula del inspector. El Listado III.9 muestra la extracción de la cédula desde el token.

Listing III.9. Extracción de la cédula del inspector desde el token JWT

```
1 public String obtenerCedulaDesdeToken(String token) {
2     try {
3         Algorithm algorithm = Algorithm.HMAC512(SECRET);
4         JWTVerifier verifier = JWT.require(algorithm)
5             .withIssuer("EEASA")
6             .build();
7         DecodedJWT decodedJWT = verifier.verify(token);
8         Map<String, Claim> claims = decodedJWT.getClaims();
9         Claim idClaim = claims.get("id");
10        if (idClaim != null && !idClaim.isNull()) {
11            return idClaim.asString();
12        }
13        return null;
14    } catch (JWTVerificationException ex) {
15        return null;
16    }
17 }
```

El verificador exigió que el emisor del token fuera EEASA, el mismo valor fijado al generarlo, y con eso quedaron fuera los tokens firmados por terceros. El claim id guardó la cédula del inspector. Cada ruta del módulo tomó ese valor para filtrar las consultas a la base de datos, y así cada inspector vio solo las cuentas de sus zonas asignadas.

La generación de tokens incluyó una variante con tiempo de vida configurable. El método generarJWTExpire fijó una validez de doce horas (43 200 segundos), tras la cual el token requirió renovación. El método verifyJWTExpire validó la firma y

la vigencia del token. Ambos métodos usaron el algoritmo HMAC-SHA512 para la firma.

Filtro de origen cruzado y seguridad

El acceso desde el navegador al servidor se restringió con un filtro de origen cruzado que verificó el origen de cada solicitud HTTP contra una lista de dominios autorizados. El Listado III.10 presenta la implementación del filtro.

Listing III.10. Filtro CORS con validación de origen por lista blanca

```
1  @Provider
2  public class CORSResponseFilter
3      implements ContainerResponseFilter,
4                  ContainerRequestFilter {
5
6      private static final Set<String> ALLOWED_ORIGINS =
7          new HashSet<>(Arrays.asList(
8              "https://app.institucional.ec",
9              "https://servicios.institucional.ec",
10             "http://servidor-weblogic-interno:7001"
11         ));
12
13     private static final String ALLOWED_METHODS =
14         "GET, POST, PUT, DELETE, OPTIONS";
15     private static final String ALLOWED_HEADERS =
16         "Origin, Content-Type, Accept, "
17         + "Authorization, token, tokenDri, API_KEY";
18
19     @Override
20     public void filter(ContainerRequestContext req)
21         throws IOException {
22         String origin = req.getHeaderString("Origin");
23         if ("OPTIONS".equalsIgnoreCase(req.getMethod())) {
24             if (origin != null
25                 && ALLOWED_ORIGINS.contains(origin)) {
26                 req.abortWith(Response.ok()
27                     .header("Access-Control-Allow-Origin", origin)
28                     .header("Access-Control-Allow-Methods",
29                         ALLOWED_METHODS)
30                     .header("Access-Control-Allow-Headers",
```

```

31         ALLOWED_HEADERS)
32         .header("Access-Control-Allow-Credentials",
33             "true")
34         .header("Access-Control-Max-Age", "3600")
35         .build());
36     } else {
37         req.abortWith(Response.status(
38             Response.Status.FORBIDDEN)
39             .entity("CORS origin denied").build());
40     }
41 }
42 }
43 }

```

El filtro interceptó las solicitudes previas con método OPTIONS que el navegador envía antes de cada petición a otro dominio. Si el dominio de origen no figuraba en la lista, el filtro devolvió un código HTTP 403 con el mensaje CORS origin denied y abortó la solicitud. La lista incluyó el dominio de producción institucional, el servidor de servicios corporativos y la dirección interna del servidor de aplicaciones WebLogic, presentados aquí con nombres genéricos por tratarse de un documento público. El conjunto de cabeceras admitidas amplió la lista por defecto con los nombres propios del subsistema, token, tokenDri y API_KEY, lo que permitió que el navegador adjuntara el JWT en la cabecera personalizada que la capa Angular utilizaba en cada petición. El encabezado Access-Control-Max-Age de 3 600 segundos indicó al navegador que conservara la respuesta previa durante una hora, con lo cual no fue necesario repetir la verificación dentro de esa ventana.

Detección visual de anomalías en la interfaz

La coloración de los doce meses de consumo se resolvió con clases CSS dinámicas en el componente Angular revision-consumos. El sistema comparó cada valor mensual contra el promedio del año de referencia y asignó la clase según el umbral configurado. El Listado III.11 presenta la asignación de clases en la plantilla HTML.

Listing III.11. Clases CSS dinámicas para detección visual de anomalías

```

1 <div class="mes-item"
2   [class.mes-alto]="esMesValido(mes)
3     && mostrarPromedioYDiferencia()
4     && mes.valor! > (obtenerPromedioAnioReferencia(revision) || 0) *
      1.2"
5   [class.mes-bajo]="esMesValido(mes)
6     && mostrarPromedioYDiferencia()
7     && mes.valor! < (obtenerPromedioAnioReferencia(revision) || 0) *
      0.8"
8   [class.mes-bloqueado]="esMesBloqueado(mes) "
9   [class.mes-sin-datos]="esMesSinDatos(mes) "
10  [class.mes-consumo-cero]="esMesConsumoRepetido(mes, revision)">
11  <span class="mes-nombre">{{ mes.nombre }}</span>
12  <span class="mes-valor">{{ obtenerValorMes(mes) }}</span>
13 </div>

```

La Tabla 35 describe los cuatro colores de anomalía implementados en el componente con su criterio de activación.

Tabla 35. Clases CSS para la codificación cromática de anomalías

Clase CSS	Color	Criterio de activación
mes-alto	Azul	Consumo superior al 120 % del promedio del año de referencia
mes-bajo	Rojo	Consumo inferior al 80 % del promedio del año de referencia
mes-consumo-cero	Violeta	Consumo igual o inferior al umbral durante tres meses consecutivos
mes-sin-datos	Naranja	Mes registrado en la base sin valor de consumo

La interfaz reservó una quinta clase `mes-bloqueado` para los meses posteriores al último período de facturación cargado. La clase pintó la celda con fondo gris atenuado, `opacity` en 0.5 y `pointer-events` en `none`, lo que impidió cualquier interacción con la celda. Esta clase no marca una anomalía, solo avisa visualmente que el dato todavía no está disponible.

La detección de tres meses seguidos con consumo bajo se ejecutó en el método `esMeConsumoRepetido()`. El método localizó el mes de referencia del filtro, retrocedió tres meses y verificó que los tres valores quedaran iguales o por debajo del umbral configurado. La lógica reutilizó los datos ya precalculados por la vista materializada `MV_CONSUMO_BAJO_3MESES`, así el navegador no tuvo que recalcular nada.

Generación de archivos Excel

El constructor `report-excel.builder.ts` generó los archivos Excel con la biblioteca `ExcelJS`. El archivo trajo una hoja principal con catorce columnas con datos geográficos, identificadores de cuenta, coordenadas, consumo actual, promedio de referencia y diferencia calculada. El Listado III.12 muestra la estructura de la hoja de validación incluida en el archivo.

Listing III.12. Generación de hoja de validación para resultados de inspección

```
1 // Hoja auxiliar con los valores admitidos
2 const helper = workbook.addWorksheet(
3   'Validation', { state: 'veryHidden' });
4 helper.getColumn(1).values = [
5   'Seleccione el checklist primero',
6   'SIN NOVEDAD',
7   'CON NOVEDAD',
8   'INFRACCION'
9 ];
10
11 // Validacion condicional en la columna de estado
12 const enabledRange = 'Validation!$A$2:$A$4';
13 const blockedRange = 'Validation!$A$1:$A$1';
14 sheet.getCell(`${statusColumn}${row}`)
15   .dataValidation = {
16     type: 'list', allowBlank: false,
17     formulae: [`IF(${chk}${row}="Si",`
18       + `${enabledRange},${blockedRange})`],
19     showErrorMessage: true,
20     error: 'Marque el checklist para habilitar el estado'
21   };
```

La hoja auxiliar quedó con el atributo `veryHidden`, que la oculta del usuario y solo permite mostrarla desde el editor de macros, lo cual evitó que el inspector alterara la lista de valores admitidos. La validación final fue condicional, hasta que el inspector marcó el checklist con Si la celda referenció el rango bloqueado de una sola fila con la leyenda explicativa, y al activarse el checklist la lista cambió al rango con las tres opciones, SIN NOVEDAD, CON NOVEDAD e INFRACCIÓN. Al regresar el archivo Excel al sistema, el inspector cargó los resultados en lote por la ruta `POST /perreportes/upload-excel`, que verificó el formato de columnas y los códigos de cuenta antes de procesar la importación.

Generación de archivos GPX

El constructor `report-gpx.builder.ts` produjo archivos GPX 1.1 compatibles con dispositivos GPS de campo. Cada cuenta seleccionada se representó como un punto de referencia (`<wpt>`) con las coordenadas tomadas del catastro de clientes. El Listado III.13 muestra la estructura de generación.

Listing III.13. Generación de waypoints GPX para rutas de inspección

```

1  const gpxBody = rows.map(row => {
2      const lat = parseCoordinate(row.coordLat ?? row.coordY);
3      const lon = parseCoordinate(row.coordLon ?? row.coordX);
4      if (lat === null || lon === null) return '';
5      const identifier = row.cuen?.trim().length > 0
6          ? row.cuen : row.accountNumber;
7      const name = sanitize(
8          `${identifier} - ${row.customerName}`);
9      const descParts = [
10         `Tarifa: ${sanitize(row.tariffDescription)} `,
11         `Medidor: ${sanitize(row.meterNumber)} `,
12         `Delta Consumo: ${formatDecimal(row.consumptionDelta)} `
13     ];
14     return ` <wpt lat="${lat}" lon="${lon}">\n`
15         + ` <name>${name}</name>\n`
16         + ` <desc>${descParts.join(' | ')}</desc>\n`
17         + ` </wpt>`;
18 }).filter(Boolean).join('\n');
19
20 const gpx = `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>\n`
21     + `<gpx version="1.1" creator="EEASA Api Satelite" `
22     + `xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1">\n`
23     + gpxBody + `</gpx>`;

```

Las coordenadas con coma decimal se cambiaron a punto decimal antes de generar el archivo. Las cuentas sin coordenadas válidas se dejaron fuera del archivo GPX. El inspector cargó el archivo resultante en sus dispositivos GPS portátiles para planificar las rutas en campo, con la ubicación de cada cuenta con anomalía disponible al instante en el dispositivo.

Carga de archivos BIL038 en segundo plano

El componente carga-datos implementó un flujo de carga con respuesta al instante. El archivo BIL038 viajó al servidor en una solicitud multipart/form-data con un identificador único generado en formato UUID. Tras enviarlo, la interfaz consultó el estado del proceso cada cinco segundos hasta recibir COMPLETADO o ERROR. El identificador se guardó en el almacenamiento local del navegador, con lo cual el

usuario pudo navegar a otras secciones y volver a ver el progreso al regresar al módulo de carga.

La Tabla 36 describe los cuatro estados persistidos en la columna ESTADO de la tabla CARGAS_BIL038, fijados por una restricción CHECK y consultados por el polling de la interfaz.

Tabla 36. Estados del ciclo de vida de la carga de archivos BIL038

Estado	Descripción
CARGADO	El archivo terminó de transferirse al servidor y quedó depositado en la tabla temporal a la espera de procesamiento
PROCESANDO	El procedimiento SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038 corre las sentencias MERGE y UNPIVOT sobre la tabla temporal
COMPLETADO	La carga terminó sin errores, el refresco asíncrono quedó encolado y la interfaz mostró las estadísticas de registros procesados
ERROR	Ocurrió una falla durante el procesamiento, el manejador de excepciones revirtió la transacción y guardó el mensaje en CARGAS_BIL038

Servicio de procesamiento de datos para análisis

El servicio Angular ConsumptionDataService transformó los registros crudos de consumo en estructuras listas para los gráficos de tendencias y las tablas de promedios mensuales del módulo de tarifas globales. El Listado III.14 presenta el método principal de transformación.

Listing III.14. Servicio de procesamiento de datos de consumo para análisis

```
1 processConsumptionData(rawData: ConsumptionRecord[])
2   : ProcessedConsumptionData[] {
3   const processedData: ProcessedConsumptionData[] = [];
4   rawData.forEach(record => {
5     const baseDate = this.parseAniomes(record.Aniomes);
6     for (let i = 1; i <= 12; i++) {
7       const kwhKey = `Kwh N${i}`;
8       const consumption = Number(record[kwhKey]) || 0;
9       const monthDate = new Date(baseDate);
10      monthDate.setMonth(
11        monthDate.getMonth() - (i - 1));
12      processedData.push({
```

```

13         year: monthDate.getFullYear(),
14         month: this.MONTH_NAMES[monthDate.getMonth()],
15         monthNumber: monthDate.getMonth() + 1,
16         consumption: consumption,
17         tariff: this.extractTariff(record.Destari),
18         period: `${monthDate.getFullYear()}-${String(
19             monthDate.getMonth() + 1).padStart(2, '0')}`
20     });
21 }
22 });
23 return processedData;
24 }

```

El método recibió los registros en formato horizontal, una fila con doce columnas de N_1 a N_{12} , y los expandió a formato vertical, una entrada por mes, en memoria. Cada columna N_i correspondió al mes actual menos $i - 1$, calculado a partir del campo ANIOMES del archivo BIL038. Esta transformación, equivalente al UNPIVOT de Oracle, permitió que los componentes de visualización agruparan los datos por año, mes y tarifa sin pedir más datos al servidor.

El método generateMonthlyAverageTable agrupó los datos por año y mes, calculó el promedio de consumo de cada celda y ordenó las filas por año en forma descendente. El resultado alimentó la tabla de mapa de calor del módulo de tarifas globales, donde los colores de cada celda reflejaron la magnitud del consumo frente al promedio general del período.

La combinación de Kimball, Hefesto y Kanban entregó los siete módulos web del listado priorizado, un proceso ETL con control de transacción y un conjunto de reglas de detección de anomalías que corren dentro de Oracle. Los requisitos no funcionales quedaron cubiertos con el registro de cargas, la autenticación con tokens, el filtro de origen cruzado y la separación por roles. La validación con el usuario final se documenta en la sección 3.5.

3.5 Pruebas

3.5.1 Pruebas de aceptación

El subsistema se validó con siete pruebas de aceptación, una por historia de usuario, repartidas en las dos entregas incrementales. La entrega 1 cubrió la carga BIL038, la revisión de consumos y la detección de anomalías. La entrega 2 cerró la asignación de zonas, la generación de reportes, el registro de inspección y los KPIs de gestión. El Jefe de Sección de Pérdidas firmó cada prueba tras comparar el resultado obtenido contra el esperado.

La Tabla 37 presenta las pruebas ejecutadas en la Entrega 1.

Tabla 37. Pruebas de aceptación, Entrega 1

Nº	Funcionalidad	Pasos de ejecución	Resultado esperado	Estado
1	Carga de archivos BIL038	Subir archivo BIL038 mediante interfaz de arrastrar y soltar, verificar progreso en las cinco fases y confirmar conteo de registros cargados	El archivo se procesó sin errores y los consumos se almacenaron en la tabla CONSUMO_VERTICAL con el conteo correcto	Aprobado
2	Consulta con filtros avanzados	Activar filtros de provincia, cantón, parroquia y tarifa, ejecutar la consulta y revisar la codificación por color en la tabla de resultados	La tabla presentó únicamente las cuentas que cumplieron los criterios de filtrado, con codificación cromática correcta	Aprobado
3	Detección de anomalías	Configurar umbral de desviación al 50 %, ejecutar la consulta, verificar que las cuentas con consumo inferior aparezcan priorizadas y confirmar exclusión de meses sin facturación	Las cuentas anómalas se identificaron y ordenaron por diferencia porcentual descendente	Aprobado

La Tabla 38 presenta las pruebas ejecutadas en la Entrega 2.

Tabla 38. Pruebas de aceptación, Entrega 2

Nº	Funcionalidad	Pasos de ejecución	Resultado esperado	Estado
4	Asignación de zonas a inspectores	Seleccionar inspector, asignar parroquia mediante árbol jerárquico, guardar y verificar actualización de MV_CUENTAS_INSPECTOR	La asignación se registró y la consulta del inspector reflejó únicamente las cuentas de la zona asignada	Aprobado
5	Generación de reportes	Seleccionar cuentas anómalas, generar reporte Excel y archivo GPX y verificar columnas del Excel y coordenadas del GPX	El Excel incluyó las nueve columnas definidas y el GPX contuvo los puntos geográficos de cada cuenta	Aprobado
6	Registro de inspección	Seleccionar reporte pendiente, registrar resultado de cuentas, intentar cerrar con cuentas sin resultado, completar registro y cerrar	El sistema bloqueó el cierre con cuentas pendientes y permitió el cierre al completar todas las cuentas	Aprobado
7	KPIs de gestión	Acceder al módulo de administración, verificar KPIs acumulados y del mes y comparar con registros manuales	Los indicadores coincidieron con los valores verificados manualmente	Aprobado

Las siete pruebas pasaron sin observaciones del usuario y la EEASA autorizó el paso a producción. Estas pruebas de aceptación, junto con las métricas de procesamiento de la sección 3.8.3 y la validación del Jefe de Sección de Pérdidas, conformaron la evaluación del subsistema implementado y verificaron el tercer objetivo específico.

Cada prueba se ejecutó en presencia del Jefe de Sección de Pérdidas, responsable de la validación, en la fecha de ejecución registrada en el acta correspondiente, entre el 10 de diciembre de 2025 y el 25 de marzo de 2026. El resultado de cada caso se contrastó contra el resultado esperado y la conformidad del área quedó respaldada por la carta de aceptación y culminación del proyecto del Anexo A, que certifica la aprobación institucional de los entregables. La Tabla 39 consolida la trazabilidad documental de las siete pruebas.

Tabla 39. Trazabilidad documental de las pruebas de aceptación

Elemento	Detalle
Responsable de la validación	Jefe de Sección de Pérdidas
Ejecución	Siete sesiones de validación, una por historia, entre diciembre de 2025 y marzo de 2026
Casos ejecutados	Siete pruebas de aceptación, una por historia de usuario
Resultado	Las siete aprobadas
Incidencias registradas	Ninguna
Actas de prueba firmadas	Una por caso, suscritas por el Jefe de Sección de Pérdidas (Anexo C)
Acta de conformidad	Carta de aceptación y culminación del proyecto (Anexo A)

El alcance de la validación se centró en pruebas de aceptación funcionales, una por historia de usuario. Algunos aspectos no funcionales se verificaron de forma puntual durante el desarrollo, esto es, la concurrencia mediante el bloqueo FOR UPDATE NOWAIT del proceso de carga, el rendimiento mediante la medición de los tiempos del ETL y la seguridad mediante la autenticación por token JWT con filtro de origen cruzado. Las pruebas formales de carga, estrés, concurrencia, recuperación ante fallos y verificación exhaustiva de permisos quedaron fuera del alcance de este trabajo y se plantean como línea de trabajo futuro. La Tabla 40 resume el alcance de las pruebas aplicadas y las proyectadas como trabajo futuro.

Tabla 40. Alcance de las pruebas del subsistema

Categoría	Pruebas	Estado
Funcionales de aceptación	Siete casos, uno por historia de usuario	Ejecutadas
No funcionales verificadas de forma puntual	Concurrencia con FOR UPDATE NOWAIT, rendimiento con la medición de tiempos del ETL y seguridad con token JWT y filtro de origen cruzado	Verificación puntual
Pruebas formales no abordadas	Carga, estrés, recuperación ante fallos, concurrencia masiva, pruebas negativas y verificación exhaustiva de permisos	Trabajo futuro

3.5.2 Verificaciones técnicas complementarias

Además de las pruebas funcionales de aceptación, durante el desarrollo y las sesiones de cierre se ejecutaron verificaciones técnicas puntuales sobre el rendimiento, la seguridad y la integridad transaccional del subsistema. Cada verificación siguió un procedimiento definido y produjo un resultado observable. La Tabla 41 las documenta con la referencia a la sección donde se describe el mecanismo correspondiente.

Tabla 41. Verificaciones técnicas complementarias del subsistema

Aspecto	Procedimiento de verificación	Resultado	Referencia
Rendimiento del ETL	Medición del tiempo y del throughput de las cinco cargas BIL038 ejecutadas en producción	Promedio de 147 segundos por archivo y 2 110 registros por segundo en el agregado	Secc. 3.8.3
Reversión transaccional del ETL	Carga de un archivo con formato inválido para forzar el fallo del procedimiento almacenado	La transacción se revirtió completa, la carga quedó con estado ERROR en CARGAS_BIL038 y no quedaron filas parciales en CONSUMO_VERTICAL	Secc. 3.4.13
Concurrencia de cargas	Intento de iniciar una segunda carga mientras otra estaba en curso	El bloqueo FOR UPDATE NOWAIT rechazó la segunda carga y preservó la transacción activa	Secc. 3.4.11
Consulta paginada	Ejecución de SP_REVISION_CONSUMOS_PAGINADO con páginas de 50 registros sobre el histórico completo	La paginación se resolvió en el servidor y la respuesta se mantuvo interactiva sobre 15,83 millones de filas durante las sesiones de validación	Secc. 3.4.13
Control de acceso por rol	Ingreso con un usuario inspector e intento de acceso a las rutas del administrador	La guarda de rutas y el menú por perfil bloquearon el acceso y el servicio devolvió el error de autorización	Secc. 3.4.13
Autenticación JWT	Petición REST con token vencido y petición sin token	El interceptor rechazó ambas peticiones con código 401 y la sesión regresó a la pantalla de ingreso	Secc. 3.4.13
Filtro de origen cruzado	Petición desde un origen fuera de la lista blanca configurada	El filtro CORS bloqueó la solicitud y aceptó únicamente los orígenes registrados	Secc. 3.4.13

Estas verificaciones complementaron las pruebas de aceptación sin sustituir a las pruebas formales de carga, estrés y recuperación ante fallos, que se mantienen como trabajo futuro según la Tabla 40.

3.6 Implantación

3.6.1 Despliegue del subsistema

El despliegue siguió el procedimiento que la EEASA aplica a sus aplicaciones satélite SAP. La interfaz Angular se compiló con `ng build --configuration=production`. El compilador entregó los archivos estáticos minificados que pasaron al proyecto Java EE como recursos del módulo web. La misma compilación llevó el indicador `-base-href/satelite/` para que el SPA respondiera al prefijo institucional. Sin ese prefijo WebLogic no separa el subsistema del resto del conjunto Satélite SAP.

Apache Maven empaquetó el módulo Java EE 7 en un archivo WAR. El descriptor `web.xml` declaró las rutas JAX-RS y `weblogic.xml` fijó la ruta raíz del contexto dentro de WebLogic.

El equipo de infraestructura tecnológica de la EEASA tomó el WAR y lo publicó en Oracle WebLogic 14c, el servidor donde reside el conjunto Satélite SAP de la empresa. El subsistema quedó accesible en la dirección institucional,

`https://app.eeasa.com.ec/satelite/#/`

El módulo de control de pérdidas apareció como una entrada del menú lateral del sistema Satélite EEASA. El administrador vio las seis opciones completas (carga de datos, revisión de consumos, gestión de inspectores, asignación de zonas, reportes y tarifas globales). El inspector solo vio revisión de consumos y gestión de reportes.

La Tabla 42 resume la configuración del entorno de producción.

Tabla 42. Configuración del entorno de despliegue

Componente	Configuración
Servidor de aplicaciones	Oracle WebLogic Server 14c
Base de datos	Oracle Database (instancia corporativa de la EEASA)
Interfaz de usuario	Angular 18 compilado en modo producción
Servidor de servicios	Java EE 7 empaquetado como WAR
Protocolo	HTTPS con certificado institucional
Dirección de acceso	https://app.eeasa.com.ec/satelite/#/
Autenticación	Token de sesión JWT firmado con HMAC SHA-512

Tras la publicación el subsistema entró en operación dentro del conjunto Satélite SAP, con autenticación por token de sesión emitido desde el dominio institucional.

3.7 Mantenimiento y crecimiento iterativo

Tras el despliegue, el ciclo Kimball entró en su fase de mantenimiento. Esta fase agrupó las actividades que sostuvieron la calidad de los datos y el tiempo de respuesta del subsistema [18].

3.7.1 Conciliación y monitoreo de datos

La conciliación de datos se apoyó en CARGAS_BILO38 y CARGA_CUENTAS_TRACKING, donde el subsistema dejó el rastro de cada ejecución del procedimiento SP_CARGAR_CONSUMOS_BILO38. Cada carga registró su identificador, el usuario que la ejecutó, las marcas de tiempo de inicio y fin y los mensajes de advertencia o error volcados en PROCESO_LOG. Con ese rastro el operador recuperó el detalle de cualquier carga histórica y revirtió por identificador cuando hizo falta rehacer un período.

3.7.2 Optimización del rendimiento

Las vistas materializadas MV_CONSUMO_BAJO_3MESES, MV_CUENTAS_INSPECTOR y MV_TARIFAS_VIGENTES concentraron las uniones y los filtros más costosos. Una vez precalculadas, las consultas del tablero leyeron resultados ya armados en lugar de recalcular en línea. El refresco quedó en manos de DBMS_SCHEDULER, que tomó el

trabajo del procedimiento SP_REFRESCO_POST_CARGA al terminar cada carga BIL038. La tabla CACHE_CALCULOS cargó los promedios anuales por cuenta y se actualizó con SP_REFRESCAR_CACHE_DELTA, que recalculó solo las cuentas registradas en CARGA_CUENTAS_TRACKING. Así el recálculo no recorrió las 300 000 cuentas en cada carga sino apenas el subconjunto modificado. En producción se revisaron los planes de ejecución de Oracle y se ajustaron los índices sobre CONSUMO_VERTICAL y CACHE_CALCULOS cuando las consultas por páginas mostraron tiempos por encima del umbral.

3.7.3 Crecimiento del Data Warehouse

La fase de crecimiento del ciclo Kimball recomienda incorporar nuevos procesos de negocio o dimensiones compartidas por iteraciones [18]. El subsistema dejó la tabla de hechos central CONSUMO_VERTICAL, con granularidad cuenta contrato por año y mes. Las dimensiones conformadas fueron CATASTRO_CLIENTE, TARIFAS y V_INSPECTORES. La EEASA podía sumar nuevas tablas de hechos sobre esa base sin tocar el modelo dimensional. La matriz de bus empresarial de la Tabla 30 señala los puntos de extensión. Una tabla de hechos de facturación granular por cuenta y mes reutilizaría CATASTRO_CLIENTE y TARIFAS sin tocar el ETL ya operativo. Una tabla de hechos de reclamos por cuenta y fecha aprovecharía CATASTRO_CLIENTE y V_INSPECTORES para cruzar con la ubicación geográfica. Cada iteración añade una tabla de hechos y sus preguntas de negocio asociadas.

3.8 Resultados

3.8.1 Resultados del análisis del proceso de detección

El análisis del proceso vigente de detección de pérdidas no técnicas se cuantificó a partir de la entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y de la ficha de observación directa aplicadas durante la fase de levantamiento. La Tabla 43 contrasta los indicadores del procedimiento manual previo con el subsistema BI puesto en operación.

Tabla 43. Cuantificación del análisis del proceso de detección de pérdidas no técnicas

Indicador	Proceso manual	Subsistema BI
Procesos del flujo de detección	6 manuales	7 automatizados
Tiempo de procesamiento de datos	5 a 10 días hábiles (ciclo operativo completo)	147 s de carga ETL, con consulta y reporte en segundos
Operadores activos en el flujo	1 responsable único	2 roles diferenciados
Archivos BIL038 procesados por mes	1 archivo manual	1 archivo automatizado
Trazabilidad de análisis ejecutados	Sin registro centralizado	Registro en CARGAS_BIL038
Umbrales de detección documentados	No definidos	Parámetros configurables
Instrumentos del levantamiento aplicados	Entrevista de 10 preguntas y ficha de 10 aspectos	—
Problemas críticos identificados	4 problemas concretos	Resueltos por el subsistema
Requisitos derivados del diagnóstico	9 funcionales y 5 no funcionales	100 % incorporados al diseño

El diagnóstico identificó seis procesos manuales que el subsistema reemplazó por siete procesos automatizados detallados en la Tabla 8. El ciclo manual de 5 a 10 días hábiles comprendía la descarga, el procesamiento, el análisis, la asignación y la generación del reporte. El subsistema separó esas etapas en métricas independientes que la Tabla 44 desglosa, esto es, un tiempo de carga y transformación del archivo BIL038 de 147 segundos en promedio, una consulta paginada con cálculo de desviaciones por debajo de dos segundos y la generación de cada reporte de inspección resuelta en segundos. La cifra de 147 segundos frente a los 5 a 10 días corresponde al cuello de botella del procesamiento de datos, no al ciclo operativo completo hasta la inspección en campo, que depende además de la disponibilidad del personal. La operación pasó de un único responsable a dos roles diferenciados con autenticación JWT, y registró la trazabilidad de cada acción ejecutada en el sistema. El levantamiento derivó en catorce requisitos formales, nueve funcionales y cinco no funcionales, atendidos en su totalidad por el diseño posterior.

Tabla 44. Desglose de los tiempos del subsistema frente al ciclo manual

Métrica	Tiempo
Carga y transformación ETL del archivo BIL038	147 s en promedio
Consulta paginada con cálculo de desviaciones	Menos de 2 s
Generación de un reporte de inspección	Segundos
Ciclo operativo total hasta la inspección en campo	Según disponibilidad del personal
Ciclo manual equivalente previo	5 a 10 días hábiles

3.8.2 Resultados del diseño de la arquitectura y del modelo dimensional

El diseño de la arquitectura del subsistema y del modelo dimensional del Data Warehouse produjo los componentes técnicos enumerados en la Tabla 45. Cada componente quedó documentado en las secciones previas del Capítulo III y se verificó contra el catálogo de requisitos levantado en la fase de análisis.

Tabla 45. Componentes técnicos resultado del diseño del subsistema

Componente del diseño	Cantidad
Requisitos funcionales formalizados y cumplidos (RF-01 a RF-09)	9
Requisitos no funcionales formalizados y cumplidos (RNF-01 a RNF-05)	5
Historias de usuario derivadas (HU-01 a HU-07)	7
Metodologías evaluadas en la matriz Likert	3
Criterios de evaluación aplicados sobre cada metodología	9
Zonas arquitectónicas del subsistema (Back Room y Front Room)	2
Tabla de hechos del modelo dimensional	1
Dimensiones conformadas del modelo estrella	3
Vistas materializadas precalculadas en Oracle	3
Procedimientos almacenados del proceso ETL	5
Interacciones del diagrama de secuencia del ETL	6

El diseño formalizó catorce requisitos en total, verificados contra el catálogo y atendidos en su totalidad por el subsistema. La matriz comparativa documentada en la sección 3.4.1 otorgó 27 sobre 27 a Hefesto en los nueve criterios evaluados, frente a 18 puntos de Kimball y 17 de SAS Rapid, lo que respaldó cuantitativamente

la elección metodológica. El modelo dimensional centró el procesamiento en la tabla de hechos CONSUMO_VERTICAL y precalculó las consultas más pesadas en tres vistas materializadas refrescadas por SP_REFRESCO_POST_CARGA a través de DBMS_SCHEDULER.

3.8.3 Carga histórica del archivo BIL038, 2022 a 2026

El subsistema procesó cinco archivos BIL038 que cubrieron desde enero de 2022 hasta marzo de 2026, en orden cronológico, primero los archivos de cierre 2022 a 2024, después el archivo de diciembre de 2025 y finalmente el archivo de marzo de 2026. La Tabla 46 consolida los tiempos y volúmenes de cada carga.

Tabla 46. Cargas BIL038 procesadas en producción

Período	Archivo	Registros	Inactivos	Tiempo (s)	Reg./s
202212	BIL038_202212.csv	297 538	0	95	3 132
202312	BIL038_202312.csv	308 506	4 631	121	2 550
202412	BIL038_202412.csv	310 740	13 911	121	2 568
202512	BIL038_202512.csv	315 143	22 843	233	1 353
202603	BIL038_202603.csv	316 903	24 367	164	1 932
Promedio	5 archivos	309 766	13 150	147	2 110

La Figura 31 muestra las notificaciones del sistema tras procesar los archivos de 2022, 2023 y 2024 en la primera tanda de carga.

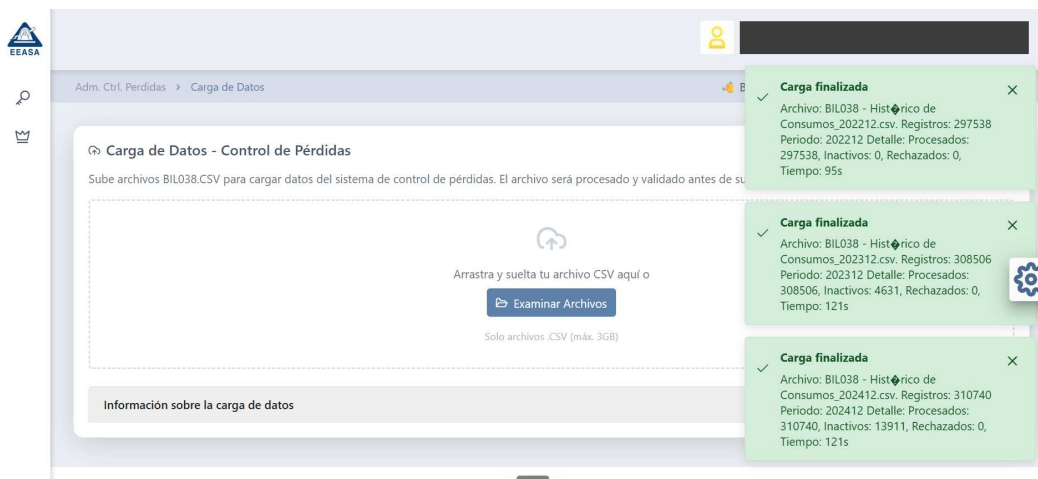


Figura 31. Notificaciones de carga finalizada para los archivos BIL038 de 2022, 2023 y 2024

La Figura 32 presenta las notificaciones tras cargar 202512 y 202603 sobre la base ya poblada, condición que probó la operación del refresco incremental.

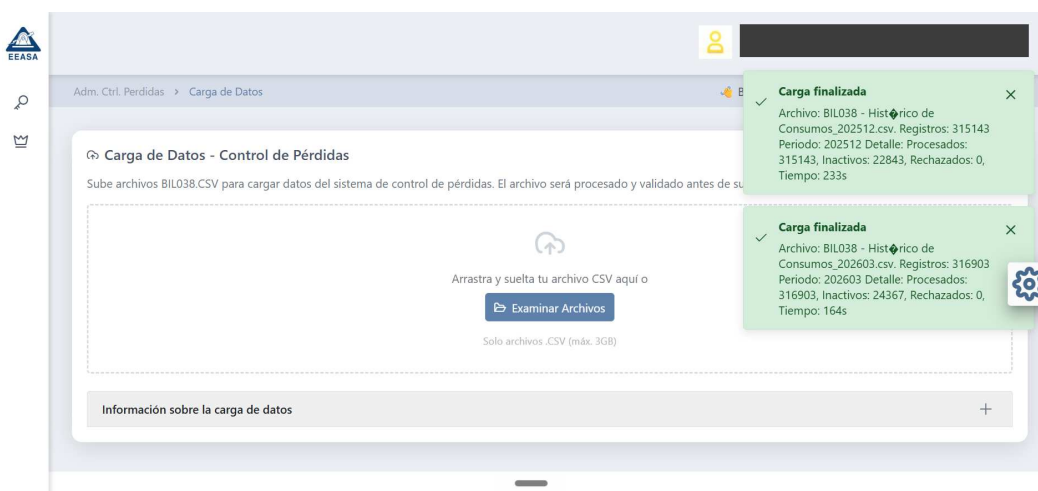


Figura 32. Notificaciones de carga finalizada para los archivos BIL038 de 2025 y de marzo de 2026

La Figura 33 traduce los tiempos de la Tabla 46 a un gráfico de barras.

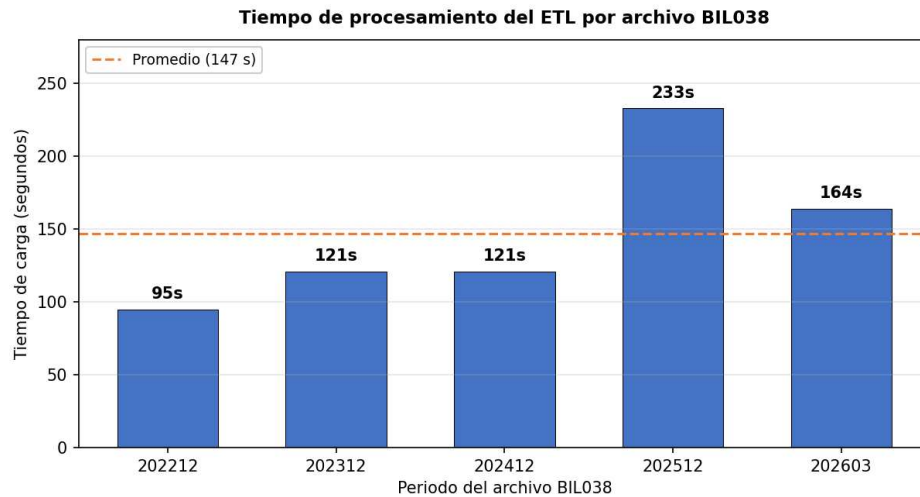


Figura 33. Tiempo de procesamiento del ETL por archivo BIL038, en segundos

El tiempo promedio de carga se mantuvo en 147 segundos por archivo, con un valor atípico de 233 segundos durante el período 202512 posiblemente asociado a la carga concurrente del servidor de aplicaciones. El throughput agregado del ETL alcanzó 2 110 registros por segundo, calculado sobre 1 548 830 registros totales procesados en 734 segundos acumulados de las cinco cargas. Esta cifra fue posible gracias al `MERGE` con `UNPIVOT INCLUDE NULLS` y al refresco delta encolado por `SP_REFRESCO_POST_CARGA` en `DBMS_SCHEDULER`.

3.8.4 Volumen del Data Warehouse y composición del histórico

La carga de los cinco archivos consolidó el histórico de consumos eléctricos de la EEASA dentro de la tabla de hechos `CONSUMO_VERTICAL`. La Tabla 47 sintetiza el volumen acumulado y la composición de las lecturas.

Tabla 47. Volumen del Data Warehouse al cierre de la carga histórica

Indicador	Valor
Registros totales en CONSUMO_VERTICAL	15 829 781
Cuentas contrato únicas cargadas	341 270
Período inicial (ANIOMES)	202201
Período final (ANIOMES)	202603
Volumen en millones de registros	15,83
Lecturas reales (ES_CONSUMO_REAL = 'Y')	12 739 744
Lecturas inferidas (ES_CONSUMO_REAL = 'N')	3 090 037
Porcentaje de lecturas reales	80,48 %

El Data Warehouse cerró con 15,83 millones de registros y 341 270 cuentas contrato. El 80,48 % de las lecturas correspondió a consumos reales facturados y el resto a meses inferidos por servicios desconectados o sin lectura registrada. Esta separación habilitó al algoritmo de detección a descartar lecturas inferidas del cálculo del promedio, como se documentó en la sección 3.4.11.

3.8.5 Cobertura geográfica y estado de las cuentas contrato

La Tabla 48 presenta la distribución de las cuentas contrato del catastro corporativo, agrupadas por provincia.

Tabla 48. Cobertura geográfica del subsistema por provincia

Provincia	Cantones	Parroquias	Total	Activas	Activas (%)
Tungurahua	9	65	262 869	242 517	92,26
Pastaza	4	20	39 637	34 957	88,19
Napo	3	12	37 535	33 931	90,40
Morona Santiago	3	8	7 571	6 556	86,59
Cotopaxi	1	2	53	52	98,11
Sin geolocalizar (huérfanas)	—	—	19 379	29	0,15
Total	20	107	367 044	318 042	86,65

El subsistema cubrió las cinco provincias del área de concesión de la EEASA, con 20 cantones y 107 parroquias. La provincia de Tungurahua concentró 262 869 cuentas, lo que equivale al 71,6 % del total. Las 19 379 cuentas marcadas como huérfanas correspondieron a registros del catastro corporativo de la EEASA que no contaban con la asignación provincial o cantonal en el sistema fuente al momento de la consulta.

El universo geolocalizado de 347 665 cuentas (367 044 menos 19 379 huérfanas) supera en 6 395 cuentas a las 341 270 cuentas únicas presentes en CONSUMO_VERTICAL (Tabla 47). La diferencia procede del diseño dimensional, esto es, la Tabla 47 contabiliza cuentas con al menos una lectura BIL038 cargada en la tabla de hechos, mientras que la Tabla 48 contabiliza el universo registrado en la dimensión CATASTR0_CLIENTE, donde residen también cuentas dadas de alta en el catastro sin lecturas en el rango cargado.

La gestión operativa del personal de campo se centralizó en el módulo de inspectores. La Figura 34 muestra el panel de asignación con dos inspectores y los cambios pendientes de guardar antes de aplicar las nuevas zonas.

The screenshot displays the EEASA system interface for inspector assignment. At the top left is the EEASA logo. A user profile icon is visible in the top right. The main section is titled 'Selección de Inspector' and contains a search bar labeled 'Buscar y Seleccionar Inspector:'. Below this, there is a section titled 'CAMBIOS PENDIENTES POR GUARDAR:' which shows two inspector cards. The first card indicates '4 zona(s)' and '4 nueva(s)', while the second card indicates '2 zona(s)' and '2 nueva(s)'. At the bottom, there are two panels: 'DATOS DEL INSPECTOR:' with fields for 'Cedula:' and 'Nombre:', and 'ZONAS ASIGNADAS:' with a field for 'Tarifas Asignadas:'.

Figura 34. Panel de asignación de inspectores con cambios pendientes por aplicar

3.8.6 Detección de anomalías y reporte georreferenciado

La vista materializada MV_CONSUMO_BAJO_3MESES identificó las cuentas con consumo bajo el umbral configurado durante tres meses consecutivos sobre el histórico de cinco años. La Tabla 49 resume los resultados del algoritmo.

Tabla 49. Anomalías detectadas por el subsistema sobre el histórico cargado

Indicador	Valor
Cuentas candidatas a inspección (no infractores confirmados)	19 975
Inspectores asignados sobre las anomalías (entorno piloto)	2
Consumo promedio de los meses anómalos (kWh)	132,67
Consumo mínimo registrado (kWh)	0
Consumo máximo registrado (kWh)	24 776

El algoritmo marcó 19 975 cuentas contrato, equivalentes al 5,85 % del total cargado en CONSUMO_VERTICAL y al 6,28 % de las cuentas activas, como candidatas para inspección por consumo bajo sostenido durante tres meses consecutivos. El subsistema produjo un archivo GPX en formato 1.1 estándar con las coordenadas de cada cuenta seleccionada. La Figura 35 muestra el archivo GPX visualizado sobre el mapa de la zona de concesión.

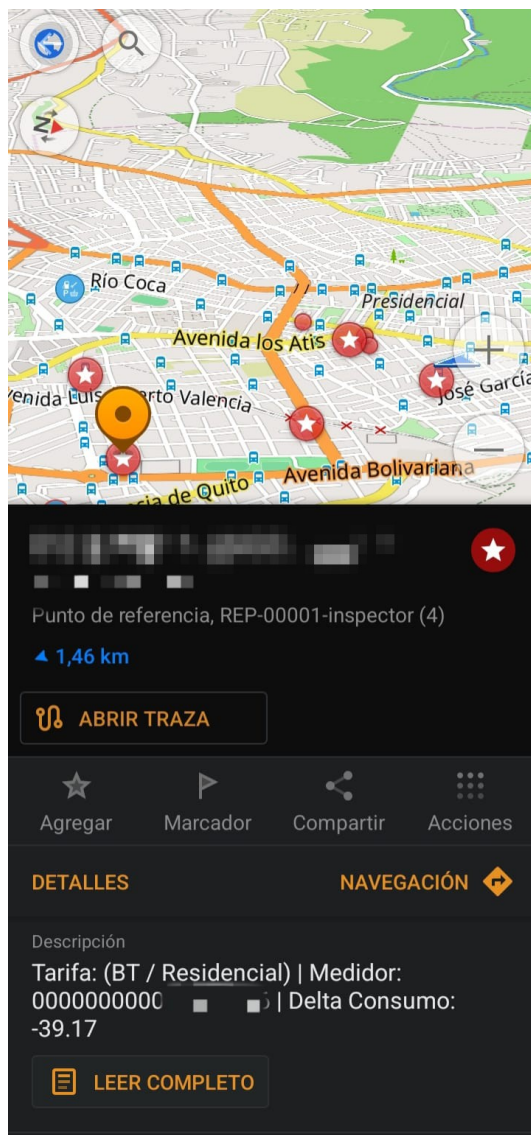


Figura 35. Archivo GPX generado por el subsistema visualizado en una herramienta GPS sobre el mapa de la zona de concesión

El umbral de tres meses consecutivos y el corte de consumo se fijaron a partir de la entrevista con el Jefe de Sección de Pérdidas, parámetros configurables en la interfaz que admiten ajuste posterior según la realidad operativa de cada zona. El conjunto de 19 975 cuentas representa el universo inicial de candidatos sobre el cual el equipo de inspección priorizó las visitas en campo. El subsistema entregó candidatos a inspección, no infractores confirmados. La precisión del algoritmo, esto es, la proporción de candidatos que corresponden a irregularidades reales, junto con los falsos positivos y los falsos negativos, solo puede establecerse al contrastar estas cuentas con los resultados de la inspección en campo. Esa medición excedió

el alcance del presente trabajo, que validó la detección y la generación del reporte georreferenciado, y se plantea como línea futura una vez consolidado el registro de resultados de campo.

3.8.7 Aceptación institucional y comparativa con el proceso manual

La Tabla 50 contrasta las características del proceso manual anterior con las del subsistema BI en operación, sobre la base de la entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y de la ficha de observación aplicadas antes de la implementación.

Tabla 50. Comparativa cualitativa del proceso manual frente al subsistema BI

Aspecto	Proceso manual (antes)	Subsistema BI (después)
Procesamiento del archivo BIL038	Descarga manual desde SAP CI-S/CRM y conversión con guiones improvisados o tablas dinámicas, dependiente del operador	Carga en segundo plano en Oracle con SP_CARGAR_CONSUMOS_BIL038, MERGE, UNPIVOT y registro en CARGAS_BIL038
Generación de reportes de inspección	Consolidación manual en hojas de cálculo enviadas por correo electrónico	Generación automática de Excel, GPX y PDF con SP_CREAR_REPORTE y SP_EXPORTAR_REPORTE
Trazabilidad de análisis realizados	Sin registro centralizado del autor, los parámetros ni la fecha de cada análisis	Registro automático en CARGAS_BIL038, REPORTE y EXPORTACIONES_REPORTE con fecha, usuario y versión
Asignación de zonas a inspectores	Comunicación verbal o por correo electrónico, sin historial centralizado	Asignación centralizada en CUENTAS_ASIGNADAS con registro de fecha, usuario y zona
Detección de consumo bajo en 3 meses seguidos	Revisión manual parcial, sujeta a la disponibilidad del operador	Vista materializada MV_CONSUMO_BAJO_3MESES sobre 341 270 cuentas
Cobertura de cuentas analizadas	Parcial, condicionada al tiempo del operador	Histórico de 15,83 millones de registros en CONSUMO_VERTICAL

La comparación se cuantificó con los indicadores medidos durante la carga histórica y la operación inicial del subsistema. La conversión del ciclo manual a horas asumió la jornada laboral de ocho horas, de modo que los cinco a diez días hábiles reportados en la entrevista equivalieron a 40 a 80 horas laborables. El ciclo automatizado

comprendió la carga del archivo BIL038 y la revisión de los resultados en pantalla, medido sobre el archivo del período 202603, el más reciente procesado en producción. Las tareas de inspección en campo quedaron excluidas de ambos escenarios por ser posteriores a la detección. La Tabla 51 presenta los indicadores.

Tabla 51. Comparativa cuantitativa del ciclo de detección, proceso manual frente al subsistema BI

Indicador	Proceso manual (antes)	Subsistema BI (después)	Variación
Duración del ciclo de detección	5 a 10 días hábiles, 40 a 80 horas laborables	Carga ETL de 164 segundos para el período 202603 y revisión en pantalla, ciclo total inferior a una hora	Reducción del 97,5 al 98,75 %
Cuentas procesadas por ciclo	Subconjunto parcial, condicionado al tiempo del operador	316 903 cuentas del archivo 202603, totalidad de cuentas con lectura	Cobertura total del archivo
Histórico disponible para el análisis	Archivo del período en curso	15,83 millones de lecturas de 2022 a 2026 en CONSUMO_VERTICAL	Histórico completo en línea
Cuentas con consumo bajo sostenido	Revisión parcial sin criterio uniforme	19 975 cuentas candidatas marcadas de forma automática	Universo completo evaluado
Velocidad de procesamiento	Sin medición, dependiente del operador	2 110 registros por segundo en el agregado de cinco cargas	Medición auditable
Usuarios con acceso simultáneo	Un operador con hojas de cálculo locales	Administrador e inspectores sobre la misma plataforma web	Plataforma compartida

Tras las siete pruebas de aceptación documentadas en la sección 3.5.1, la validación de la carga histórica de cinco años en producción y la verificación de las métricas del Data Warehouse, la EEASA emitió la carta de aceptación y culminación del proyecto, presentada en el Anexo A. Los hallazgos cuantitativos de esta sección sustentan las conclusiones específicas del trabajo presentadas en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se analizó el proceso de detección de pérdidas no técnicas mediante entrevista al Jefe de Sección de Pérdidas y ficha de observación directa, evidenciando las limitaciones del flujo manual, la ausencia de una integración automatizada directa con SAP CIS/CRM y la dependencia de archivos BIL038 procesados de forma manual, lo que justificó la necesidad de un subsistema web propio respaldado por un Data Warehouse con integración operativa mediante esos archivos. La triangulación de ambos instrumentos derivó en nueve requisitos funcionales y cinco no funcionales, registrados en la sección 3.4.7 y avalados por la firma del responsable de área.
- Se diseñó la arquitectura del subsistema y del flujo BI Operacional combinando el ciclo de vida Kimball DW/BI como marco general del proyecto, Hefesto para el modelado dimensional dentro de la pista de datos y Kanban para la gestión del desarrollo, sin que una metodología sustituyera a otra. La arquitectura separó la zona del Back Room de la del Front Room y centró el modelo dimensional en la tabla de hechos CONSUMO_VERTICAL, con tres dimensiones conformadas y tres vistas materializadas. La matriz de la sección 3.4.1, tomada de Silva Peñafiel et al., otorgó 27 sobre 27 a Hefesto frente a 18 de Kimball y 17 de SAS Rapid, valoración que respaldó la elección de Hefesto como técnica de modelado dimensional dentro del ciclo de vida Kimball, no como reemplazo de este.
- La implementación del subsistema entregó siete módulos web diferenciados por rol y un proceso ETL automatizado sobre Java EE 7 y Oracle WebLogic 14c, facilitando la integración con la base Oracle de SAP CIS/CRM y con los archivos BIL038, y se desplegó dentro del conjunto Satélite SAP de la EEASA. Las siete pruebas de aceptación documentadas en la sección 3.5.1 se aprobaron sin observaciones y la carga histórica del archivo BIL038 sobre el período 2022 a 2026 acumuló 15,83 millones de registros sobre 341 270 cuentas contrato con lectura registrada, dentro de un catastro corporativo de 367 044 cuentas.
- La puesta en operación del subsistema cumplió el objetivo general al automatizar la detección de anomalías de consumo asociadas a posibles pérdidas no técnicas,

el monitoreo del proceso y el apoyo al control operacional, mejorar la trazabilidad, reducir el ciclo de detección de cinco a diez días hábiles a menos de una hora, una reducción de entre el 97,5 y el 98,75 %, y dotar a la Sección de Pérdidas de una plataforma uniforme para administradores e inspectores. Esta evaluación, sustentada en las siete pruebas de aceptación y en las métricas de procesamiento, verificó el tercer objetivo específico y el objetivo general, sin constituir un objetivo independiente. El throughput agregado del ETL alcanzó 2 110 registros por segundo, la cobertura geográfica se sostuvo sobre cinco provincias, 20 cantones y 107 parroquias, y la detección automática marcó 19 975 cuentas candidatas a inspección por consumo bajo sostenido. Como limitación explícita, el subsistema priorizó las inspecciones de campo sin confirmar por sí mismo la existencia de pérdidas, de modo que la precisión del criterio, los falsos positivos y los falsos negativos solo pueden medirse con los resultados de las inspecciones ejecutadas.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda establecer un plan de mantenimiento que preserve la estabilidad del subsistema y lo adapte a nuevas disposiciones de ARCONEL o a cambios internos en el proceso de facturación de la EEASA, revisando de forma periódica el catálogo de requisitos funcionales y no funcionales y los indicadores de operación. Los instrumentos de levantamiento de información sirvieron al diagnóstico inicial, por lo que solo conviene volver a aplicarlos si el proceso de negocio cambia de manera sustancial.
- Conviene extender la arquitectura del Data Warehouse hacia los procesos de facturación, recaudación y reclamos, aprovechando las dimensiones conformadas CATASTRO_CLIENTE, TARIFAS y V_INSPECTORES ya implementadas, de modo que las nuevas tablas de hechos se incorporen sin alterar el modelo dimensional vigente.
- Resulta pertinente incorporar algoritmos de aprendizaje automático no supervisado, como Isolation Forest o Local Outlier Factor, sobre los registros acumulados en CONSUMO_VERTICAL, para detectar patrones de consumo irregular que el umbral estadístico fijo no capta, como las caídas escalonadas sostenidas durante el año.

- Se sugiere evaluar, sujeto a las políticas de infraestructura de la EEASA que hoy restringen el acceso directo a SAP CIS/CRM, una integración de los servicios web REST del subsistema con esa plataforma para automatizar la extracción periódica de los archivos BIL038. De aprobarse mediante los mecanismos autorizados por el área de infraestructura, esa integración cerraría el ciclo ETL dentro de la infraestructura corporativa y reduciría el tiempo de carga al cómputo neto del servidor de aplicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. A. Yépez García y R. Jiménez Mori, *Economía de las pérdidas de electricidad en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, 2024. dirección: <https://publications.iadb.org/es/economia-de-las-perdidas-de-electricidad-en-america-latina-y-el-caribe>.
- [2] F. A. González-Torrez y M. M. Zambrano-Intriago, “La influencia de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica en el presupuesto de Corporación Nacional de Electricidad – Unidad de Negocio Guayaquil,” *Journal Scientific MQRInvestigar*, vol. 8, n.º 4, págs. 3795-3816, dic. de 2024. DOI: [10.56048/MQR20225.8.4.2024.3795-3816](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.3795-3816).
- [3] E. J. Reinoso Atan, “Implementación de un módulo web con tecnología Java EE y Angular para la gestión de roles de usuarios del sistema satélite SAP en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA),” Carrera de Tecnologías de la Información, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2025. dirección: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/44931>.
- [4] J. C. Rivera Rado y C. Rodriguez, “Business Intelligence Tools Implementing in the Field of Electrical Industry,” en *2021 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, 2021, págs. 1-5. DOI: [10.1109/CICN51697.2021.9574665](https://doi.org/10.1109/CICN51697.2021.9574665).
- [5] Y. Li, D. Zhang y M. Tang, “Optimization algorithm of power system line loss management using big data analytics,” *Energy Informatics*, vol. 7, n.º 1, pág. 136, dic. de 2024. DOI: [10.1186/s42162-024-00434-z](https://doi.org/10.1186/s42162-024-00434-z).
- [6] C. L. Zulu y O. Dzobo, “Real-time power theft monitoring and detection system with double connected data capture system,” *Electrical Engineering*, vol. 105, n.º 5, págs. 3065-3083, oct. de 2023. DOI: [10.1007/s00202-023-01825-3](https://doi.org/10.1007/s00202-023-01825-3).

- [7] J. D. S. Sánchez, “Plataforma en la nube para el análisis y monitoreo de parámetros de sistemas eléctricos,” Tesis de mtría., Universidad de los Andes, dic. de 2025. dirección: <https://hdl.handle.net/1992/77643>.
- [8] D. F. C. Flores, “Promoviendo la Interoperabilidad Centrada en el Humano para la Transformación Digital: Estrategias de Integración de Datos Industriales con Estándares Web,” Tesis doct., E.T.S.I. Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 2024. dirección: <https://oa.upm.es/84419/>.
- [9] J. Moitas, J. Albuquerque y R. Mano, “Business Intelligence Implementation and its Impact on Decision-making,” en *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2023, págs. 1-6. DOI: [10.23919/CISTI58278.2023.10211744](https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211744).
- [10] S. Hjelle, P. Mikalef, N. Altwaijry y V. Parida, “Organizational decision making and analytics: An experimental study on dashboard visualizations,” *Information and Management*, vol. 61, n.º 6, pág. 104 011, 2024. DOI: [10.1016/j.im.2024.104011](https://doi.org/10.1016/j.im.2024.104011).
- [11] A. C. Torres, A. Q. Gastelu, J. J. Soria, M. V. Manrique y L. S. Peña, “Data Mart in Business Intelligence with Ralph Kimball for Commercial Sales,” en *Data Analytics in System Engineering. CoMeSySo 2023*, ép. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 910, Springer, 2024, págs. 380-396. DOI: [10.1007/978-3-031-53552-9_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53552-9_34).
- [12] K. A. E. Andrade, “Business Intelligence mediante herramientas full stack en la generación y análisis de informes gerenciales en el área comercial de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.,” Carrera de Tecnologías de la Información, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, ene. de 2026. dirección: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/46009>.
- [13] M. J. G. García y J. Rodas-Silva, “Análisis comparativo de metodologías y herramientas tecnológicas para procesos de Business Intelligence orientado a la toma de decisiones,” *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, vol. 6, n.º 1, págs. 38-44, mayo de 2022. DOI: [10.33936/isrtic.v6i1.4522](https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i1.4522).

- [14] R. Li, P. Shi, M. Li et al., “Research on Electric Power Big Data Analysis System under Smart Grid and Information Visualization,” en *2023 2nd International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (IC-DACAI)*, 2023, págs. 410-414. DOI: [10.1109/ICDACAI59742.2023.00084](https://doi.org/10.1109/ICDACAI59742.2023.00084).
- [15] Q. Minh, D. T. Thai, B. T. Duc y N. H. Phat, “Designing a Data Warehouse Framework for Business Intelligence,” en *2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, 2022, págs. 1-6. DOI: [10.1109/ICDABI56818.2022.10041706](https://doi.org/10.1109/ICDABI56818.2022.10041706).
- [16] G. E. S. Peñafiel, V. M. Z. Yáñez, K. P. M. Guamán y L. M. T. Padilla, “Análisis de metodologías para desarrollar Data Warehouse aplicado a la toma de decisiones,” *Ciencia Digital*, vol. 3, n.º 3.4, págs. 397-418, sep. de 2019. DOI: [10.33262/cienciadigital.v3i3.4..922](https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..922). dirección: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/922>.
- [17] X. Ye, W.-S. Song, S. H. Hong, Y. C. Kim y N.-K. Yoo, “Toward Data Interoperability of Enterprise and Control Applications via the Industry 4.0 Asset Administration Shell,” *IEEE Access*, vol. 10, págs. 35 795-35 803, 2022. DOI: [10.1109/ACCESS.2022.3163738](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3163738).
- [18] R. Kimball, M. Ross, W. Thornthwaite, J. Mundy y B. Becker, *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*, 2.^a ed. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, 2008. dirección: <https://www.wiley.com/en-us/The+Data+Warehouse+Lifecycle+Toolkit,+2nd+Edition-p-9780470149775>.
- [19] B. G. L. Cajamarca, “Desarrollo de una guía metodológica para el desarrollo de aplicaciones del lado del servidor,” *Ciencia Digital*, vol. 8, n.º 4, págs. 54-74, oct. de 2024. DOI: [10.33262/cienciadigital.v8i4.3206](https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i4.3206).
- [20] M. J. M. Mantilla, “Situación actual del sector eléctrico ecuatoriano y sus desafíos,” Tesis de mtría., Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Quito, Ecuador, 2022. dirección: <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9043>.
- [21] N. M. Elshennawy, D. M. Ibrahim y A. M. G. Allah, “An efficient electricity theft detection based on deep learning,” *Scientific Reports*, vol. 15, n.º 1, pág. 12 866, abr. de 2025. DOI: [10.1038/s41598-025-93140-z](https://doi.org/10.1038/s41598-025-93140-z).

- [22] S. Ness, “Hybrid KNN-LSTM Framework for Electricity Theft Detection in Smart Grids Using SGCC Smart-Meter Data,” *IEEE Access*, vol. 13, págs. 191 809-191 823, 2025. DOI: [10.1109/ACCESS.2025.3630123](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3630123).
- [23] J. Cepeda, D. E. Echeverría, M. S. Chamba, I. Kamwa y J. Rueda-Torres, “Wide-Area Monitoring Protection and Control Supported Operation and Planning in the Ecuadorian Power System: Improving Security and Reliability,” *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 23, n.º 2, 2025. DOI: [10.1109/MPE.2024.3435811](https://doi.org/10.1109/MPE.2024.3435811).
- [24] L. Yessad y A. Labiod, “Comparative Study of Data Warehouses Modeling Approaches: Inmon, Kimball and Data Vault,” en *2016 International Conference on System Reliability and Science (ICSRS)*, 2016, págs. 95-99. DOI: [10.1109/ICSRS.2016.7815845](https://doi.org/10.1109/ICSRS.2016.7815845).
- [25] J. Juneau y T. Telang, *Java EE to Jakarta EE 10 Recipes: A Problem-Solution Approach for Enterprise Java*, 2.^a ed. Berkeley, CA: Apress, 2022. DOI: [10.1007/978-1-4842-8079-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8079-9).
- [26] M. C. Dominguez, G. T. Castrejon, J. J. Soria, M. Vega Manrique y L. Segura Peña, “Data Mart in Business Intelligence with Hefesto for Sales Area in a Dental Clinic,” en *Data Analytics in System Engineering. CoMeSySo 2023*, ép. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 935, Springer Nature Switzerland, 2024, págs. 9-24. DOI: [10.1007/978-3-031-54820-8_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-54820-8_2).
- [27] C. Perales-Domínguez, J. E. Sánchez-Calle, D. Lévano-Rodríguez y K. Gallegos-Carrillo, “Metodologías para la construcción de soluciones de inteligencia de negocios,” *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 4, n.º 1, e612, ene. de 2024. DOI: [10.51252/rcsi.v4i1.612](https://doi.org/10.51252/rcsi.v4i1.612).
- [28] A. Romero-Chuquital y J. J. Melendres-Velasco, “Uso de Data Warehouse para la toma de decisiones empresariales: una revisión literaria,” *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 3, n.º 2, e543, jul. de 2023. DOI: [10.51252/rcsi.v3i2.543](https://doi.org/10.51252/rcsi.v3i2.543).
- [29] J. I. Necochea-Chamorro y L. Larrea-Goycochea, “Business Intelligence Applied in the Corporate Sector: A Systematic Review,” *TEM Journal*, vol. 12, n.º 4, págs. 2225-2234, nov. de 2023. DOI: [10.18421/TEM124-33](https://doi.org/10.18421/TEM124-33).

- [30] M. Himami, A. S. Abdullah, I. N. Yulita y M. Suryani, “Utilization of Data Warehouse in Business Intelligence with Kimball Method at Company XYZ,” en *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data Analytics (ICAIBDA)*, 2021, págs. 1-6. DOI: [10.1109/ICAIBDA53487.2021.9689720](https://doi.org/10.1109/ICAIBDA53487.2021.9689720).
- [31] M. O. Ahmad, J. Markkula y M. Oivo, “Insights into the perceived benefits of Kanban in software companies: Practitioners’ views,” *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 283, págs. 156-168, 2018. DOI: [10.1007/978-3-319-91602-6_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91602-6_11).
- [32] Kanban University. “State of Kanban Report 2022.” Encuesta global, 483 respondientes de 48 países, visitado 4 de jun. de 2026. dirección: <https://kanban.university/state-of-kanban>.
- [33] P. X. Abad-Galarza, J. Tinto-Arandes y D. Andrade-Pesantez, “Uso de las metodologías ágiles en las empresas de información y comunicación de Cuenca, Ecuador,” *RUNAS. Journal of Education and Culture*, vol. 6, n.º 11, e250248, 2025. visitado 4 de jun. de 2026. dirección: <https://runas.religacion.com/index.php/runas/article/view/248>.
- [34] Scrum Network. “Informe Oficial de Agilidad en Latam 2024.” Encuesta regional con participantes de Colombia, México, Perú, Ecuador, Chile y Argentina, visitado 4 de jun. de 2026. dirección: <https://www.scrumnetwork.com/recursos>.
- [35] D. S. P. Domínguez, “Sistema web de gestión documental para el desempeño operativo en procesos de calidad de producto en el área de calidad de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA),” Carrera de Software, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, jul. de 2025. dirección: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/45297>.
- [36] J. S. S. Tamami, “Migración del sistema SISDE a entorno web para la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.,” Carrera de Software, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Proyecto de Investigación,

Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, jul. de 2025. dirección: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/45300>.

- [37] R. Kimball y J. Caserta, *The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data*. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, 2004. dirección: <https://www.wiley.com/en-us/The+Data+Warehouse+ETL+Toolkit-p-9780764567575>.
- [38] P. P. Ramadhani, S. Hadi y R. Rosadi, “Implementation of Data Warehouse in Making Business Intelligence Dashboard Development Using PostgreSQL Database and Kimball Lifecycle Method,” en *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data Analytics (ICAIBDA)*, 2021, págs. 1-6. DOI: [10.1109/ICAIBDA53487.2021.9689697](https://doi.org/10.1109/ICAIBDA53487.2021.9689697).

ANEXO A. CARTA DE ACEPTACIÓN Y CULMINACIÓN DEL PROYECTO



**Empresa Eléctrica Ambato
Regional Centro Norte S.A.**

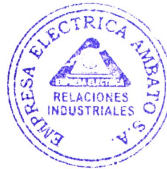
Ambato, 20 de mayo de 2026
OF. No.: EEASA-DRI-DIR-0502-2026

Ingeniero
Luis Alberto Morales Perrazo
Presidente de la Unidad de Titulación
Carrera de Tecnologías de la Información
Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial
Presente.-

Yo, Ing. Mercedes Yáñez en mi calidad de Directora de Relaciones Industriales (E) de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A, me permito poner en su conocimiento que el Trabajo de Titulación con el tema: "INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A." desarrollado en esta empresa por el señor Alex Emmanuel Medina Paredes portador de la cédula de ciudadanía 1805472451, estudiante de la Carrera de Tecnologías de la Información de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato ha culminado exitosamente cumpliéndose con el 100% de los objetivos y actividades programadas.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,




Ing. Mercedes Yáñez Bayas
DIRECTORA RELACION. INDUST. (E)

Yóko. id

1802640860
0984060403
myanez@eeasa.com.ec

Av. 12 de Noviembre 11-29 y Espejo, Casilla 18-01-446
www.eeasa.com.ec e-mail: presidencia@eeasa.com.ec
Telf: (03) 2998600 Línea directa: 136
Ambato - Ecuador

ANEXO B. MANUAL DE USUARIO DEL SUBSISTEMA SATÉLITE



**EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO
REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

MANUAL DE USUARIO

*Subsistema de Inteligencia de Negocio para el Control de
Pérdidas No Técnicas de Energía (Satélite EEASA)*

Elaborado por
Alex Emmanuel Medina Paredes

Ambato, Ecuador
Junio de 2026

1. Descripción General del Sistema

El subsistema web Satélite EEASA es una herramienta de Inteligencia de Negocio operacional orientada al monitoreo y control de pérdidas no técnicas de energía. La aplicación toma como insumo los archivos BIL038 exportados del sistema SAP CIS/CRM y los carga, mediante un proceso de validación previa, hacia un Data Warehouse implementado en Oracle. Sobre esa información consolidada el subsistema presenta tableros desarrollados en Angular que permiten visualizar el comportamiento del consumo eléctrico por zona, tarifa y período. La zona de concesión de la EEASA abarca más de 300 000 cuentas contrato distribuidas en las provincias de Tungurahua, Pastaza, Napo y Morona Santiago, lo que define el volumen de información que el subsistema procesa en cada carga mensual.

El criterio de detección de posibles irregularidades se basa en la comparación del consumo del mes actual frente al promedio de los últimos doce meses de cada cuenta contrato. Cuando la diferencia entre ambos valores supera los umbrales configurados, la cuenta se marca como candidata a inspección en campo. De esta forma el personal técnico concentra el esfuerzo de revisión en los casos con mayor probabilidad de presentar consumo no registrado, en lugar de inspeccionar la totalidad del catastro. Los tableros muestran las columnas Consumo Mes, Promedio Año Referencia y Diferencia Consumo, que resumen el indicador empleado para esta selección.

El acceso al subsistema se restringe mediante dos perfiles de usuario con funciones diferenciadas. El perfil Administrador, asignado al Jefe de Sección, concentra las tareas de gestión y configuración. El perfil Inspector de campo se orienta a la ejecución de las inspecciones y al registro de sus resultados. Cada perfil visualiza únicamente las opciones de menú que corresponden a sus funciones, lo que ordena el flujo de trabajo y delimita las responsabilidades dentro del proceso de control de pérdidas.

Tabla 1. Tipos de usuario y sus funciones principales

Tipo de usuario	Funciones principales
Administrador (Jefe de Sección)	Carga los archivos BIL038 desde la opción Carga de Datos, revisa el comportamiento del consumo en Tarifas Globales y Revisión de Consumos, configura los umbrales de detección de irregularidades, gestiona los inspectores de campo en Gestión Inspectores, define las zonas de trabajo en Asignar Zona de Trabajo, consulta y da seguimiento a los reportes de inspección generados por los inspectores en la opción Reportes y consulta los indicadores globales presentados en el panel principal.
Inspector de campo	Consulta los consumos de las zonas que tiene asignadas y genera los reportes de inspección en la opción Generación de Reportes, ejecuta en campo los recorridos y registra el resultado de cada cuenta contrato en Gestión de Reportes, donde guarda los cambios con Guardar Cambios y finaliza la revisión con Cerrar Reporte.

2. Acceso al Sistema

El subsistema web Satélite EEASA controla el ingreso mediante un nombre de usuario y una contraseña asignados por la institución. Las credenciales se validan contra el directorio de usuarios de la EEASA y, una vez verificadas, el sistema genera un token de sesión que permanece activo durante el tiempo configurado. Tras un ingreso correcto el sistema dirige al panel principal y el menú lateral presenta únicamente las opciones habilitadas para el perfil del usuario, sea Administrador o Inspector. La pantalla de inicio se muestra centrada con el título Satélite EEASA y un formulario corto de dos campos.

Requisitos previos

Para acceder al sistema se requiere un nombre de usuario y una contraseña asignados por la EEASA. El acceso depende del perfil del usuario, de modo que cada cuenta visualiza las opciones que corresponden a su rol. El navegador debe contar con conexión a la red institucional para que la validación de credenciales se complete.

Ingreso al sistema

La pantalla de inicio presenta el formulario de acceso con los campos **Usuario** y **Contraseña**. Para ingresar al sistema se deben seguir los pasos a continuación:

1. Abrir el navegador e ingresar la dirección del subsistema web Satélite EEASA.
2. Escribir el nombre de usuario asignado en el campo **Usuario**, donde se muestra el texto guía Ingrese el usuario.
3. Escribir la contraseña en el campo **Contraseña**, donde se muestra el texto guía Ingrese la contraseña.
4. Activar la casilla **Mostrar contraseña** cuando se necesite verificar visualmente lo escrito en el campo de la contraseña.
5. Activar la casilla **Recuérdame** para que el sistema conserve el nombre de usuario en el equipo y lo presente cargado en el próximo ingreso.
6. Presionar el botón **Ingresar** para enviar las credenciales y validarlas contra el directorio de usuarios de la EEASA.
7. Esperar la confirmación del sistema. Cuando las credenciales son correctas el sistema redirige al panel principal y el menú lateral muestra las opciones del rol.

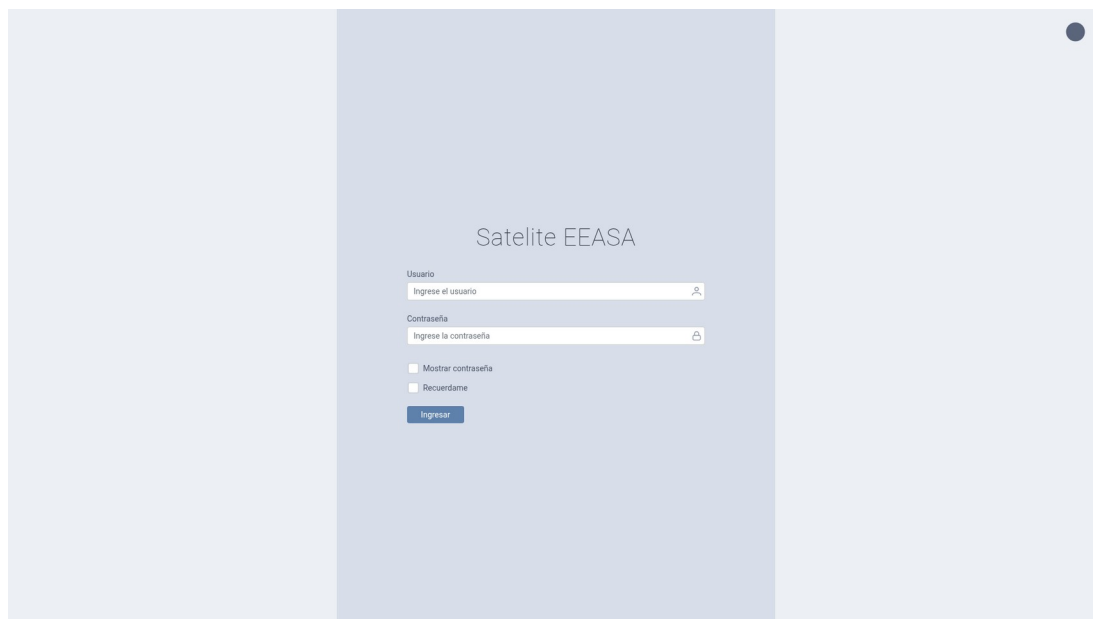


Figura 1. Pantalla de inicio del subsistema web Satélite EEASA con los campos Usuario y Contraseña, las casillas Mostrar contraseña y Recuérdame, y el botón Ingresar

Mensajes de error al ingresar al sistema

En caso de presentarse inconvenientes durante el ingreso, el sistema muestra un mensaje de aviso en la parte superior de la pantalla. La tabla siguiente describe los mensajes más frecuentes y la acción que se debe tomar en cada caso.

Tabla 2. Mensajes de error al ingresar al sistema

Mensaje que aparece	Acción a seguir
Revise los campos	Completar los campos Usuario y Contraseña , que no pueden quedar vacíos, y volver a presionar Ingresar .
Credenciales incorrectas	Verificar el nombre de usuario y la contraseña. Confirmar que la casilla Mostrar contraseña permita comprobar lo escrito y reintentar el ingreso.
Usuario inactivo	Solicitar al administrador del sistema la reactivación de la cuenta. El acceso permanece bloqueado mientras la cuenta esté inactiva.
Acceso no autorizado	La sesión expiró o el usuario no tiene permiso para la operación. Volver a ingresar el nombre de usuario y la contraseña en la pantalla de inicio.
Ha ocurrido un error en el servidor.	Esperar unos minutos e intentar nuevamente. Si el mensaje persiste, informar al área técnica de la EEASA.

Navegación según el perfil del usuario

Una vez validadas las credenciales, el sistema redirige al panel principal, donde se muestran los indicadores globales de Facturación, Recaudación y Cartera Total. En el

costado izquierdo de la pantalla se presenta el menú lateral, que despliega las opciones disponibles según el perfil del usuario que inició sesión. El Administrador visualiza las opciones Carga de Datos, Tarifas Globales, Revisión de Consumos, Gestión Inspectores, Asignar Zona de Trabajo y Reportes. El Inspector de campo visualiza únicamente Generación de Reportes y Gestión de Reportes. Para ingresar a cualquier módulo se debe seleccionar la opción correspondiente en el menú lateral.

3. Módulo del Administrador (Jefe de Sección)

El módulo del administrador agrupa las funciones de gestión y configuración del subsistema, reservadas al Jefe de Sección. Desde el menú lateral el administrador accede a la revisión de consumos, la carga de datos, la gestión de inspectores, la asignación de zonas, la administración de reportes y el análisis de tarifas globales.

Revisión de consumos y detección de anomalías

El módulo de revisión de consumos es la función central del subsistema Satélite EEASA para el control de pérdidas no técnicas. La pantalla consulta las cuentas de abonados y compara el consumo del mes seleccionado contra el promedio de los doce meses anteriores con lecturas válidas. El resultado se presenta en una tabla paginada que mostró 7544 cuentas en la consulta de referencia, con doce columnas de consumo mensual codificadas por color para resaltar las desviaciones. El acceso está disponible para los perfiles Administrador e Inspector, con la misma lógica de detección y diferencias de etiqueta según el rol activo.

Filtros de consulta

La consulta se construye desde el panel **Filtros de Búsqueda**, organizado en dos secciones. La sección **Filtros de Ubicacion** acota la búsqueda por zona geográfica y estado del abonado. La sección **Filtros de Deteccion** define los parámetros de comparación del consumo y los criterios de anomalía. Los campos de detección permanecen bloqueados hasta que se elige un valor en **Año de Referencia** y en **Seleccionar Mes**, ya que el cálculo del promedio y de la diferencia requiere ambos datos.

1. En la sección **Filtros de Ubicacion**, seleccionar la **Provincia**. El campo **Canton** se habilita después de elegir la provincia y, a su vez, habilita el campo **Parroquia**, que admite varias parroquias a la vez.
2. Acotar el conjunto de cuentas con los campos **Estado de Revision**, **Estado del Contrato** y **Tarifa** según el alcance de la inspección.
3. En la sección **Filtros de Deteccion**, elegir el **Año de Referencia** y luego **Seleccionar Mes**. Con ambos valores definidos se calculan el promedio del año de referencia y la diferencia de consumo de cada cuenta.
4. Para limitar el rango de la diferencia, ingresar valores en **Diferencia Desde (kWh)** y **Diferencia Hasta (kWh)**. Se admiten valores negativos para detectar consumos por debajo del promedio.
5. Para resaltar cuentas con consumo bajo sostenido, ingresar un valor entre 1 y 20 en **Filtro Consumo Cero (kWh)**. El sistema marca las cuentas donde el mes seleccionado y los dos meses anteriores tienen consumo entre cero y el valor indicado.
6. Para descartar cuentas con consumo muy bajo en el mes seleccionado, ingresar el límite en **Excluir consumo mes seleccionado (kWh)**. Para expresar la diferencia como porcentaje en lugar de kWh, marcar la casilla

Mostrar diferencia en %. Para omitir las cuentas facturadas en cero, marcar la casilla **Excluir facturados con 0**.

7. Presionar el botón **Buscar** para ejecutar la consulta. El botón **Limpiar** restablece todos los filtros y vacía la tabla de resultados.

The screenshot shows a web application interface for report generation. At the top, there's a header with the EEASA logo, a user profile icon labeled 'Inspector UNO', and a 'Dashboard' link. Below the header, the main section is titled 'Generación de Reportes' with a subtitle 'Control de Pérdidas - Inspector'. The central part of the interface is a 'Filtros de Búsqueda' (Search Filters) panel. It is divided into two main sections: 'Filtros de Ubicación' (Location Filters) and 'Filtros de Detección' (Detection Filters). The 'Filtros de Ubicación' section includes dropdown menus for 'Provincia' (Province), 'Cantón' (Canton), and 'Parroquia' (Parish), as well as 'Estado de Revisión' (Review Status) and 'Estado del Contrato' (Contract Status). The 'Filtros de Detección' section includes 'Año de Referencia' (Reference Year), 'Selección Mes' (Select Month), 'Diferencia Desde (kWh)' (Difference From), and 'Diferencia Hasta (kWh)' (Difference To). There are also checkboxes for 'Filtro Consumo Cero (kWh)' (Zero Consumption Filter), 'Excluir consumo mes seleccionado s (kWh)' (Exclude selected month consumption), 'Mostrar diferencia en %' (Show difference in %), and 'Excluir facturados con 0' (Exclude billed with 0). At the bottom right of the filter panel, there are 'Buscar' (Search) and 'Limpiar' (Clear) buttons.

Figura 2. Panel de filtros de ubicación y detección del módulo de revisión de consumos

Tabla de consumos y codificación cromática

Ejecutada la consulta, el sistema mostró la sección **Resultados de Consulta** con una tabla paginada. La cabecera incluye un buscador global con la indicación **Buscar por cuenta, cliente, medidor...** y un paginador que reporta el rango visible, por ejemplo Mostrando 1 a 50 de 7544 entradas, con opciones de 10, 25, 50 y 100 registros por página. Las columnas de la tabla son **Cuenta, Fecha de Revisión, Usuario, Estado, Medidor, Tarifa, Nombre del Cliente, Promedio Año Referencia, Diferencia Consumo y Meses del Año - kWh**. Esta última columna agrupa los doce meses del año elegido en el selector de año ubicado en su cabecera. Los resultados se ordenan de mayor a menor diferencia porcentual respecto del promedio del año de referencia.

Cada celda mensual de la columna **Meses del Año - kWh** recibe un color que indica el tipo de desviación frente al promedio del año de referencia. El umbral de desviación configurado suele ubicarse en el 50 por ciento o el 80 por ciento del promedio. La lectura del color permite ubicar de forma directa los meses anómalos sin revisar los valores numéricos uno por uno.

The screenshot shows the EEASA web application interface. At the top, there's a header with the EEASA logo and a user profile labeled 'Inspector UNO'. Below the header, there's a search filter section with the following fields:

- Año de Referencia:** A dropdown menu with 'Seleccionar año' and a close button.
- Seleccionar Mes:** A dropdown menu with 'Seleccionar mes' and a close button.
- Diferencia Desde (kWh):** A text input field with 'Ejemplo: -500' and a dropdown arrow.
- Diferencia Hasta (kWh):** A text input field with 'Ejemplo: 500' and a dropdown arrow.
- Filtro Consumo Cero (kWh):** A text input field with '1-20 kWh' and a close button.
- Excluir consumo mes seleccionado s (kWh):** A text input field with 'Ej: 20' and a close button.
- Mostrar diferencia en %:** A checkbox.
- Excluir facturados con 0:** A checkbox.

Below the filters, there's a 'Buscar' button and a 'Limpiar' button. To the right of the search filters, there's a settings gear icon. Below the filters, there's a section titled 'Resultados de Consulta'. It contains a search bar with the placeholder 'Buscar por cuenta, cliente, medidor...' and a 'Seleccionar todo' button. To the right of the search bar, there's a pagination control showing 'Mostrando 1 a 50 de 7544 entradas' and a dropdown menu for the number of entries per page (currently set to 50). Below the search bar, there's a table with the following columns:

- Tarifa:** A dropdown menu with 'BT / Residencial' selected.
- Nombre del Cliente:** A text input field with 'FLOR JIMENA DEL ROCIO...'.
- Promedio Año Referencia:** A text input field with 'N/A'.
- Diferencia Consumo:** A text input field with 'N/A'.
- Meses del Año - kWh:** A dropdown menu with '2026' selected.

The table also has a 'Seleccionar todo' button. The table data shows the following values:

Tarifa	Nombre del Cliente	Promedio Año Referencia	Diferencia Consumo	Meses del Año - kWh
BT / Residencial	FLOR JIMENA DEL ROCIO...	N/A	N/A	2026

Figura 3. Tabla de resultados con las columnas de indicadores y la codificación cromática de los doce meses

Tabla 3. Codificación cromática de la detección de anomalías

Color	Significado
Rojo	Consumo del mes por debajo del 80 por ciento del promedio del año de referencia
Azul	Consumo del mes por encima del 120 por ciento del promedio del año de referencia
Violeta	Consumo igual o inferior al umbral configurado durante tres meses consecutivos
Naranja	Mes sin valor de consumo registrado en el periodo

Carga de datos BIL038

El módulo Carga de datos BIL038 permite al Administrador incorporar al subsistema web Satélite EEASA los archivos de consumos exportados desde SAP CIS/CRM. La pantalla se titula Carga de Datos, Control de Pérdidas y admite archivos en formato CSV cargados por arrastre o por selección manual. Los archivos de producción contuvieron alrededor de 300 000 cuentas de abonados. El procesamiento se ejecutó en segundo plano y avanzó por cinco fases que el sistema mostró en pantalla hasta el cierre del proceso.

El acceso a este módulo se reserva al rol Administrador. La pantalla presenta una tarjeta con el título **Carga de Datos - Control de Pérdidas** y un texto que indica que se deben subir archivos BIL038.CSV para cargar datos del sistema de control de pérdidas. Debajo aparece un área de carga con la leyenda **Arrastra y suelta tu archivo CSV aquí o** y el botón **Examinar Archivos**. La nota **Solo archivos .CSV (máx. 3GB)** señala el formato y el tamaño admitidos.

Carga de un archivo BIL038

El archivo BIL038 corresponde a la exportación de consumos generada en SAP CIS/CRM. Para incorporarlo al subsistema se deben seguir los pasos a continuación:

1. Arrastrar el archivo .CSV sobre el área **Arrastra y suelta tu archivo CSV aquí o**, o presionar el botón **Examinar Archivos** y seleccionarlo desde el equipo.
2. Verificar que el sistema muestre el nombre del archivo y su tamaño en megabytes una vez seleccionado.
3. Presionar el botón **Procesar Datos** para iniciar la carga. Si se requiere descartar el archivo seleccionado, se debe presionar **Cancelar**.
4. Mantener abierta la pestaña mientras avanza la barra **Procesando archivo...**, que muestra el porcentaje de subida.
5. Esperar a que el sistema recorra las cinco fases del procesamiento en segundo plano hasta mostrar el mensaje de carga finalizada.

Durante el procesamiento el sistema muestra una pantalla con el mensaje **Procesando archivo de consumos...** y los datos del archivo en curso, junto con el tiempo transcurrido. También presenta el aviso **No cierres esta pestaña. Si lo haces, la carga seguirá en segundo plano**. El proceso no se interrumpe al cerrar el navegador, aunque se recomienda mantener la pestaña abierta para observar el avance.

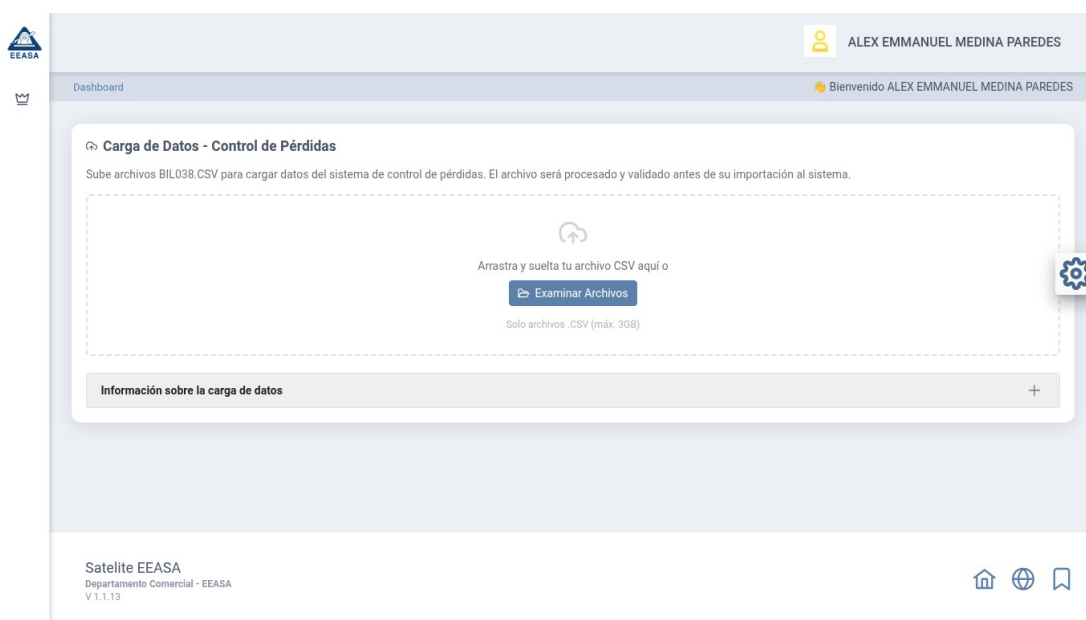


Figura 4. Pantalla del módulo *Carga de Datos - Control de Pérdidas* del subsistema web *Satélite EEASA*

Fases del procesamiento

Una vez recibido el archivo, el sistema ejecuta el procesamiento en cinco fases secuenciales y reporta el avance con mensajes en pantalla. La tabla siguiente resume cada fase y la operación que realiza sobre los datos de consumo.

Tabla 4. Fases del procesamiento del archivo BIL038

Fase	Mensaje en pantalla	Descripción
1. Validación	Validando archivo y periodo...	Revisa el formato del archivo CSV y el periodo de consumo antes de la importación.
2. Carga en base de datos	Cargando consumos en base de datos...	Registra los consumos del archivo en la base de datos del sistema.

Fase	Mensaje en pantalla	Descripción
3. Actualización del histórico	Actualizando historico de consumos...	Incorpora los nuevos consumos al histórico de cada cuenta.
4. Sincronización de cuentas	Sincronizando informacion de cuentas...	Actualiza la información de las cuentas de abonados con los datos cargados.
5. Cierre	Finalizando proceso...	Concluye el procesamiento y deja los datos disponibles en el sistema.

Al terminar, el sistema muestra el mensaje **Carga finalizada** con el nombre del archivo, el número de registros y el periodo procesado. En caso de presentarse inconvenientes, el sistema presenta un mensaje de **Error en la carga** con el detalle correspondiente, y la pantalla queda lista para reintentar la operación. Mientras una carga está en curso no se admite iniciar otra, por lo que el sistema advierte que ya hay una carga BIL038 en proceso si se intenta cargar un segundo archivo.

El panel **Información sobre la carga de datos**, ubicado al pie de la tarjeta, puede expandirse para consultar el formato requerido del archivo y los campos obligatorios. La información de inspectores se actualiza de forma automática al finalizar la carga.

Gestión de inspectores

El módulo Gestión Inspectores permite al Administrador asignar a cada inspector las tarifas que tiene autorizado revisar. La asignación determina qué cuentas verá el inspector durante la revisión de consumos, por lo que restringe el alcance de su trabajo. La pantalla muestra los datos del inspector elegido y una tabla de selección múltiple con las 52 tarifas registradas en el sistema. El subtítulo de la cabecera identifica el módulo como parte del Control de Pérdidas.

Al ingresar al módulo se presenta la cabecera **Gestión Inspectores** con la leyenda **Control de Pérdidas - Gestión Integral**. La parte superior contiene el campo de búsqueda de inspector. Mientras no se elige a ninguno, la sección **DETALLES DEL INSPECTOR** muestra el aviso "Seleccione un inspector en el campo superior para ver los detalles de información.". La tabla de tarifas y los botones de acción permanecen ocultos hasta que se confirma un inspector.

Selección del inspector

El sistema carga al abrir la pantalla la lista de inspectores disponibles. Para elegir uno se debe escribir o desplegar el campo superior de búsqueda y seleccionar el inspector deseado. Una vez confirmado, el sistema consulta el detalle y muestra tres tarjetas dentro de **DETALLES DEL INSPECTOR** con los datos del registro elegido. La tarjeta **Nombres** presenta el nombre completo, la tarjeta **Rol e Identificador** muestra el rol seguido de la cédula, por ejemplo "Inspector - 1800000000002", y la tarjeta **División** indica la división a la que pertenece.

Asignación de tarifas

Con el inspector cargado se habilita la sección **LISTA DE TARIFAS**. Esta sección organiza las tarifas en una tabla con tres bloques por fila, cada bloque con las columnas **Código** y **Nombre de Tarifa** acompañadas de una casilla de verificación. Las tarifas que el inspector ya tiene asignadas aparecen marcadas y reubicadas al inicio de la lista. El campo **Buscar Tarifa:** filtra por nombre o por código a medida que se escribe, y el botón con ícono de equis ubicado junto al campo limpia el texto ingresado. Sobre la

tabla, el indicador "Mostrando 1 a 30 de 52 tarifas" informa el rango visible y el total de registros, mientras que el paginador permite avanzar entre páginas y cambiar la cantidad de filas por página entre 10, 20 y 50.

Cada casilla del encabezado de columna marca o desmarca todas las tarifas de esa columna a la vez. Para conservar la asignación vigente o modificarla, se deben marcar las tarifas autorizadas y desmarcar las que ya no correspondan. Si no se marca ninguna tarifa, el sistema interpreta la acción como remoción total y muestra la advertencia "Si no selecciona ninguna tarifa, se removerán todas las tarifas asignadas al inspector.". Si no selecciona ninguna tarifa, se removerán todas las tarifas asignadas al inspector."

1. Ubicar el campo de búsqueda en la parte superior de la pantalla.
2. Escribir o desplegar la lista y seleccionar el inspector requerido.
3. Verificar en las tarjetas Nombres, Rol e Identificador y División que el inspector corresponda al buscado.
4. Localizar las tarifas con el campo Buscar Tarifa: o desplazarse por la tabla con el paginador.
5. Marcar las casillas de las tarifas que el inspector queda autorizado a revisar.
6. Usar la casilla del encabezado para marcar o desmarcar una columna completa cuando se requiera.
7. Pulsar el botón Asignar Tarifas para guardar la selección.
8. Confirmar la operación en el cuadro de diálogo y revisar el mensaje de resultado.
9. Para descartar los cambios sin guardar, pulsar el botón Limpiar.

Al guardar, el botón de acción principal cambia su texto según la situación. Cuando hay tarifas marcadas se muestra como **Asignar Tarifas** y cuando no hay ninguna marcada se muestra como **Remover Todas las Tarifas**. En este último caso el sistema solicita una confirmación previa antes de quitar el acceso del inspector a todas las tarifas. Concluida la operación, una ventana presenta el encabezado **Asignación Exitosa** o **Error en Asignación**, junto con el nombre del inspector, el número de tarifas asignadas y el detalle de las tarifas. La ventana se cierra con el botón **Cerrar**. En caso de presentarse inconvenientes con la conexión o con la carga de datos, el sistema muestra un mensaje descriptivo y se debe reintentar la operación.

DETALLES DEL INSPECTOR

NOMBRES
DOS Inspector

ROL E IDENTIFICADOR
Inspector - 180000000002

DIVISIÓN

LISTA DE TARIFAS

Buscar Tarifa:
Buscar tarifa por nombre...

Mostrando 1 a 30 de 52 tarifas

☐	Código	Nombre de Tarifa	☐	Código	Nombre de Tarifa	☐	Código
☒	ATCGCD070	(AT / Industrial con Demanda Horaria Diferenciada)	☒	BTCGCD210	(BT / Bombeo de Agua Comunidades Campesinas)	☒	BTCGSD03
☒	BTAPCD010	(BT / Alumbrado Público)	☒	BTCGCD300	(BT / Industrial con Demanda Horaria)	☒	BTCGSD04
☒	BTCGCD010	(BT / Comercial con Demanda)	☒	BTCGCD310	(BT / Comercial con Demanda Horaria)	☒	BTCGSD05
☒	BTCGCD020	(BT / Industrial con Demanda)	☒	BTCGCD320	(BT / Culto Religioso con Demanda)	☒	BTCGSD09

Figura 5. Pantalla del módulo Gestión Inspectores con las tarjetas de detalle del inspector y la lista de tarifas con casillas de selección múltiple

Asignación de zonas geográficas

El módulo **Asignar Zona de Trabajo** permite al Administrador definir las zonas geográficas que cada inspector tiene a su cargo, organizadas en tres niveles de provincia, cantón y parroquia. Esta estructura proviene del catastro de clientes de SAP CIS/CRM, por lo que cada parroquia disponible corresponde a una zona real con cuentas registradas. Al asignar una parroquia a un inspector, las cuentas ubicadas en esa zona quedan ligadas a él. De esa manera, la consulta de consumos del inspector muestra únicamente las cuentas de las zonas que tiene asignadas. La selección se realiza con filtros en cascada, donde cada nivel depende del anterior.

Acceso al módulo

El módulo se ubica en el menú de control de pérdidas, dentro de las opciones reservadas al rol Administrador. Al ingresar, el sistema cargó de forma automática la lista de inspectores registrados y mostró la pantalla con el título **Asignar Zona de Trabajo** y el subtítulo **Control de Pérdidas - Gestión Integral**. Mientras no se selecciona un inspector, las secciones de datos y de asignación permanecen deshabilitadas.

Selección del inspector

La parte superior de la pantalla presenta el panel **Selección de Inspector**, con el campo **Buscar y Seleccionar Inspector**. Al elegir un inspector, el sistema mostró sus datos en la sección **DATOS DEL INSPECTOR**, donde aparecen Cédula, Nombres, Usuario, Rol, División, Subdivisión y Estado. En la columna derecha, la sección **ZONAS ASIGNADAS** mostró las **Tarifas Asignadas** del inspector y el listado de sus zonas actuales en formato provincia, cantón y parroquia, con la fecha de cada asignación. Para ubicar una zona dentro de un listado extenso se dispone del campo **Buscar zona asignada....**

Pasos para asignar zonas en cascada

La asignación se realiza en la sección **ASIGNACION DE ZONA**, que presenta tres columnas en cascada llamadas **Provincia**, **Canton** y **Parroquia**. Cada columna se habilita solo después de confirmar la selección de la anterior. Para asignar zonas a un inspector se deben seguir los pasos a continuación:

1. Seleccionar el inspector en el campo **Buscar y Seleccionar Inspector** y esperar a que el sistema cargue sus datos y sus zonas actuales.
2. En la columna **Provincia**, marcar la casilla de cada provincia que se desea asignar. De ser necesario, escribir en el campo **Filtrar provincias** para reducir el listado.
3. Presionar el botón **Hecho** de la columna **Provincia** para confirmar la selección y habilitar la carga de cantones.
4. En la columna **Canton**, marcar las casillas de los cantones requeridos. El campo **Filtrar cantones** permite buscar dentro de los cantones de las provincias elegidas.
5. Presionar el botón **Hecho** de la columna **Canton** para confirmar y cargar las parroquias correspondientes.
6. En la columna **Parroquia**, marcar las casillas de las parroquias que quedarán a cargo del inspector. El campo **Filtrar parroquias** ayuda a localizar parroquias específicas.
7. Presionar el botón **Modificar** para consolidar en borrador los cambios del inspector actual.

8. Presionar el botón **Confirmar Cambios** para guardar la asignación de forma definitiva en la base de datos.

Las parroquias que pertenecen a las zonas que el inspector ya tenía aparecen marcadas de forma previa, identificadas como asignadas. Las parroquias nuevas se distinguen con la etiqueta **NUEVA** y las que se retiran con la etiqueta **REMOVIDA**. Antes de guardar, la pantalla muestra el panel **CAMBIOS PENDIENTES POR GUARDAR**, donde se resume el número de zonas nuevas y removidas por cada inspector.

Botones de acción y resultado

La barra inferior reúne los botones de acción. El botón **Limpiar** descarta la selección en pantalla y reinicia el flujo. El botón **Modificar** consolida en borrador los cambios del inspector seleccionado, paso obligatorio antes de poder confirmar. El botón **Confirmar Cambios** guarda todas las asignaciones pendientes y el sistema actualiza la información de cuentas y zonas. El botón **Cancelar** descarta los borradores y restaura las zonas originales. En caso de presentarse inconvenientes durante el guardado, el sistema mostró un mensaje de error con el nombre del inspector afectado y conservó los cambios fallidos como borrador para un nuevo intento.

Cuando un inspector tiene reportes pendientes, el sistema impide quitar las zonas que ya tenía asignadas y mostró un aviso indicando que la acción fue bloqueada. Esta restricción evita que se eliminen zonas con trabajo de inspección en curso.

Dashboard
Bienvenido ALEX EMMANUEL MEDINA PAREDES

Asignar Zona de Trabajo

Control de Pérdidas - Gestion Integral

Selección de Inspector

Buscar y Seleccionar Inspector:

DOS Inspector

Cedula: 180000000002

Nombres: DOS Inspector

Usuario: inspector2

Rol: Inspector (IDP)

Division:

Subdivision:

Estado: Activo

Tarifas Asignadas:

ATCGCD070	BTAPCD010	BTCGCD010	BTCGCD020	BTCGCD030
BTCGCD050	BTCGCD060	BTCGCD070	BTCGCD080	BTCGCD200
BTCGCD210	BTCGCD300	BTCGCD310	BTCGCD320	BTCGCD350
BTCGCD360	BTCGCD400	BTCGCD410	BTCGSD010	BTCGSD020
BTCGSD030	BTCGSD040	BTCGSD050	BTCGSD090	BTCGSD110
BTCGSD120	BTCGSD130	BTCGSD140	BTCSR010	BTCSR030

Zonas Asignadas:

Buscar zona asignada...

TUNGURAHUA > AMBATO > AMBATILLO

Asignado: 27/03/2026

TUNGURAHUA > AMBATO > AMBATO

Asignado: 27/03/2026

TUNGURAHUA > AMBATO > ATAHUALPA (CHISALATA)

Asignado: 08/04/2026

ASIGNACION DE ZONA:

Provincia

Filtrar provincias

Hecho

☒ TUNGURAHUA

☐ COTOPAXI

☐ MORONA SANTIAGO

☐ NAPO

☐ PASTAZA

Canton

Filtrar cantones

Parroquia

Filtrar parroquias

Limpiar

Modificar

Confirmar Cambios

Cancelar

Satelite EEASA
Departamento Comercial - EEASA
V 1.1.13

Home

Globe

Bookmark

Figura 6. Módulo de asignación de zonas geográficas con selección en cascada de provincia, cantón y parroquia

Administración de reportes

El módulo Administración de reportes reúne en una sola vista todos los reportes generados por los inspectores del proceso de control de pérdidas no técnicas. La pantalla se titula **Reportes** y lleva el subtítulo **Control de Pérdidas - Administración**. Desde aquí el Administrador consulta los reportes por inspector, revisa el detalle de las cuentas inspeccionadas, verifica los resultados de cada inspección y descarga la información en formato Excel o GPX. La vista presenta dos niveles de indicadores, los totales acumulados del periodo y los valores del mes en curso, para dar seguimiento al avance de las inspecciones.

Indicadores de la vista

En la parte superior de la pantalla se muestran dos grupos de tarjetas. El primer grupo, bajo el título **Reportes Totales**, presenta los valores acumulados del periodo. El segundo grupo, bajo el título **Reportes** seguido del nombre del mes en curso, presenta los valores correspondientes al mes actual. Cada tarjeta muestra una cifra y una etiqueta que identifica el dato. En el ejemplo de la pantalla el grupo de totales reporta 3 en **Total de Reportes Pendientes**, 6 en **Total Clientes en Reportes Cerrados** y 2 en **Total de Reportes Cerrados**.

Tabla 5. Indicadores de la vista administrativa

Indicador	Descripción
Total de Reportes Pendientes	Número de reportes que aún no han sido cerrados en todo el periodo.
Total Clientes en Reportes Cerrados	Cantidad de clientes revisados que pertenecen a reportes ya cerrados.
Total de Reportes Cerrados	Número de reportes que ya fueron completados y cerrados.
Reportes Pendientes del Mes	Reportes sin cerrar generados dentro del mes en curso.
Clientes en Reportes Cerrados	Clientes revisados en reportes cerrados durante el mes en curso.
Reportes Cerrados del Mes	Reportes completados y cerrados dentro del mes en curso.

Consultar y revisar reportes

El panel **Consultar Reportes por Inspector** permite ubicar un reporte específico a partir de tres filtros encadenados. Primero se elige el inspector, luego la fecha disponible para ese inspector y, por último, el código del reporte. El sistema marca cada código con la etiqueta **(Cerrado)** o **(Pendiente)** según su estado. Para revisar un reporte se deben seguir los pasos a continuación:

1. Abrir el menú **Seleccionar Inspector:** y elegir un inspector, o la opción **Todos los inspectores** para ver el conjunto completo.
2. Abrir el menú **Fechas Disponibles:** y elegir la fecha en que se generó el reporte que se desea consultar.
3. Abrir el menú **Código de Reportes:** y seleccionar el código del reporte, identificado con la etiqueta **(Cerrado)** o **(Pendiente)**.
4. Pulsar el botón **Visualizar** para cargar las cuentas asociadas al reporte seleccionado.
5. Revisar la sección **CUENTAS DEL REPORTE:**, donde se listan las cuentas con su información de ubicación, consumo y resultado de inspección.
6. Verificar el resultado de cada cuenta en las columnas **Checklist Revision** y **Estado Revision**, que indican si la cuenta fue revisada y si presenta novedad o infracción.
7. Usar el campo **Buscar en todas las columnas...** para localizar una cuenta puntual dentro del reporte.
8. Pulsar **Descargar Excel** para obtener el reporte en hoja de cálculo, o **Descargar GPX** para obtener las coordenadas de las cuentas.

Mientras no se haya seleccionado un reporte, la pantalla muestra el aviso **Informacion del Reporte** con la indicación de elegir un inspector y un código de reporte y luego

pulsar **Visualizar**. Si el reporte seleccionado no contiene cuentas, el sistema presenta el mensaje **No hay cuentas en este reporte**. En caso de presentarse inconvenientes al cargar la información, el sistema muestra un mensaje de error en la parte superior de la pantalla.

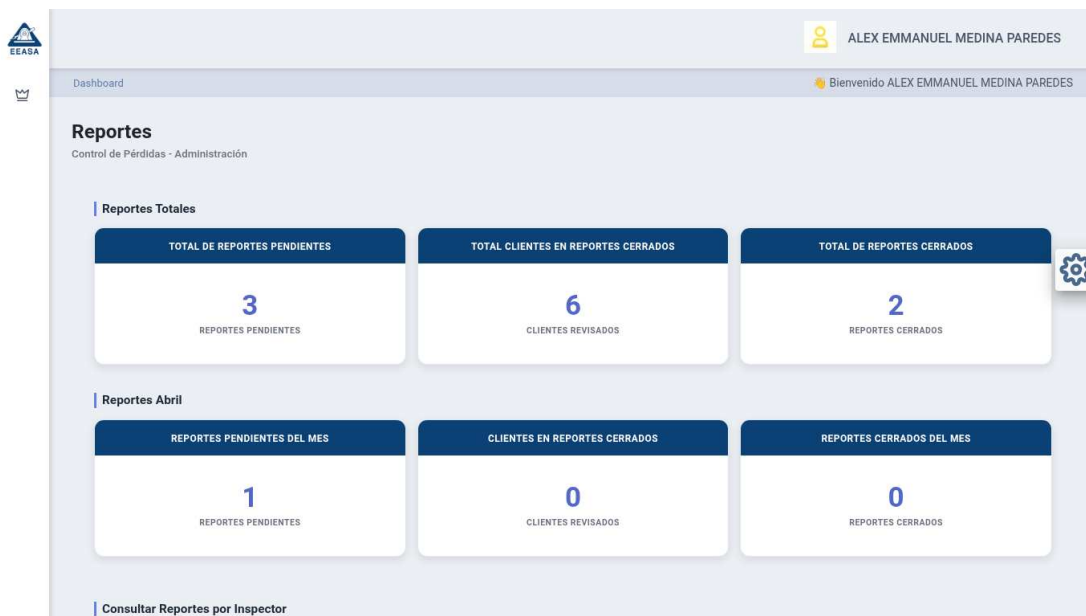


Figura 7. Vista administrativa de reportes con los indicadores de Reportes Totales y del mes en curso

Tarifas globales

El módulo Tarifas Globales reúne el consumo facturado de energía agrupado por categoría tarifaria y por periodo. La pantalla combina cuatro tarjetas de indicadores, un gráfico de tendencias con varios años superpuestos y una tabla de tipo mapa de calor con los meses como columnas y los años como filas. Al ingresar, el sistema mostró la pantalla sin datos cargados, por lo que el administrador debe presionar el botón **Realizar consulta general** para traer la información. El encabezado de la pantalla identifica al módulo como **Tarifas Globales** con la leyenda **Control de Pérdidas - Gestión Integral**.

Indicadores y gráfico de tendencias

Una vez ejecutada la consulta, el sistema mostró en la parte superior cuatro tarjetas resumen. Estas tarjetas sintetizan el comportamiento del consumo del conjunto de tarifas seleccionadas. La primera, **Consumo Total**, presenta el acumulado expresado en kWh. La segunda, **Promedio Mensual**, divide ese acumulado entre los meses con registro. La tercera, **Año Pico**, identifica el año con mayor consumo junto a su total anual. La cuarta, **Variación Interanual**, expresa en porcentaje el cambio del último año respecto al año anterior, con una flecha que indica si la tendencia subió o bajó.

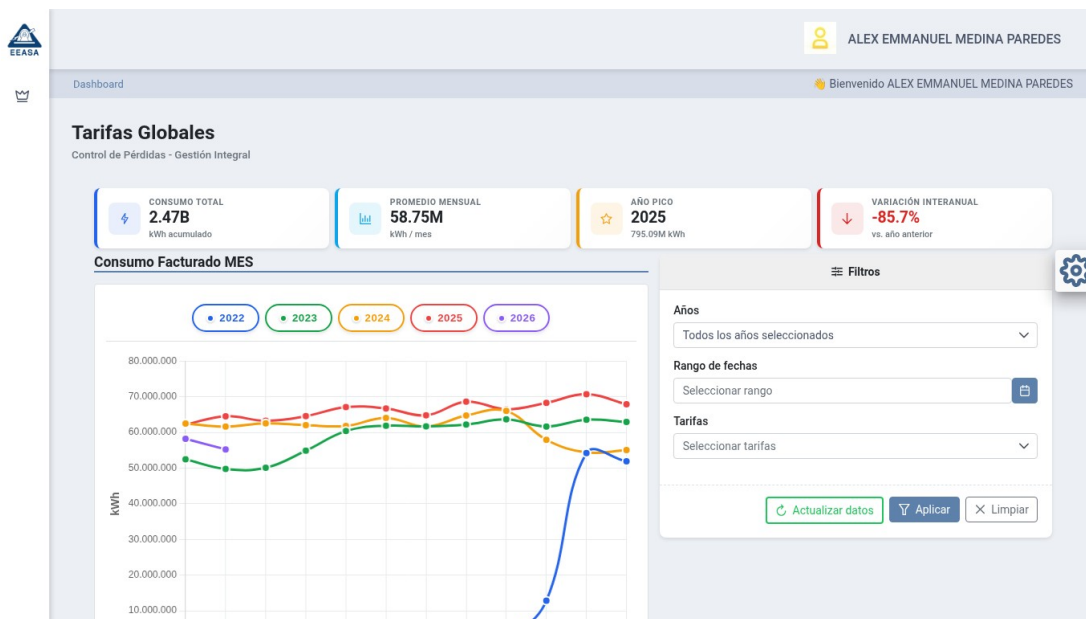


Figura 8. Tarjetas de indicadores y gráfico de consumo facturado del módulo Tarifas Globales

Debajo de las tarjetas, el gráfico **Consumo Facturado MES** traza una línea por cada año disponible, con los doce meses en el eje horizontal y los kWh en el eje vertical. Sobre el gráfico aparecen los distintivos de año, por ejemplo **2022**, **2023**, **2024**, **2025** y **2026**. Al dar clic sobre uno de estos distintivos, el sistema resalta únicamente la línea del año elegido y atenúa las demás. Un nuevo clic sobre el mismo distintivo restablece la vista con todos los años.

Tabla 6. Tarjetas resumen del módulo de tarifas

Tarjeta	Significado
Consumo Total	Energía acumulada de todos los años y tarifas consultados, expresada en kWh acumulado.
Promedio Mensual	Consumo promedio por mes, calculado sobre los meses que registran consumo, en kWh / mes.
Año Pico	Año con el mayor consumo total, acompañado del valor de ese año en kWh.
Variación Interanual	Cambio porcentual del consumo del último año frente al año anterior, con indicador de tendencia.

Tabla de consumo por tarifa y periodo

En la parte inferior, bajo el título **REGISTRO DE CONSUMO**, el sistema mostró una tabla con los años en las filas y los meses en las columnas. La primera columna corresponde a **Año** y la última columna a **Total KWh** con el acumulado de cada fila. El color de fondo de cada celda varía según la magnitud del consumo, de modo que las celdas con valores altos se muestran con un tono más intenso, lo que facilita la lectura como mapa de calor. Cuando la consulta incluye más de un año, la última fila **TOTAL** suma el consumo de cada mes y el acumulado general. El botón **Descargar PDF**,

ubicado bajo la tabla, genera un documento con el gráfico, la tabla y los filtros aplicados.

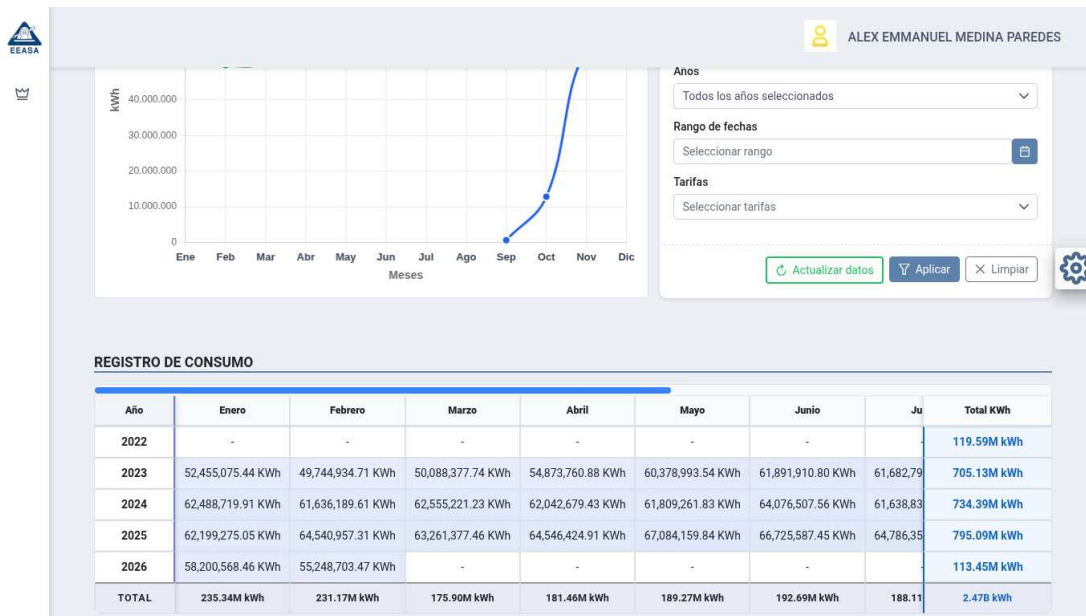


Figura 9. Tabla de mapa de calor del registro de consumo por año y mes

El panel **Filtros**, ubicado a la derecha del gráfico, permite acotar la información mostrada. Dispone de tres campos, **Años**, **Rango de fechas** y **Tarifas**, junto a los botones **Actualizar datos**, **Aplicar** y **Limpiar**. El campo **Años** selecciona uno o varios años sin volver a consultar el servidor. El campo **Rango de fechas** abre un calendario por meses y el campo **Tarifas** lista las categorías tarifarias disponibles.

Para aplicar un filtro por rango de fechas y por categoría tarifaria se deben seguir los pasos a continuación:

1. Presionar el botón **Realizar consulta general** para cargar los datos y habilitar el panel de filtros.
2. En el campo **Rango de fechas**, dar clic en el ícono del calendario y seleccionar el mes y año de inicio y el mes y año de fin del periodo deseado.
3. En el campo **Tarifas**, abrir la lista y marcar una o varias categorías tarifarias.
4. De forma opcional, usar el campo **Años** para restringir los años visibles en el gráfico y la tabla.
5. Presionar el botón **Aplicar** para que el sistema consulte y muestre el gráfico y la tabla con los filtros elegidos.
6. Para retirar los filtros y volver a la vista completa, presionar el botón **Limpiar**.

En caso de presentarse inconvenientes durante la carga, el sistema mostró un mensaje de error con el botón **Reintentar**, que repite la consulta. Si una consulta tarda demasiado, conviene reducir el rango de fechas o seleccionar menos tarifas.

4. Módulo del Inspector de Campo

El módulo del inspector de campo reúne las funciones de ejecución del proceso de control de pérdidas. El inspector consulta los consumos de las zonas que tiene asignadas en la pantalla de revisión de consumos, con la misma operación descrita en el módulo del administrador pero limitada a su alcance geográfico. A partir de esa revisión genera los reportes de inspección con las cuentas que presentan anomalías,

ejecuta los recorridos en campo y registra el resultado de cada cuenta en la gestión de reportes asignados.

Generación de Reportes

Desde la opción **Generación de Reportes** del menú del inspector, que corresponde a la pantalla de revisión de consumos limitada a sus zonas asignadas, se agrupan las cuentas con anomalías de consumo en un documento de trabajo con código único, identificado con el prefijo REP, por ejemplo REP-00001-inspector. A partir de los resultados de la revisión de consumos se seleccionan las cuentas que requieren verificación en campo y el sistema produce un reporte asociado a esa selección. Cada reporte se exporta en tres formatos, Excel para el registro y validación de novedades, GPX para los dispositivos GPS y PDF para la consulta formateada. El proceso queda disponible una vez que existen cuentas marcadas en la tabla de resultados.

Selección de cuentas y generación del reporte

El reporte parte de la pantalla de resultados de consulta. Una vez aplicados los filtros de búsqueda y mostrada la tabla, se marcan las cuentas que serán inspeccionadas. El sistema mantiene un contador de las cuentas elegidas y ofrece acciones para revisar y depurar la selección antes de continuar.

1. Definir los criterios en la sección **Filtros de Búsqueda** y presionar el botón **Buscar** para mostrar los **Resultados de Consulta**.
2. Marcar en la tabla las cuentas a inspeccionar mediante las casillas de cada fila, o usar **Seleccionar todo** para incluir todas las cuentas de la búsqueda actual.
3. Verificar el conteo en el botón **Ver resumen** y abrir el detalle de la selección.
4. En el cuadro **Resumen de Selección** revisar el total de cuentas, el bloque **Estado de Cuentas** con los contadores **Activas** e **Inactivas**, la sección **Ubicaciones** y la sección **Tarifas**.
5. Presionar el botón **Generar Reporte** para que el sistema cree el reporte con código único asociado a las cuentas seleccionadas.
6. Una vez finalizado el proceso, usar los botones **Descargar Excel** y **Descargar GPX** para obtener los archivos del reporte generado.

Durante la creación el sistema muestra el avance con un mensaje de progreso y un porcentaje. Para depurar la selección se dispone de **Deseleccionar Búsqueda**, que retira las cuentas de la búsqueda filtrada actual, y de **Deseleccionar Todo**, que elimina todas las cuentas marcadas. En caso de no existir cuentas seleccionadas, el botón **Generar Reporte** permanece deshabilitado.

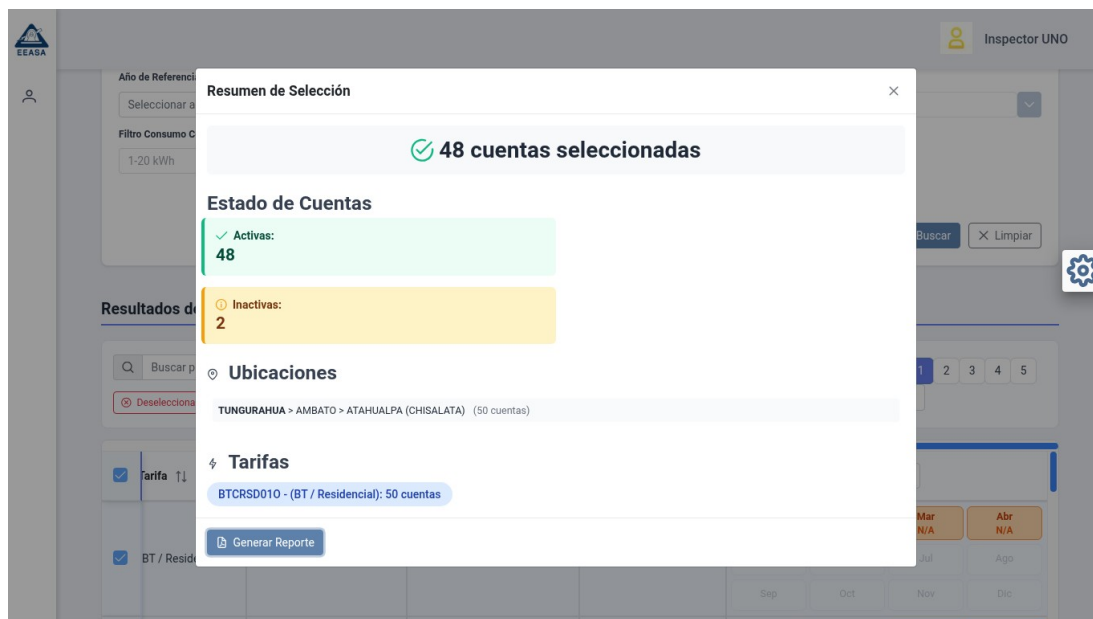


Figura 10. Cuadro Resumen de Selección con el conteo de cuentas, el estado de cuentas y el botón Generar Reporte

Formatos de exportación del reporte

El reporte se entrega en tres formatos complementarios. El archivo Excel sirve como hoja de trabajo para registrar el resultado de cada visita, el archivo GPX traslada las coordenadas a los equipos de navegación y el documento PDF presenta los datos formateados con el resumen de indicadores. Los archivos descargables conservan el código del reporte en su nombre, por ejemplo REP-00001-inspector.xlsx y REP-00001-inspector.gpx.

Tabla 7. Formatos de exportación del reporte

Formato	Uso
Excel	Hoja de trabajo con las columnas Canton, Parroquia, CUEN, Cuenta, Numero Medidor, Tarifa, Coord X, Coord Y, Nombre Cliente, Consumo Mes, Promedio Año Referencia, Diferencia Consumo, Checklist Revision y Estado Revision. Incluye una hoja de validación oculta que habilita las opciones SIN NOVEDAD, CON NOVEDAD e INFRACCION solo cuando se activa la casilla del checklist.
GPX	Archivo de coordenadas geográficas para dispositivos GPS. Cada cuenta se carga como un punto de referencia con su nombre y una descripción que muestra la tarifa, el medidor y el delta de consumo, lo que permite trazar las rutas de inspección en campo.
PDF	Reporte formateado con los datos de las cuentas seleccionadas y el resumen de indicadores, pensado para la consulta y el respaldo documental de la inspección.

El archivo GPX se importa en la aplicación de navegación del inspector. Los puntos cargados aparecen sobre el mapa con el código del reporte como referencia y la opción para trazar la ruta hacia cada cuenta. La descripción de cada punto reproduce los valores enviados desde el sistema, entre ellos el delta de consumo de la cuenta visitada.

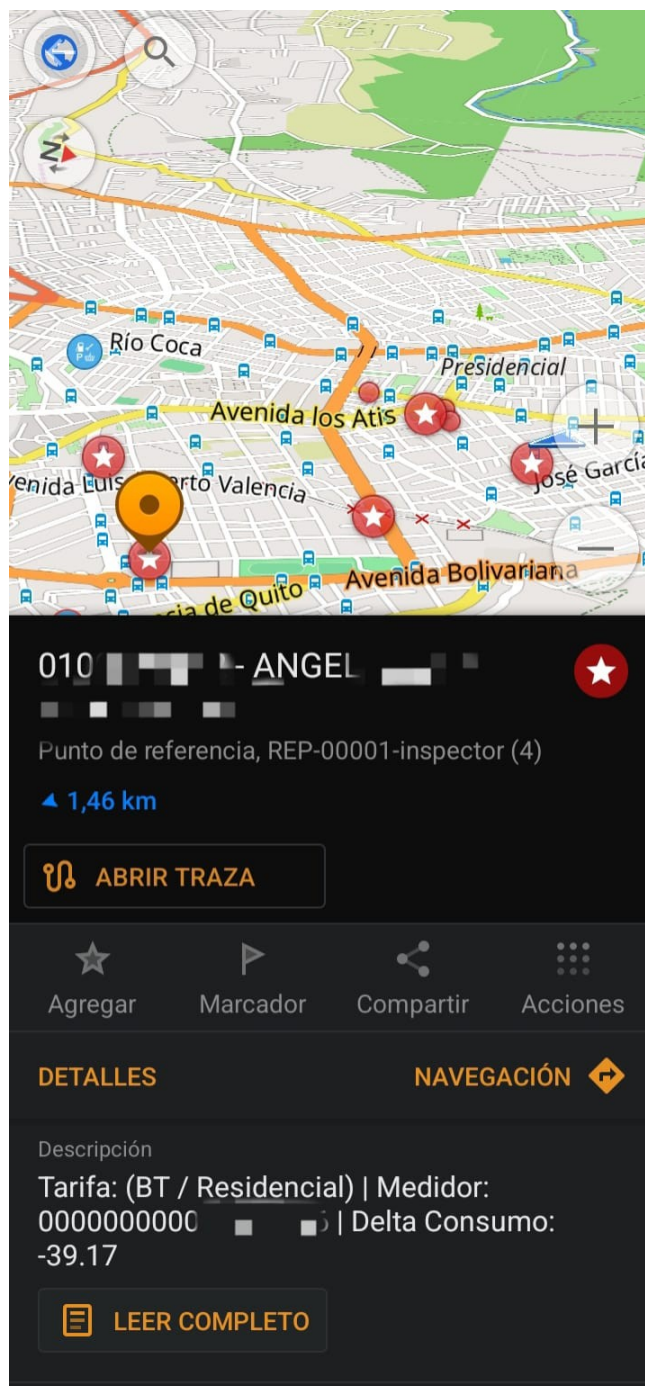


Figura 11. Ruta GPX del reporte cargada en un dispositivo GPS, con un punto de referencia y su descripción de tarifa, medidor y delta de consumo

Gestión de reportes asignados

El módulo **Gestión de Reportes** concentra el trabajo de campo de cada inspector dentro del subsistema web Satélite EEASA de control de pérdidas no técnicas. La

pantalla muestra tres tarjetas de resumen en la parte superior, un selector de reportes pendientes y la tabla con todas las cuentas asignadas. El registro de resultados se realiza cuenta por cuenta y se actualiza al instante. El reporte solo puede cerrarse cuando cada cuenta tiene un resultado de inspección registrado.

Al abrir el módulo se presenta el encabezado **Gestión de Reportes** con el subtítulo **Control de Pérdidas - Inspector**. Bajo el encabezado se ubican tres tarjetas de indicadores que reflejan el avance del inspector. La primera tarjeta, **TOTAL CUENTAS REVISADAS**, muestra el número de cuentas con resultado ya registrado. La segunda, **TOTAL CUENTAS PENDIENTES**, indica las cuentas que aún no tienen resultado. La tercera, **CANTIDAD DE REPORTES GENERADOS**, contabiliza los reportes que el inspector ha completado. Los tres valores se recalculan de forma automática cada vez que se registra un resultado, se retira una cuenta o se cierra un reporte.

Selección del reporte a revisar

La sección **REPORTES POR REVISAR**: permite abrir un reporte pendiente para trabajar sus cuentas. El campo **Seleccionar Reporte** despliega cada reporte disponible con su código y la fecha correspondiente. Para cargar las cuentas de un reporte se deben seguir los pasos a continuación:

1. Abrir el desplegable **Seleccionar Reporte** y elegir el reporte pendiente que se desea trabajar, identificado por su código y fecha.
2. Pulsar el botón **Consultar** para que el sistema cargue las cuentas asignadas al reporte.
3. Esperar a que se muestre la sección **CUENTAS DEL REPORTE**: con la tabla de cuentas y la paginación.

Mientras se descargan los datos se presenta el mensaje **Cargando reporte....** Si el reporte cargado ya no se requiere, el botón **Eliminar** lo retira por completo y libera todas sus cuentas. El botón **Subir Excel** se habilita únicamente después de consultar un reporte.



Inspector UNO

Dashboard
Bienvenido Inspector UNO

Gestión de Reportes

Control de Pérdidas - Inspector

TOTAL CUENTAS REVISADAS
0
CUENTAS REVISADAS

TOTAL CUENTAS PENDIENTES
5
CUENTAS PENDIENTES

CANTIDAD DE REPORTES GENERADOS
1
REPORTES GENERADOS

REPORTES POR REVISAR:

Seleccionar Reporte
Reporte REP-00006

Consultar
Subir Excel
Eliminar

CUENTAS DEL REPORTE:

Retirar seleccionadas
Descargar Excel
Descargar GPX

Buscar en todas las columnas...
Cuentas por validar
Mostrando 1 a 5 de 5 entradas
1
10

	Cantón	Parroquia	CUEN	Cuenta	Número Medidor	Tarifa	
☐	AMBATO	ATAHUALPA (CHISALATA)	0100149588	200032807709	000000000000420788	(BT / Residencial)	
☐	AMBATO	ATAHUALPA (CHISALATA)	0100034353	200032790269	000000000000557022	(BT / Residencial)	
☐	AMBATO	ATAHUALPA (CHISALATA)	0100080427	200032515872	000000000000432670	(BT / Residencial)	
☐	AMBATO	ATAHUALPA (CHISALATA)	0100147844	200033495447	000000000000589646	(BT / Residencial)	
☐	AMBATO	ATAHUALPA (CHISALATA)	0100136560	200032548287	000000000000538162	(BT / Residencial)	

Mostrando 1 a 5 de 5 entradas
1
10

REPORTES GENERADOS:

Buscar por Código de Reporte
Ej: REP-00123

Buscar por Fecha (MM/YYYY)
Ej: 11/2025

Buscar

Satelite EEASA
Departamento Comercial - EEASA
V 1.1.1.13

Figura 12. Pantalla del módulo Gestión de Reportes con las tarjetas de indicadores, el selector de reporte y la tabla de cuentas asignadas al inspector

Registro del resultado de cada cuenta

En la tabla de la sección **CUENTAS DEL REPORTE**: cada fila corresponde a una cuenta asignada. Las columnas muestran datos de ubicación y consumo, entre ellas **Cantón**, **Parroquia**, **CUEN**, **Cuenta**, **Número Medidor** y **Tarifa**, junto con las coordenadas y los promedios de consumo. Las dos últimas columnas registran el resultado de la inspección. El registro de una cuenta se completa marcando su casilla de **Checklist Revisión** y seleccionando un valor en el desplegable de **Estado Revisión**. Para registrar el resultado de una cuenta se deben seguir los pasos a continuación:

1. Ubicar la cuenta en la tabla. Para encontrarla con rapidez se puede escribir su número o nombre en el campo **Buscar en todas las columnas....**
2. Marcar la casilla de la columna **Checklist Revisión** de la cuenta inspeccionada.
3. Abrir el desplegable de la columna **Estado Revisión** y elegir entre **Sin Novedad**, **Con Novedad** o **Infracción**, según lo verificado en campo.
4. Pulsar el botón **Guardar Cambios** para que el sistema almacene los resultados registrados.
5. Verificar que la tarjeta **TOTAL CUENTAS REVISADAS** aumente y que **TOTAL CUENTAS PENDIENTES** disminuya.

La casilla **Cuentas por validar** filtra la tabla para mostrar solo las cuentas que aún no tienen un resultado completo. Cada vez que se modifica una cuenta aparece el botón **Guardar Cambios**, que debe usarse antes de continuar. Una cuenta que no pudo inspeccionarse en campo puede retirarse sin afectar a las demás. Para ello se marcan sus casillas a la izquierda de la tabla y se pulsa el botón **Retirar seleccionadas**, que solicita una confirmación antes de quitarlas del reporte.

Tabla 8. Resultados de inspección por cuenta

Resultado	Significado
Sin Novedad	La cuenta fue inspeccionada y no se detectaron irregularidades en el suministro ni en el medidor.
Con Novedad	La inspección identificó una observación o condición que requiere seguimiento, sin constituir una infracción.
Infracción	La inspección confirmó una manipulación o consumo irregular que se registra como infracción.

Carga masiva de resultados por archivo Excel

Cuando se requiere registrar los resultados de muchas cuentas a la vez, el sistema admite la carga en lote desde un archivo Excel exportado del propio reporte. El botón **Descargar Excel** genera el archivo base con las cuentas del reporte activo. Una vez completado en campo, el archivo se vuelve a cargar para actualizar la tabla en bloque. Para registrar resultados de forma masiva se deben seguir los pasos a continuación:

1. Con el reporte ya consultado, pulsar el botón **Descargar Excel** para obtener el archivo base con las cuentas del reporte.
2. Completar en el archivo el resultado de cada cuenta, conservando el nombre del archivo asociado al código del reporte.
3. Pulsar el botón **Subir Excel** y seleccionar el archivo con extensión .xlsx o .xls.
4. Esperar el mensaje de carga, que indica cuántas cuentas quedaron pendientes y cuántas presentaron error.
5. Revisar la tabla actualizada para confirmar que los resultados se reflejaron en las columnas **Checklist Revisión** y **Estado Revisión**.

El sistema valida que el nombre del archivo corresponda al reporte seleccionado y que el formato sea Excel. Si el archivo no coincide con el reporte activo, la carga se rechaza con un mensaje de advertencia. El botón **Descargar GPX** permite obtener, además, las coordenadas de las cuentas para su uso en dispositivos de campo.

Cierre del reporte

El reporte se cierra cuando todas sus cuentas tienen un resultado de inspección registrado. El botón **Cerrar Reporte** se habilita únicamente cuando no quedan cambios sin guardar y cada cuenta cuenta con su casilla de **Checklist Revisión** marcada y un valor en **Estado Revisión**. Para cerrar un reporte se deben seguir los pasos a continuación:

1. Confirmar que la tarjeta **TOTAL CUENTAS PENDIENTES** del reporte llegue a cero.
2. Guardar cualquier cambio pendiente con el botón **Guardar Cambios** si todavía aparece.
3. Pulsar el botón **Cerrar Reporte** y aceptar la confirmación de cierre.
4. Verificar que la tarjeta **CANTIDAD DE REPORTES GENERADOS** aumente en una unidad.

En caso de intentar cerrar el reporte con cuentas sin resultado, el sistema bloquea la operación. Si faltan estados de revisión, se abre la ventana **Estados de revisión pendientes**, que lista las cuentas incompletas y ofrece el botón **Copiar todas** para registrar su número. Una vez completadas esas cuentas, el cierre vuelve a estar disponible. Los reportes ya cerrados se consultan en la sección **REPORTES GENERADOS**:, donde se busca por **Buscar por Código de Reporte** o por **Buscar por Fecha (MM/YYYY)** y se descargan sus archivos Excel y GPX.

ANEXO C. ACTAS DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 1

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-01

Funcionalidad evaluada: Carga de archivos BIL038

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 10 de diciembre de 2025

Pasos de ejecución	Subir el archivo BIL038 mediante la interfaz de arrastrar y soltar, verificar el progreso en las cinco fases y confirmar el conteo de registros cargados.
Resultado esperado	El archivo se procesa sin errores y los consumos se almacenan en CONSUMO_VERTICAL con el conteo correcto.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:



Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)



Ing. Mauricio Marín

Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 2

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-02

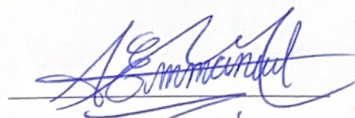
Funcionalidad evaluada: Consulta de consumos con filtros avanzados

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 17 de diciembre de 2025

Pasos de ejecución	Activar los filtros de provincia, cantón, parroquia y tarifa, ejecutar la consulta y revisar la codificación cromática en la tabla de resultados.
Resultado esperado	La tabla presenta únicamente las cuentas que cumplen los criterios de filtrado, con la codificación cromática correcta.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:



Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)



Ing. Mauricio Marín

Jefe de la Sección de Pérdidas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 3

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-03

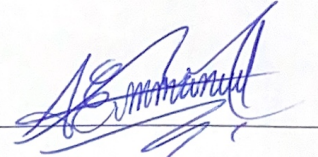
Funcionalidad evaluada: Detección de anomalías de consumo

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 14 de enero de 2026

Pasos de ejecución	Configurar el umbral de desviación al 50 %, ejecutar la consulta, verificar que las cuentas con consumo inferior aparezcan priorizadas y confirmar la exclusión de meses sin facturación.
Resultado esperado	Las cuentas anómalas se identifican y ordenan por diferencia porcentual descendente.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:


Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)


Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 4

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-04

Funcionalidad evaluada: Asignación de zonas a inspectores

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 11 de febrero de 2026

Pasos de ejecución	Seleccionar un inspector, asignar una parroquia mediante el árbol jerárquico, guardar y verificar la actualización de MV CUENTAS INSPECTOR.
Resultado esperado	La asignación se registra y la consulta del inspector refleja únicamente las cuentas de la zona asignada.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:


Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)


Ing. Mauricio Marín
Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 5

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-05

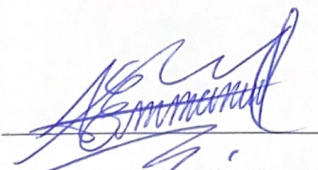
Funcionalidad evaluada: Generación de reportes de inspección

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 25 de febrero de 2026

Pasos de ejecución	Seleccionar cuentas anómalas, generar el reporte en Excel y el archivo GPX, y verificar las columnas del Excel y las coordenadas del GPX.
Resultado esperado	El Excel incluye las columnas definidas y el GPX contiene los puntos geográficos de cada cuenta.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:


Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)


Ing. Mauricio Marín
Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 6

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-06

Funcionalidad evaluada: Registro de resultados de inspección

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 11 de marzo de 2026

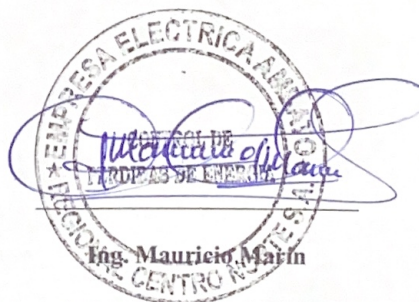
Pasos de ejecución	Seleccionar un reporte pendiente, registrar el resultado de las cuentas, intentar cerrarlo con cuentas sin resultado, completar el registro y cerrar.
Resultado esperado	El sistema bloquea el cierre con cuentas pendientes y permite el cierre al completar todas las cuentas.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:



Alex Emmanuel Medina Paredes

Estudiante (ejecutor)



Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ACTA DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN N.º 7

Trabajo de titulación: INTELIGENCIA DE NEGOCIO (BI) PARA EL MONITOREO Y CONTROL OPERACIONAL DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

Estudiante: Alex Emmanuel Medina Paredes

Empresa: Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA)

Área: Sección de Pérdidas

Historia de usuario: HU-07

Funcionalidad evaluada: KPIs de gestión

Responsable de la validación: Ing. Mauricio Marín, Jefe de la Sección de Pérdidas

Fecha de ejecución: 25 de marzo de 2026

Pasos de ejecución	Acceder al módulo de administración, verificar los KPIs acumulados y del mes y compararlos con los registros manuales.
Resultado esperado	Los indicadores coinciden con los valores verificados manualmente.
Resultado obtenido	Conforme con el resultado esperado.
Incidencias	Ninguna.
Estado	APROBADO

Firmas de conformidad:


Alex Emmanuel Medina Paredes
Estudiante (ejecutor)


Ing. Mauricio Marín
Jefe de la Sección de Pérdidas — EEASA