

TRABAJO DE GRADO

Proyecto de Grado

**Sistema web con reglas de liquidación parametrizables para la nómina de la panadería
Ricuras de Cabañas: trazabilidad, tiempo de procesamiento e inconsistencias del proceso
de liquidación**

Hanna María Buelvas Maya

Autora — estudiante responsable del proyecto

Arley David Tamayo Aristizábal

Asesor del trabajo de grado

Gloria Amparo Lora Patiño

Docente técnica de apoyo

Corporación Universitaria Remington

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería de Sistemas

Opción de grado: Proyecto de grado

2026

Dedicatoria

A mi esposo y a mi familia, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación profesional, y a la familia detrás de la panadería Ricuras de Cabañas, por confiarme la sistematización de un proceso central para su negocio.

Agradecimientos

Agradezco a la Corporación Universitaria Remington y a los docentes del programa de Ingeniería de Sistemas por la formación recibida; al asesor del trabajo de grado y a la docente técnica de apoyo por la orientación durante el desarrollo del proyecto; y al administrador de la panadería Ricuras de Cabañas, por compartir información detallada del proceso operativo y por las validaciones que permitieron ajustar el sistema a las necesidades reales del negocio.

Tabla de contenido

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Tabla de contenido	4
Lista de tablas	12
Lista de figuras.....	14
Resumen.....	16
1. Introducción	18
2. Marco de referencia	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Protocolo de búsqueda	20
2.1.2. Trabajos previos revisados.....	21
2.1.3. Vacío de conocimiento identificado	23
2.2. Marco conceptual.....	25
2.3. Marco teórico	27
2.3.1. Ciclo de vida del software y modelo iterativo e incremental.....	27
2.3.2. Ingeniería de requerimientos.....	28
2.3.3. Lenguaje Unificado de Modelado y casos de uso.....	29
2.3.4. Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador	29
2.3.5. Modelo relacional y modelo entidad-relación	30

2.3.6. Pruebas de software	30
2.3.7. Usabilidad	31
2.3.8. Aplicaciones web, cómputo en la nube y bases de datos gestionadas	32
2.3.9. Seguridad en aplicaciones web	33
2.4. Marco legal	33
2.4.1. Jornada máxima legal	33
2.4.2. Trabajo diurno y trabajo nocturno	34
2.4.3. Trabajo suplementario	34
2.4.4. Descanso dominical y trabajo en día festivo.....	35
2.4.5. Salario mínimo y auxilio de transporte.....	36
2.4.6. Aportes del trabajador al sistema de seguridad social	38
2.4.7. Protección de datos personales	38
2.4.8. Síntesis de parámetros legales aplicables al caso	39
2.5. Marco contextual	41
2.5.1. Los micronegocios en la economía colombiana	41
2.5.2. El sector panificador	42
2.5.3. Oferta comercial de software de nómina en Colombia.....	42
3. Planteamiento del problema.....	46
3.1. Contexto del caso	46
3.2. Síntomas observados.....	46

3.3. Causas identificadas	48
3.4. Consecuencias	48
3.5. Riesgo normativo	49
3.6. Línea base del proceso manual	50
3.7. Pronóstico	51
3.8. Formulación del problema	51
3.9. Sistematización del problema	52
4. Justificación	53
4.1. Justificación práctica	53
4.2. Justificación normativa	53
4.3. Justificación económica	53
4.4. Justificación disciplinar	54
5. Objetivos	55
5.1. Objetivo general	55
5.2. Objetivos específicos	55
6. Alcance y delimitación	56
6.1. Delimitación espacial y poblacional	56
6.2. Delimitación temporal	56
6.3. Alcance funcional del sistema	57
6.4. Declaración sobre el alcance de la conformidad normativa	57

6.5. Estado del sistema al cierre del trabajo.....	62
6.6. Delimitación tecnológica	62
7. Limitaciones.....	64
8. Consideraciones éticas	68
8.1. Marco normativo aplicable al tratamiento de datos.....	68
8.2. Autorización de la organización	68
8.3. Datos empleados en las pruebas funcionales	68
8.4. Medidas de protección adoptadas	69
8.5. Integridad académica	70
9. Metodología	71
9.1. Naturaleza del estudio.....	71
9.2. Estructura del capítulo de resultados	72
9.3. Marco de desarrollo: modelo iterativo e incremental	72
9.4. Fuentes de información.....	73
9.5. Línea base del proceso manual	74
9.6. Consideraciones éticas del trabajo de campo.....	74
9.7. Criterios de verificación.....	75
9.8. Matriz de coherencia.....	76
9.9. Justificación de las decisiones tecnológicas	77
10. Resultados del objetivo específico 1	80

10.1. Procedimiento de levantamiento de la información.....	80
10.2. Población, criterios de inclusión y exclusión.....	81
10.3. Fichas técnicas de los instrumentos y su validación.....	83
10.4. Limitaciones del levantamiento	86
10.5. Matriz de hallazgos de la entrevista.....	87
10.6. Medición diagnóstica retrospectiva del proceso manual	91
10.6.1. Medición de tiempos del procedimiento manual	91
10.6.2. Dificultades identificadas en el procedimiento manual	93
10.7. Caracterización del proceso actual.....	95
10.8. Listado de necesidades y características del sistema	97
10.9. Descripción general de los actores.....	98
10.10. Historias de usuario.....	100
10.11. Requisitos de usuario	102
10.12. Requerimientos funcionales.....	104
10.13. Requerimientos no funcionales.....	107
10.14. Diagrama general de casos de uso	110
10.15. Diagramas de casos de uso por módulo funcional.....	111
10.16. Documentación textual de los casos de uso	114
10.17. Alcance del sistema en entradas, procesos y salidas.....	124
10.18. Análisis de riesgos	126

10.19. Cronograma de actividades por iteración	129
10.20. Trazabilidad entre historias de usuario y requerimientos funcionales	131
10.21. Trazabilidad entre hallazgo, necesidad y requerimiento.....	132
10.22. Conclusión del objetivo específico 1	134
11. Resultados del objetivo específico 2.....	136
11.1. Reglas de negocio derivadas de la normativa	136
11.2. Catálogo de parámetros configurables	139
11.3. Concurrencia de recargos.....	141
11.4. Calendario de festivos.....	143
11.5. Trazabilidad de las reglas de negocio	144
11.6. Conclusión del objetivo específico 2	146
12. Resultados del objetivo específico 3.....	148
12.1. Arquitectura del sistema	148
12.2. Modelo de datos	150
12.3. Nivel de normalización del modelo	152
12.4. Diccionario de datos	154
12.5. Diseño de la interfaz	161
12.6. Mecanismos de trazabilidad y control de acceso	163
12.7. Modelado dinámico de los casos de uso críticos	164
12.8. Flujo de liquidación y emisión.....	169

12.9. Conclusión del objetivo específico 3	171
13. Resultados del objetivo específico 4.....	173
13.1. Implementación.....	173
13.2. Mecanismos de seguridad implementados.....	174
13.3. Verificación del comportamiento de los controles de seguridad	174
13.4. Migración y despliegue en producción	178
13.5. Condiciones y restricciones del entorno de despliegue	180
13.6. Estrategia de mantenimiento.....	180
13.7. Conclusión del objetivo específico 4	182
14. Resultados del objetivo específico 5.....	185
14.1. Plan de pruebas	185
14.2. Pruebas funcionales de liquidación.....	189
14.3. Pruebas automatizadas de regresión	191
14.4. Reducción del tiempo de procesamiento	193
14.5. Efecto del sistema sobre las inconsistencias de la línea base	197
14.6. Evaluación de usabilidad	199
14.7. Persistencia y disponibilidad en producción.....	203
14.8. Discusión.....	203
15. Conclusiones.....	209
15.1. Recomendaciones	211

Referencias.....	219
Apéndice A. URL pública del sistema desplegado.....	224
Apéndice B. Credenciales de acceso para la sustentación.....	225
Apéndice C. Repositorio de código fuente	226
Apéndice D. Diseño de interfaz: mockups del sistema.....	227
Apéndice E. Evidencia de despliegue y persistencia en producción	237
Apéndice F. Instrumento de entrevista para el levantamiento de requerimientos	240
Apéndice G. Actas de las reuniones con el administrador.....	243
Apéndice H. Evidencia del código fuente por módulo	246
Apéndice I. Plan de pruebas funcionales	254
Apéndice J. Autorización del estudio e instrumento de usabilidad diligenciado	276
Apéndice K. Instrumentos de observación y de revisión documental.....	280
Apéndice L. Guía de operación del sistema por rol.....	282
L1. Procedimiento común a ambos roles.....	282
L2. Operación del encargado	283
L3. Operación del administrador	283
L4. Procedimiento cuando el encargado se ausenta.....	284
Apéndice M. Acta de aceptación del producto	285

Lista de tablas

Tabla 1. Síntesis de antecedentes sobre sistematización de procesos de nómina	21
Tabla 2. Calendario de incremento del recargo por trabajo dominical y festivo	35
Tabla 3. Parámetros legales de liquidación aplicables al caso de estudio	39
Tabla 4. Criterios de verificación del cumplimiento de los objetivos específicos.....	75
Tabla 5. Matriz de coherencia entre pregunta, objetivos, método, artefactos y resultados	76
Tabla 6. Componentes tecnológicos del sistema y su justificación	78
Tabla 7. Población vinculada al proceso de liquidación de nómina	82
Tabla 8. Ficha técnica de la entrevista semiestructurada	83
Tabla 9. Ficha técnica de la observación estructurada del proceso manual.....	84
Tabla 10. Ficha técnica de la revisión de registros históricos.....	84
Tabla 11. Matriz de hallazgos del levantamiento	87
Tabla 12. Medición cronometrada del tiempo de liquidación por trabajador en el proceso manual	92
Tabla 13. Estadísticos de la línea base del proceso manual.....	92
Tabla 14. Dificultades identificadas en el procedimiento manual de liquidación	94
Tabla 15. Necesidades agrupadas en características del sistema.....	97
Tabla 16. Actores del sistema	99
Tabla 17. Historias de usuario por rol, con su criterio de aceptación	100
Tabla 18. Requisitos de usuario	103
Tabla 19. Catálogo de requerimientos funcionales con su origen documentado.....	105
Tabla 20. Catálogo de requerimientos no funcionales con su criterio de verificación	108
Tabla 21. CU-01. Iniciar sesión	114
Tabla 22. CU-03. Cambiar la clave temporal en el primer ingreso	115
Tabla 23. CU-05. Registrar un trabajador.....	116
Tabla 24. CU-09. Parametrizar los valores monetarios y de jornada	117
Tabla 25. CU-11. Registrar un turno trabajado.....	118
Tabla 26. CU-13. Confirmar los registros del día.....	119
Tabla 27. CU-18. Emitir el comprobante de pago	119
Tabla 28. CU-19. Consultar el historial de comprobantes.....	120
Tabla 29. CU-21. Consultar la auditoría de los registros de turno	121
Tabla 30. Síntesis de los casos de uso secundarios.....	122
Tabla 31. Alcance del sistema en entradas, procesos y salidas	124
Tabla 32. Módulos funcionales del sistema.....	125
Tabla 33. Análisis de riesgos del proyecto	126
Tabla 34. Cronograma del proyecto por iteración	129
Tabla 35. Matriz de trazabilidad entre historias de usuario y requerimientos funcionales.....	131
Tabla 36. Matriz de trazabilidad hallazgo-necesidad-requerimiento.....	132
Tabla 37. Reglas de negocio derivadas de las disposiciones legales aplicables	136
Tabla 38. Catálogo de parámetros de liquidación configurables desde la aplicación	139
Tabla 39. Matriz de trazabilidad entre regla de negocio, requerimiento funcional y escenario de prueba	144
Tabla 40. Nivel de normalización alcanzado por cada entidad del modelo.....	152
Tabla 41. Diccionario de datos de la tabla usuarios.....	154
Tabla 42. Diccionario de datos de la tabla configuracion.....	155

Tabla 43. Diccionario de datos de la tabla turnos_configurados	156
Tabla 44. Diccionario de datos de la tabla registros_turno	157
Tabla 45. Diccionario de datos de la tabla recibos	158
Tabla 46. Matriz de cobertura de los requerimientos funcionales por medio de verificación frente a la falsificación de peticiones y de acceso por rol	188
Tabla 47. Comprobaciones de comportamiento de los controles de protección frente a la falsificación de peticiones y de acceso por rol	175
Tabla 48. Tipos de mantenimiento y respuesta del sistema.....	181
Tabla 49. Comparación del tiempo de procesamiento frente a la línea base.....	193
Tabla 50. Medición cronometrada del tiempo de liquidación por trabajador sobre el sistema ..	194
Tabla 51. Confrontación de las dificultades de la línea base con los mecanismos del sistema..	198
Tabla 52. Respuestas obtenidas en la escala SUS y su conversión a puntaje	200
Tabla F1. Ficha técnica del instrumento de entrevista.....	240
Tabla F2. Guion de preguntas de la entrevista semiestructurada.....	240
Tabla G1. Acta de la reunión de levantamiento de requerimientos	243
Tabla G2. Acta de la reunión de presentación del diseño	244
Tabla G3. Acta de la reunión de aprobación del diseño	245
Tabla I1. Configuración de parámetros empleada en el plan de pruebas y su derivación legal .	254
Tabla I2. Plan y resultados de las pruebas funcionales de liquidación	256
Tabla K1. Registro de la observación estructurada cronometrada	280
Tabla K2. Matriz de revisión de los registros del negocio	281
Tabla K3. Registro de la medición cronometrada del ciclo sobre el sistema	281

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de actividades del proceso manual de liquidación de nómina.....	96
Figura 2. Diagrama general de casos de uso del sistema.....	110
Figura 3. Casos de uso del módulo de autenticación.....	111
Figura 4. Casos de uso del módulo de cambio de clave	111
Figura 5. Casos de uso del módulo de gestión de usuarios.....	112
Figura 6. Casos de uso del módulo de configuración de valores.....	112
Figura 7. Casos de uso del módulo de registro de turnos	113
Figura 8. Casos de uso del módulo de generación de comprobantes.....	113
Figura 9. Casos de uso del módulo de historial de comprobantes	114
Figura 10. Casos de uso del módulo de auditoría	114
Figura 11. Arquitectura del sistema bajo el patrón Modelo-Vista-Controlador	149
Figura 12. Modelo de datos del sistema.....	151
Figura 13. Mapa de navegación del sistema por rol de usuario.....	162
Figura 14. Diagrama de secuencia del registro y la confirmación de un turno	165
Figura 15. Diagrama de secuencia del cálculo de la liquidación.....	166
Figura 16. Diagrama de secuencia de la emisión del comprobante.....	167
Figura 17. Diagrama de actividades del flujo de liquidación y emisión con el sistema	170
Figura 18. Diagrama de máquina de estados del registro de turno	168
Figura 19. Registro de la ejecución de las comprobaciones de seguridad.....	178
Figura 20. Diagrama de despliegue en producción.....	179
Figura 21. Ejecución de la suite de pruebas automatizadas.....	192
Figura C1. Repositorio de código fuente en GitHub	226
Figura D1. Mockups del inicio de sesión.....	227
Figura D2. Mockup del cambio de clave obligatorio	228
Figura D3. Mockups del registro de turnos	229
Figura D4. Estados de validación del registro de turnos	230
Figura D5. Mockup de la cancelación de un registro	231
Figura D6. Mockups de la gestión de usuarios	232
Figura D7. Mockup de la eliminación de un empleado	233
Figura D8. Mockup de la configuración de valores.....	234
Figura D9. Mockups de la generación de comprobantes.....	235
Figura D10. Mockup del comprobante impreso	236
Figura E1. Historial de despliegues en la plataforma de producción	237
Figura E2. Estructura de la base de datos en producción	238
Figura E3. Registros de turno almacenados en producción.....	238
Figura H1. Estructura de carpetas del proyecto	246
Figura H2. Control de acceso por rol.....	247
Figura H3. Cifrado de contraseñas y bloqueo de la cuenta.....	248
Figura H4. Protección frente a la falsificación de peticiones en sitios cruzados	249
Figura H5. Rutas de la aplicación por módulo funcional	250
Figura H6. Control de los turnos registrados fuera de fecha	250
Figura H7. Catálogo de parámetros configurables	251
Figura H8. Lectura de la hora de inicio nocturna desde la configuración	251
Figura H9. Reparto de las horas del turno entre franja diurna y nocturna.....	252

Figura H10. Cálculo del Domingo de Pascua y traslado por la Ley Emiliani	252
Figura H11. Construcción del calendario anual de festivos	253
Figura I1. Pantalla de configuración con los parámetros empleados en las pruebas	261
Figura I2. Comprobante del escenario E01, turno diurno ordinario	262
Figura I3. Comprobante del escenario E02, turno nocturno completo	263
Figura I4. Comprobante del escenario E03, turno dominical	264
Figura I5. Comprobante del escenario E04, turno en día festivo.....	265
Figura I6. Comprobante del escenario E05, horas extra diurnas	266
Figura I7. Comprobante del escenario E06, horas extra nocturnas	267
Figura I8. Comprobante del escenario E07, turnos parciales que exceden la jornada.....	268
Figura I9. Comprobante del escenario E08, préstamo y abono	269
Figura I10. Comprobante del escenario E09, turno que cruza el inicio de la franja nocturna....	270
Figura I11. Comprobante del escenario E10, recargos concurrentes en domingo.....	271
Figura I12. Comprobante del escenario E11, recargo dominical al 90 %	272
Figura I13. Pantalla de configuración con las tarifas actualizadas al recargo del 90 %	273
Figura I14. Comprobante del escenario E12, hora ordinaria derivada del divisor 210	274
Figura I15. Pantalla de configuración con las tarifas derivadas del divisor 210	275
Figura J1. Autorización para la realización del trabajo de grado, primera página	277
Figura J2. Autorización para la realización del trabajo de grado, segunda página.....	278
Figura J3. Instrumento de usabilidad diligenciado	279
Figura M1. Acta de aceptación del producto, primera página	286
Figura M2. Acta de aceptación del producto, segunda página	287

Resumen

Este trabajo de grado desarrolla un sistema web para la gestión y liquidación de la nómina en la panadería Ricuras de Cabañas, micronegocio del sector panificador colombiano que liquidaba su nómina de forma manual, con registros en cuadernos y plantillas, sin herramienta que verificara los cálculos ni conservara un histórico consultable. La investigación se declara aplicada, de enfoque mixto con predominio cualitativo, bajo la modalidad de estudio de caso único. El desarrollo siguió un ciclo iterativo e incremental estructurado en torno a los cinco objetivos específicos, que recorren la caracterización del proceso actual, la formalización de las disposiciones legales de liquidación como reglas de negocio parametrizables, el diseño de la arquitectura y del modelo de datos, la implementación y el despliegue en producción, y la evaluación del sistema construido. La información se obtuvo mediante entrevista semiestructurada, observación estructurada del proceso manual y revisión de registros históricos. El sistema se construyó con tecnologías de código abierto o de capa gratuita y se desplegó con acceso por URL pública sobre HTTPS. Los valores de liquidación —tarifas por hora, descuentos y horas de jornada— residen en la base de datos y son editables desde la aplicación, de modo que los cambios normativos, frecuentes en materia laboral colombiana, se atienden sin modificar el código fuente. La evaluación arrojó correspondencia entre el cálculo del sistema y el cálculo independiente en los doce escenarios de prueba, un tiempo promedio de liquidación por trabajador 58,3 % menor y una dispersión 61,4 % menor que los observados en la recreación del procedimiento manual, la supresión por diseño de las cuatro categorías de inconsistencia observadas y un puntaje de 92,5 sobre 100 en la escala de usabilidad. Se deja constancia de que el sistema no fue puesto en operación productiva al cierre del trabajo: los tiempos provienen de una recreación controlada del procedimiento y la supresión de inconsistencias se acredita como

propiedad verificada del artefacto. El aporte principal consiste en documentar de extremo a extremo, con los artefactos del ciclo de vida del software, la sistematización de un proceso de nómina en un micronegocio con recursos limitados.

Palabras clave: gestión de nómina, automatización de procesos, aplicación web, ingeniería de requerimientos, micronegocios.

1. Introducción

La liquidación de la nómina es uno de los procesos administrativos que menos margen de error admite en cualquier organización, con independencia de su tamaño. De su exactitud dependen el cumplimiento de obligaciones legales frente al trabajador y frente al sistema de seguridad social, la confianza de la relación laboral y la disponibilidad de soportes verificables ante una eventual inspección. Pese a ello, en una proporción importante de los micronegocios colombianos el proceso continúa ejecutándose de forma manual, con anotaciones en cuadernos, planillas impresas u hojas de cálculo construidas sin controles. Esa forma de trabajo consume tiempo, favorece el error aritmético y de clasificación, y deja escaso rastro documental de lo pagado y de su fundamento.

La panadería Ricuras de Cabañas se encuentra en esa situación. Tanto el registro diario de los turnos y las novedades como la liquidación quincenal dependen de personas y de soportes en papel, sin ninguna herramienta que verifique los cálculos ni conserve un histórico consultable. A esta condición se suma un factor que agrava el riesgo: entre 2021 y 2025 la normativa laboral colombiana modificó la jornada máxima semanal, la franja horaria del trabajo nocturno y el porcentaje del recargo dominical y festivo, tres cambios cuyas fechas de entrada en vigencia se concentran en un lapso inferior a trece meses. Un procedimiento sustentado en valores memorizados no absorbe ese ritmo de cambio.

Frente a este escenario, el presente trabajo desarrolla un sistema web que sistematiza el proceso completo, desde el registro diario que realiza el encargado hasta la emisión del comprobante por parte del administrador, incorporando trazabilidad de las operaciones y control de acceso diferenciado por rol. La decisión de diseño que articula la propuesta consiste en no fijar

en el código los valores de liquidación, sino en administrarlos como parámetros editables, de modo que la solución conserve utilidad ante reformas normativas posteriores.

El documento se organiza en quince capítulos. El primero corresponde a esta introducción. El segundo desarrolla el marco de referencia, que comprende los antecedentes, el marco conceptual, el marco teórico, el marco legal y el marco contextual. El tercero presenta el planteamiento del problema, con la línea base diagnóstica del proceso manual, la formulación de la pregunta de investigación y su sistematización en subpreguntas. El cuarto expone la justificación del proyecto y el quinto enuncia los objetivos general y específicos. El sexto delimita el alcance del trabajo, el séptimo declara sus limitaciones y el octavo recoge las consideraciones éticas. El noveno describe la metodología, incluida la matriz de coherencia que relaciona cada objetivo con su fase, su artefacto y su apartado de resultados. Los capítulos décimo a decimocuarto presentan los resultados, con un capítulo por cada objetivo específico. El decimoquinto recoge las conclusiones y las recomendaciones. Cierran el documento las referencias y los apéndices con la evidencia del proceso.

2. Marco de referencia

El marco de referencia expone el estado del conocimiento sobre el problema abordado y el conjunto de disposiciones normativas que resultan aplicables al caso. Comprende cinco componentes: los antecedentes o estado del arte, el marco conceptual que precisa la terminología empleada, el marco teórico que fundamenta las decisiones de ingeniería, el marco legal que recoge la normativa laboral y de protección de datos, y el marco contextual que sitúa el caso en su sector. La descripción de la solución construida no forma parte de este capítulo y se presenta en los apartados de diseño y de resultados.

2.1. Antecedentes

2.1.1. Protocolo de búsqueda

La revisión de antecedentes se realizó siguiendo un protocolo explícito, con el fin de que la selección de los trabajos previos resulte verificable y replicable. Las fuentes consultadas fueron repositorios institucionales de universidades latinoamericanas, el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación del Perú, y las bases de acceso abierto SciELO, Redalyc, Dialnet, DOAJ y SpringerOpen. Las ecuaciones de búsqueda combinaron los descriptores «sistema web», «aplicación web», «nómina», «liquidación de nómina», «planillas», «automatización», «microempresa» y «pyme», en español, y «payroll system», «web-based payroll», «small business» y «SME», en inglés.

Los criterios de inclusión aplicados fueron tres: correspondencia con el desarrollo de un sistema informático para la liquidación de nómina o la gestión de personal; disponibilidad del texto completo con metadatos verificables de autoría, año y publicación; y publicación en los últimos cinco años. Este último criterio admitió una excepción, justificada más adelante. Se precisa que la revisión no siguió un protocolo sistemático en sentido estricto: no se conservó registro del número

de referencias recuperadas por cada ecuación de búsqueda ni del número cribado y descartado en cada etapa, de modo que lo que aquí se documenta es la estrategia de búsqueda y los criterios de selección, y no el rendimiento del proceso. Esta limitación se declara de manera expresa en lugar de reconstruir cifras que no se registraron en su momento. Los criterios de exclusión fueron: trabajos centrados exclusivamente en aspectos contables o tributarios sin componente de desarrollo de software; documentos comerciales o de divulgación sin arbitraje; y registros cuya autoría o año no pudo confirmarse en la fuente original.

Se deja constancia de una limitación de la búsqueda que constituye en sí misma un hallazgo: no se localizaron trabajos colombianos publicados en los últimos cinco años sobre desarrollo de sistemas de liquidación de nómina en micronegocios. La producción disponible sobre esta materia procede mayoritariamente del sudeste asiático y del Medio Oriente, con presencia menor de trabajos latinoamericanos.

2.1.2. Trabajos previos revisados

La tabla siguiente sistematiza los trabajos seleccionados, indicando en cada caso el aporte que se retoma para el presente proyecto y la diferencia que lo distingue.

Tabla 1

Síntesis de antecedentes sobre sistematización de procesos de nómina

Autor y año	País	Problema abordado y método	Aporte que se retoma	Diferencia con el presente trabajo
Cárcamo Cervantes y Pazmiño Manzaba (2018)	Ecuador	Gestión de nómina de un local comercial con cinco sucursales, ejecutada con herramientas ofimáticas independientes. Desarrollo en Java EE y	La documentación exhaustiva de los artefactos del ciclo de vida y, en particular, la tabla que cuantifica en días el tiempo de	Opera sobre una empresa multisucursal con departamento de talento humano; no parametriza las reglas de

Autor y año	País	Problema abordado y método	Aporte que se retoma	Diferencia con el presente trabajo
		MySQL sobre arquitectura de tres capas, con casos de uso documentados, modelo entidad-relación, diccionario de datos y pruebas unitarias	cada actividad del proceso manual antes de la intervención	liquidación ni mide el tiempo del proceso una vez implantado el sistema
Rumetna et al. (2022)	Indonesia	Diseño de un sistema de información de nómina para una oficina distrital. Método en cascada de cinco etapas, con entrevistas a cuatro informantes, modelado en UML y pruebas de caja negra	El empleo de UML como notación de especificación y de la prueba de caja negra como criterio de verificación en un desarrollo de nómina de pequeña escala	Se trata de una entidad pública con procedimiento estable; no aborda la parametrización de las reglas ni establece una línea base de tiempos
Ahmed et al. (2023)	Irak	Lentitud, errores y dificultad para conservar las liquidaciones de meses anteriores en unidades de nómina universitarias con procesos manuales. Análisis mediante SWOT, cuestionario y observación; desarrollo en PHP y MySQL; evaluación de usabilidad con la escala SUS aplicada a veinticinco usuarios, con resultado de 87,8	Es el antecedente más próximo. Aporta tres elementos que este trabajo retoma: el diseño flexible que permite agregar unidades, asignaciones y deducciones sin modificar el código; el módulo de auditoría como control de la calidad de la liquidación; y la conservación histórica de las liquidaciones de periodos anteriores	La flexibilidad se plantea como recurso de adaptación organizacional y no como respuesta a un marco normativo en reforma; la evaluación mide usabilidad pero no contrasta el tiempo de procesamiento contra una medición previa
Fitria et al. (2025)	Indonesia	Nómina manual de una pequeña empresa comercial, con errores, demoras y falta de transparencia. Análisis de requerimientos,	Es el único de los trabajos revisados que declara de forma expresa el vacío que aborda: las aplicaciones de	No documenta una línea base cuantificada del proceso manual ni administra las reglas de

Autor y año	País	Problema abordado y método	Aporte que se retoma	Diferencia con el presente trabajo
		desarrollo en PHP y MySQL y evaluación mediante entrevistas al responsable, observación del proceso manual y encuesta a los empleados tras la implantación	nómina se han desarrollado predominantemente para empresas grandes y no para unidades de pequeño tamaño	liquidación como parámetros editables por el usuario
Putra y Maria (2025)	Indonesia	Administración de personal sustentada en hojas de cálculo, con errores en el cálculo de la nómina, dificultad para rastrear las modificaciones de los datos y demoras en el procesamiento. Desarrollo bajo Scrum, con observación de campo, entrevistas y modelado entidad-relación	La identificación de la imposibilidad de rastrear quién modificó un dato y cuándo como problema propio del procedimiento manual, que este trabajo retoma bajo la categoría de trazabilidad	Interviene una empresa de mayor tamaño; no considera el marco normativo laboral ni su variabilidad

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión de los trabajos citados. Se incluye el trabajo de Cárcamo Cervantes y Pazmiño Manzaba (2018) pese a exceder la ventana de cinco años, por dos razones: es el único antecedente latinoamericano localizado que documenta el ciclo de vida completo con la totalidad de sus artefactos, y es el único que cuantifica el tiempo del proceso manual antes de la intervención, que es precisamente el artefacto que el presente trabajo se propone construir.

2.1.3. Vacío de conocimiento identificado

La revisión permite reconocer cuatro constantes en los trabajos previos.

La primera es que el problema se aborda predominantemente en organizaciones que disponen de un área de talento humano o de un responsable con formación contable: una empresa multisucursal (Cárcamo Cervantes y Pazmiño Manzaba, 2018), una entidad pública (Rumetna et al., 2022), una universidad con múltiples facultades (Ahmed et al., 2023) y una empresa con

departamento de administración de personal (Putra y Maria, 2025). Únicamente Fitria et al. (2025) interviene una unidad de pequeño tamaño, y son precisamente quienes señalan de forma expresa que la producción existente se ha concentrado en las empresas grandes. A esa excepción se suma el trabajo de Martínez Ramírez et al. (2025), que sistematiza la nómina de una microempresa de doce trabajadores y reporta una reducción del tiempo de cálculo de veinte a cinco minutos por trabajador, junto con la supresión del vaciado manual de las hojas físicas a la hoja de cálculo. Su interés para este trabajo es doble: comparte la escala del caso aquí estudiado y contrasta el tiempo antes y después de la implantación, que es la carencia que el apartado 2.1.3 identifica en los demás antecedentes.

La segunda es que las reglas de liquidación se implementan habitualmente en el código fuente, de modo que el sistema resultante queda atado a las disposiciones vigentes al momento de su construcción. La excepción es Ahmed et al. (2023), cuyo diseño permite incorporar nuevas asignaciones y deducciones sin modificar el programa; sin embargo, esa flexibilidad se justifica por la necesidad de adaptar el sistema a distintas facultades y no por la previsión de un cambio normativo.

La tercera es que la evaluación se limita con frecuencia a verificar la exactitud del cálculo o la satisfacción del usuario. Ninguno de los trabajos revisados contrasta el tiempo de procesamiento posterior a la implantación contra una medición del proceso manual realizada antes de intervenirlo. Cárcamo Cervantes y Pazmiño Manzaba (2018) cuantifican los tiempos del procedimiento previo pero no los vuelven a medir; Ahmed et al. (2023) miden la usabilidad mediante la escala SUS pero no el tiempo del ciclo.

La cuarta, de orden bibliométrico, es la escasa presencia latinoamericana en esta línea. Cuatro de los cinco trabajos seleccionados proceden de Asia y del Medio Oriente, y no se

localizaron trabajos colombianos recientes sobre la materia. Este dato sugiere que la sistematización de la nómina en micronegocios constituye un objeto poco documentado en el contexto nacional, pese a la magnitud del universo de unidades productivas que reúne (DANE, 2025).

El vacío que este trabajo se propone atender se ubica en la intersección de las cuatro constantes: la ausencia de casos documentados de sistematización de nómina en micronegocios colombianos donde las reglas de liquidación se administren como parámetros editables por el usuario final —no para adaptarse a distintas unidades organizacionales, sino para absorber la reforma normativa—, y donde el resultado se evalúe contra una medición diagnóstica del proceso manual previo. La pertinencia de esa combinación se acentúa en el contexto colombiano reciente, en el que tres parámetros de liquidación entraron en vigencia modificados en un lapso inferior a trece meses, condición que ninguno de los antecedentes revisados enfrenta.

2.2. Marco conceptual

Se precisan a continuación los términos técnicos que el documento emplea de forma recurrente y cuya definición condiciona la lectura de los capítulos posteriores.

Nómina. Conjunto de registros mediante los cuales el empleador liquida y documenta la remuneración causada a favor de sus trabajadores durante un periodo determinado, junto con las deducciones aplicables sobre ella. En sentido estricto, la nómina designa tanto el proceso de cálculo como el documento que lo consigna.

Periodo de liquidación. Intervalo de tiempo sobre el cual se acumulan las jornadas trabajadas y las novedades para producir una liquidación. En el caso estudiado el periodo es quincenal.

Devengado. Suma de todos los conceptos que constituyen ingreso para el trabajador en el periodo liquidado: la remuneración de las horas ordinarias, los recargos por trabajo nocturno, dominical o festivo, el valor del trabajo suplementario y el auxilio de transporte cuando resulta procedente.

Deducción. Valor que el empleador descuenta del devengado. Las deducciones se distinguen entre las de origen legal —los aportes del trabajador a los sistemas de salud y de pensiones— y las de origen convencional o autorizadas por el trabajador, como el descuento de un préstamo otorgado por el empleador.

Neto a pagar. Diferencia entre el total devengado y el total de las deducciones del periodo; corresponde al valor que efectivamente recibe el trabajador.

Ingreso base de cotización (IBC). Monto sobre el cual se calculan los aportes al sistema de seguridad social integral. Se conforma con los factores que constituyen salario y excluye aquellos que la ley declara no salariales, entre ellos el auxilio de transporte.

Hora ordinaria. Unidad de remuneración correspondiente a una hora de trabajo dentro de la jornada ordinaria y en franja diurna. Constituye la base de cálculo sobre la cual se aplican los porcentajes de recargo y de trabajo suplementario.

Recargo. Porcentaje adicional que la ley reconoce sobre el valor de la hora ordinaria por la circunstancia en que se ejecuta el trabajo: la franja nocturna, el día de descanso obligatorio o el día festivo. El recargo remunera la circunstancia, no el exceso de tiempo.

Trabajo suplementario u hora extra. Tiempo laborado que excede la jornada ordinaria pactada o la jornada máxima legal. A diferencia del recargo, remunera el exceso de tiempo, y se distingue entre extra diurna y extra nocturna según la franja en que se ejecuta.

Comprobante de pago. Documento que el empleador entrega al trabajador y en el que se detallan, para el periodo liquidado, los conceptos devengados, las deducciones aplicadas y el neto a pagar. Su función es probatoria: permite al trabajador verificar el cálculo y al empleador acreditar el cumplimiento de la obligación.

Trazabilidad. Propiedad de un sistema de información que permite reconstruir, para cualquier dato registrado, quién lo creó o lo modificó, en qué momento y con qué valor previo. En el contexto de una nómina, la trazabilidad es la condición que hace auditable la liquidación.

Parametrización. Práctica de diseño consistente en extraer del código fuente aquellos valores susceptibles de cambiar durante la vida útil del sistema, almacenarlos en un repositorio de datos y permitir su modificación desde la propia aplicación por parte de un usuario autorizado.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Ciclo de vida del software y modelo iterativo e incremental

El desarrollo de software se organiza mediante modelos de ciclo de vida que definen las actividades a ejecutar y su ordenamiento. Pressman y Maxim (2021) y Sommerville (2016) coinciden en identificar como fases nucleares la comunicación con el cliente y la elicitación de requerimientos, la planeación, el modelado y diseño, la construcción y las pruebas, el despliegue y el mantenimiento. La diferencia entre los modelos no radica en la existencia de esas fases sino en su secuenciamiento y en la frecuencia con que se repiten.

El modelo iterativo e incremental divide el desarrollo en ciclos sucesivos, cada uno de los cuales recorre las fases del proceso y entrega un incremento de funcionalidad operativo. Larman (2004) señala que el valor central del enfoque reside en la retroalimentación temprana: al confrontar cada incremento con el usuario antes de continuar, los errores de comprensión de los requerimientos se detectan cuando su corrección todavía es económica. Sommerville (2016) añade

que el modelo resulta especialmente apropiado cuando los requerimientos no pueden especificarse por completo al inicio, condición habitual en organizaciones que nunca han operado con un sistema de información.

Este es el enfoque adoptado en el presente trabajo, cuyas iteraciones, entregables y puntos de validación se describen en el apartado 9.3.

2.3.2. Ingeniería de requerimientos

La ingeniería de requerimientos comprende las actividades de elicitación, análisis, especificación y validación de lo que un sistema debe hacer y de las cualidades que debe exhibir. Sommerville (2016) distingue entre requerimientos funcionales, que describen servicios que el sistema debe prestar, y requerimientos no funcionales, que expresan restricciones o atributos de calidad como seguridad, usabilidad, mantenibilidad o portabilidad.

Wieggers y Beatty (2013) subrayan la distinción entre tres niveles frecuentemente confundidos: las *necesidades del negocio*, que expresan el problema que la organización busca resolver; los *requisitos de usuario*, que describen lo que el usuario debe poder hacer con el sistema, formulados en el lenguaje del dominio; y los *requerimientos funcionales*, que especifican el comportamiento que el software debe exhibir para satisfacer los anteriores. Los mismos autores insisten en que todo requerimiento debe poder rastrearse hasta su origen, y proponen la matriz de trazabilidad como instrumento para verificar que ningún requerimiento carece de fundamento y que ninguna necesidad quedó sin atender. Esta distinción de tres niveles y el instrumento de trazabilidad estructuran los apartados 10.8, 10.11, 10.12, 10.20 y 10.21 del capítulo de resultados.

Cohn (2004) formula la historia de usuario como enunciado breve que expresa, desde la perspectiva de un rol, una funcionalidad deseada y el beneficio que reporta, acompañada de

criterios de aceptación que determinan cuándo puede considerarse satisfecha. Las historias de usuario del proyecto se presentan en el apartado 10.10.

2.3.3. Lenguaje Unificado de Modelado y casos de uso

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es la notación estandarizada por el Object Management Group (2017) para la especificación, visualización y documentación de sistemas de software. Booch et al. (2005) describen el diagrama de casos de uso como el instrumento destinado a representar el comportamiento del sistema desde la perspectiva externa: los actores que interactúan con él, los casos de uso que cada actor puede ejecutar y las relaciones de inclusión, extensión y generalización entre ellos.

La relación de *inclusión* indica que un caso de uso incorpora obligatoriamente el comportamiento de otro; la de *extensión* indica que un caso de uso puede, bajo determinada condición, ampliar el comportamiento de otro. La documentación textual del caso de uso complementa el diagrama y consigna su identificador, su actor, la precondition, el flujo principal, los flujos alternativos, las excepciones y la postcondición.

El diagrama de actividades, por su parte, representa el flujo de control de un proceso mediante acciones, decisiones y bifurcaciones, y admite la partición en calles que asignan cada acción a su responsable. Esta notación se emplea en el apartado 10.7 para representar el proceso manual vigente antes de la intervención.

2.3.4. Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador

El patrón Modelo-Vista-Controlador fue formulado por Reenskaug (1979) durante su trabajo en el Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto, en el contexto del entorno Smalltalk-80, y descrito posteriormente de forma sistemática por Krasner y Pope (1988). El patrón separa la aplicación en tres responsabilidades: el *modelo*, que encapsula los datos y las reglas del dominio;

la *vista*, que presenta la información al usuario; y el *controlador*, que interpreta las acciones del usuario y coordina la respuesta. Su propósito es desacoplar la lógica del dominio de la interfaz, de modo que una pueda evolucionar sin obligar a modificar la otra.

Cabe precisar que Pressman y Maxim (2021) y Sommerville (2016) describen el patrón dentro de su tratamiento del diseño arquitectónico, pero no son sus formuladores; la atribución corresponde a las fuentes citadas en el párrafo anterior.

Debe precisarse igualmente que el microframework empleado en la construcción del sistema no impone el patrón Modelo-Vista-Controlador. Grinberg (2018) señala que Flask deja la organización del proyecto a criterio del desarrollador y provee únicamente el enrutamiento de peticiones y la integración con un motor de plantillas. En consecuencia, la separación de capas obtenida en este proyecto no deriva del framework sino de una convención de estructura adoptada de forma deliberada, cuya correspondencia con el patrón se documenta en el apartado de diseño.

2.3.5. Modelo relacional y modelo entidad-relación

El modelo entidad-relación, propuesto por Chen (1976), representa el dominio de datos mediante entidades, atributos y relaciones, y constituye la notación de referencia para el diseño conceptual de una base de datos antes de su traducción a un esquema relacional. Los elementos que un modelo de este tipo debe explicitar son la identificación de la llave primaria de cada entidad, las llaves foráneas que materializan las relaciones y la cardinalidad de cada asociación, que determina cuántas ocurrencias de una entidad pueden vincularse con ocurrencias de otra.

2.3.6. Pruebas de software

Myers et al. (2011) definen la prueba de software como el proceso de ejecutar un programa con la intención de encontrar defectos, y subrayan que un caso de prueba solo es útil si declara de antemano el resultado esperado: sin ese criterio previo, la ejecución no permite decidir si el

comportamiento observado es correcto. Los mismos autores distinguen entre la prueba de caja negra, que verifica el comportamiento observable frente a la especificación sin considerar la estructura interna del programa, y la prueba de caja blanca, que se apoya en dicha estructura.

La prueba funcional aplicada en este proyecto corresponde a la primera categoría: cada escenario declara sus datos de entrada, el resultado esperado calculado de forma independiente y el resultado obtenido en el sistema, según se documenta en el plan de pruebas.

Como marco de referencia para los atributos de calidad, se adopta la norma ISO/IEC 25010 (Organización Internacional de Normalización y Comisión Electrotécnica Internacional, 2011), en su edición de 2011, vigente al momento de la especificación y posteriormente sustituida por la edición de 2023. Esta norma sigue siendo la referencia habitual para la evaluación de la calidad de sistemas de información en la producción reciente, como muestra el trabajo de Varela Muñoz et al. (2025), que la emplea para valorar un sistema de gestión académica. La norma organiza la calidad del producto software en ocho características —adecuación funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, usabilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad— y provee el vocabulario con el que se formulan y verifican los requerimientos no funcionales del apartado 10.13.

2.3.7. Usabilidad

La norma ISO 9241-11 (Organización Internacional de Normalización, 2018) define la usabilidad como el grado en que un sistema puede ser utilizado por usuarios determinados para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso concreto. La definición es relevante porque vincula la usabilidad a un usuario y a una tarea determinados, y no a una cualidad abstracta del producto.

Nielsen (1994) descompone el concepto en cinco atributos operativos: facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, facilidad de memorización, prevención de errores y satisfacción subjetiva. Para su medición, Brooke (1996) propuso la escala System Usability Scale, instrumento de diez enunciados con respuesta en escala Likert de cinco puntos que produce una puntuación única entre cero y cien, ampliamente empleado por su brevedad y por su aplicabilidad a muestras reducidas.

Este es el instrumento previsto para la evaluación de usabilidad comprometida en el quinto objetivo específico. La fundamentación de este apartado responde al principio de que todo lo que se reporta en los resultados debe estar previamente sustentado en el marco de referencia.

2.3.8. Aplicaciones web, cómputo en la nube y bases de datos gestionadas

Una aplicación web es un programa cuya interfaz se ejecuta en un navegador y cuya lógica reside en un servidor. Frente a una aplicación de escritorio, este modelo ofrece cuatro ventajas relevantes para una organización pequeña: el acceso desde cualquier dispositivo con navegador sin instalación previa; la centralización de los datos en un único repositorio; la propagación inmediata de las actualizaciones a todos los usuarios; y el trabajo concurrente de varios usuarios con permisos diferenciados (Grinberg, 2018).

El modelo de plataforma como servicio traslada al proveedor la administración del sistema operativo, del servidor de aplicaciones y de la infraestructura subyacente, de modo que el desarrollador se concentra en el código de la aplicación. De forma análoga, una base de datos gestionada delega en el proveedor la instalación, la actualización y la disponibilidad del motor de datos. Ambos modelos reducen la barrera de entrada para organizaciones que carecen de personal técnico, a costa de una dependencia respecto de las condiciones del proveedor —entre ellas, las restricciones asociadas a los planes gratuitos, que se documentan en el apartado 6.

2.3.9. Seguridad en aplicaciones web

Cuando una aplicación web almacena datos personales y financieros, la seguridad constituye un requerimiento no funcional exigible y no una característica opcional. La OWASP Foundation (2021) sistematiza los diez riesgos más críticos en aplicaciones web y, entre las medidas de mitigación, señala: el almacenamiento de contraseñas mediante funciones de derivación de clave con factor de trabajo configurable, en lugar de su conservación en texto plano o mediante funciones de resumen rápidas; la protección de los formularios frente a la falsificación de peticiones en sitios cruzados mediante testigos de un solo uso; el control de acceso verificado del lado del servidor en cada petición y no únicamente en la interfaz; la limitación de intentos de autenticación fallidos; la configuración de cookies de sesión con los atributos que impiden su lectura desde el cliente y su envío en contextos cruzados; y el cifrado de la totalidad del tránsito mediante HTTPS.

2.4. Marco legal

Se recogen a continuación las disposiciones que rigen la liquidación de la nómina en Colombia y el tratamiento de los datos personales involucrados. Conforme al principio de jerarquía de fuentes, la exposición se apoya en el articulado del Código Sustantivo del Trabajo y en el texto de las leyes y decretos; las publicaciones de portales especializados se emplean únicamente como apoyo interpretativo y se identifican como tales.

2.4.1. Jornada máxima legal

El artículo 161 del Código Sustantivo del Trabajo (Congreso de la República de Colombia, 1950), modificado por el artículo 11 de la Ley 2466 de 2025, fija la duración máxima de la jornada ordinaria de trabajo en ocho horas diarias y en el número de horas semanales que corresponda al calendario legal vigente. El límite diario es el que la regla RN-05 aplica para clasificar el trabajo

suplementario, según se detalla en la Tabla 37 del apartado 11.1. La Ley 2101 de 2021 dispuso su reducción gradual desde cuarenta y ocho horas semanales, y la Ley 2466 de 2025 modificó nuevamente el artículo. El calendario vigente establece una jornada máxima de cuarenta y cuatro horas semanales hasta el 14 de julio de 2026 y de cuarenta y dos horas semanales a partir del 15 de julio de 2026.

La reducción de la jornada no modifica el salario mensual del trabajador; en consecuencia, incrementa el valor de la hora ordinaria, dado que la misma remuneración se distribuye entre un número menor de horas. Este efecto es determinante para un sistema de liquidación que opera con tarifas horarias.

2.4.2. Trabajo diurno y trabajo nocturno

El artículo 160 del Código Sustantivo del Trabajo, modificado por el artículo 10 de la Ley 2466 de 2025, define el trabajo diurno como el realizado entre las 6:00 a. m. y las 7:00 p. m., y el trabajo nocturno como el realizado entre las 7:00 p. m. y las 6:00 a. m. del día siguiente. En virtud del párrafo segundo del mismo artículo, esta modificación entró en vigencia seis meses después de la sanción de la ley, es decir, a partir del 25 de diciembre de 2025.

Con anterioridad a esa fecha la franja nocturna iniciaba a las 9:00 p. m., de modo que la reforma amplió en dos horas el intervalo sujeto a recargo. El recargo por trabajo nocturno corresponde al treinta y cinco por ciento sobre el valor de la hora ordinaria.

2.4.3. Trabajo suplementario

El trabajo suplementario es el que excede la jornada ordinaria y, en todo caso, la jornada máxima legal. El artículo 168 del Código Sustantivo del Trabajo establece los porcentajes aplicables: la hora extra diurna se remunera con un recargo del veinticinco por ciento sobre la hora ordinaria y la hora extra nocturna, con un recargo del setenta y cinco por ciento.

El artículo 167-A del mismo código —cuyo texto proviene del artículo 22 de la Ley 50 de 1990, modificado por el artículo 13 de la Ley 2466 de 2025— fija los límites cuantitativos del trabajo suplementario en dos horas diarias y doce horas semanales. El artículo 12 de la misma ley modificó el numeral 2 del artículo 162 del Código Sustantivo del Trabajo y estableció dos disposiciones que interesan de manera directa a este trabajo. La primera es la obligación del empleador de llevar un registro del trabajo suplementario de cada trabajador, en el que se especifique su nombre, la actividad desarrollada y el número de horas laboradas con precisión de si son diurnas o nocturnas, así como la de entregar al trabajador que lo solicite la relación de esas horas junto con el soporte que acredite su pago. La segunda, contenida en el párrafo del mismo artículo, es la eliminación de la exigencia de autorización previa del Ministerio del Trabajo para laborar horas extra, sustituida por la facultad de esa entidad de suspender por seis meses la potestad del empleador de autorizar trabajo suplementario cuando se acredite que no lo remunera.

2.4.4. Descanso dominical y trabajo en día festivo

El artículo 179 del Código Sustantivo del Trabajo regula la remuneración del trabajo en día de descanso obligatorio y en día festivo. El artículo 14 de la Ley 2466 de 2025 dispuso un incremento progresivo del recargo correspondiente, conforme al calendario que recoge la tabla siguiente.

Tabla 2

Calendario de incremento del recargo por trabajo dominical y festivo

Periodo de aplicación	Recargo aplicable	Fundamento
Hasta el 30 de junio de 2025	75 %	Artículo 179 del CST, redacción anterior

Periodo de aplicación	Recargo aplicable	Fundamento
Desde el 1 de julio de 2025	80 %	Artículo 14 de la Ley 2466 de 2025
Desde el 1 de julio de 2026	90 %	Artículo 14 de la Ley 2466 de 2025
Desde el 1 de julio de 2027	100 %	Artículo 14 de la Ley 2466 de 2025

Nota. Elaboración propia a partir del artículo 14 de la Ley 2466 de 2025. El recargo se aplica sobre el valor de la hora ordinaria y es acumulable con el recargo nocturno cuando la jornada se ejecuta en franja nocturna de un día de descanso obligatorio o festivo.

El calendario de días festivos se compone de tres grupos. Un primer grupo de fecha invariable; un segundo grupo sujeto a la Ley 51 de 1983, conocida como Ley Emiliani, que traslada al lunes siguiente los festivos que no coinciden con ese día; y un tercer grupo cuya fecha se deriva de la Pascua y varía cada año. Un sistema de liquidación que opere con una lista fija de fechas no puede reconocer los dos últimos grupos.

2.4.5. Salario mínimo y auxilio de transporte

Para el año 2026 el salario mínimo legal mensual vigente se fijó en un millón setecientos cincuenta mil novecientos cinco pesos y el auxilio de transporte en doscientos cuarenta y nueve mil noventa y cinco pesos, mediante los decretos 1469 y 1470 de 2025. El Decreto 1469 de 2025 atravesó, además, un episodio judicial que conviene referir por completo. La Sección Segunda del Consejo de Estado decretó su suspensión provisional mediante auto del 12 de febrero de 2026 y ordenó al Gobierno expedir un decreto transitorio; en cumplimiento de esa orden se expidió el Decreto 0159 del 19 de febrero de 2026, que fijó el mismo valor. Mediante auto del 9 de julio de 2026, la misma Sección revocó el auto de febrero y negó la medida cautelar, con lo que el Decreto 1469 de 2025 recuperó plena vigencia, sin que el valor del salario mínimo variara en ningún

momento; la discusión de fondo sobre su legalidad continúa en el proceso de nulidad. El episodio ilustra por sí solo la volatilidad del parámetro y refuerza el argumento que sustenta la decisión de diseño de este trabajo: un sistema que fija los valores en el código habría requerido dos intervenciones sobre el programa en menos de cinco meses, ninguna de las cuales habría alterado la cifra liquidada.

La configuración empleada en el plan de pruebas del Apéndice I toma como base una hora ordinaria de siete mil doscientos noventa y seis pesos, resultado de dividir el salario mínimo mensual entre el divisor de doscientos cuarenta horas, de uso tradicional en la práctica de liquidación, y redondear al peso superior. Se deja constancia expresa de que ese divisor no es el legalmente aplicable. El divisor de doscientos cuarenta corresponde a la jornada de cuarenta y ocho horas semanales, superada desde julio de 2023 por el calendario de la Ley 2101 de 2021. Durante el periodo de ejecución de este proyecto rigió la jornada de cuarenta y cuatro horas, a la que corresponde un divisor de doscientos veinte y una hora ordinaria cercana a siete mil novecientos cincuenta y nueve pesos; desde el 15 de julio de 2026 rige la jornada de cuarenta y dos horas, con divisor de doscientos diez y una hora ordinaria cercana a ocho mil trescientos treinta y ocho pesos.

Esta constancia es consistente con el alcance declarado en el apartado 6.4 y no compromete los resultados del trabajo. El sistema no deriva el valor de la hora ordinaria a partir del salario mínimo ni de la jornada legal: lo recibe digitado desde la pantalla de configuración, junto con las demás tarifas, y su responsabilidad se limita a aplicarlo de forma consistente y trazable. Lo que los escenarios del Apéndice I acreditan, en consecuencia, es la corrección de la estructura de recargos y de su acumulación, no la legalidad del valor base sobre el que operan. La situación constituye, de hecho, la ilustración más directa del argumento del proyecto, y así se verificó: el escenario E12

del Apéndice I repite el turno del escenario E01 con la hora ordinaria recalculada sobre el divisor de doscientos diez, y acredita que la corrección se resuelve editando los parámetros de la pantalla de configuración, sin modificar una sola línea de código ni recompilar el sistema. Con esa configuración la hora ordinaria asciende a \$8.338, el salario del turno verificado pasa de \$47.424 a \$54.197 y el neto, de \$101.936 a \$108.709. La adopción del divisor de doscientos diez como configuración de producción se formula como recomendación de prioridad alta en el apartado 15.1.

El auxilio de transporte se reconoce a los trabajadores que devengan hasta dos salarios mínimos mensuales y no constituye factor salarial, por lo cual no integra el ingreso base de cotización.

2.4.6. Aportes del trabajador al sistema de seguridad social

La Ley 100 de 1993 estableció el sistema de seguridad social integral. En el régimen contributivo, la cotización del trabajador dependiente corresponde al cuatro por ciento del ingreso base de cotización para el sistema de salud y al cuatro por ciento del mismo ingreso para el sistema de pensiones. Ambos porcentajes se descuentan del devengado del trabajador y se calculan sobre los factores que constituyen salario, con exclusión del auxilio de transporte.

2.4.7. Protección de datos personales

La Ley 1581 de 2012 dicta las disposiciones generales para la protección de datos personales y consagra los principios de finalidad, libertad, veracidad, transparencia, acceso restringido, seguridad y confidencialidad. El Decreto 1377 de 2013 la reglamenta parcialmente y precisa las obligaciones relativas a la autorización del titular, el aviso de privacidad y la política de tratamiento de la información.

La norma distingue dos figuras cuya identificación resulta obligatoria en todo tratamiento. El *responsable del tratamiento* es la persona natural o jurídica que decide sobre la base de datos y

sobre la finalidad del tratamiento. El *encargado del tratamiento* es quien realiza el tratamiento por cuenta del responsable. La asignación de ambas figuras en el presente proyecto se declara en el apartado 8.1.

Dado que el sistema desarrollado almacena nombre, documento de identidad, jornadas laboradas y valores devengados de trabajadores identificados, la totalidad de la información gestionada constituye dato personal en los términos de la ley, y su tratamiento exige autorización previa, informada y expresa de sus titulares.

2.4.8. Síntesis de parámetros legales aplicables al caso

Tabla 3

Parámetros legales de liquidación aplicables al caso de estudio

Parámetro	Valor vigente	Fundamento normativo	Observación para la parametrización
Jornada máxima semanal	44 h hasta el 14-07-2026; 42 h desde el 15-07-2026	Art. 161 CST; Ley 2101 de 2021; Ley 2466 de 2025	No implementado en esta versión; el sistema controla el límite diario configurado y no el acumulado semanal (véanse los apartados 6.4 y 15.1)
Franja de trabajo nocturno	7:00 p. m. a 6:00 a. m.	Art. 160 CST, mod. art. 10 Ley 2466 de 2025	Vigente desde el 25-12-2025; parámetro editable
Recargo nocturno	35 % sobre hora ordinaria	Art. 168 CST	Incorporado en la tarifa de hora nocturna
Recargo hora extra diurna	25 % sobre hora ordinaria	Art. 168 CST	Incorporado en la tarifa de extra diurna

Parámetro	Valor vigente	Fundamento normativo	Observación para la parametrización
Recargo hora extra nocturna	75 % sobre hora ordinaria	Art. 168 CST	Incorporado en la tarifa de extra nocturna
Recargo dominical y festivo	80 % (2025-2026); 90 % (2026-2027); 100 % (desde 2027)	Art. 179 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025	Calendario progresivo; exige revisión anual del parámetro
Límite de trabajo suplementario	2 h diarias y 12 h semanales	Art. 167-A CST (art. 22 Ley 50 de 1990, mod. art. 13 Ley 2466 de 2025)	No implementado como validación; ver recomendaciones
Salario mínimo mensual 2026	\$1.750.905	Decretos 1469 de 2025 y 0159 de 2026	Referencia externa para derivar la tarifa de hora ordinaria; el sistema no realiza esta validación (véase el apartado 6.4)
Auxilio de transporte 2026	\$249.095	Decreto 1470 de 2025	No constituye factor salarial ni integra el IBC
Aporte del trabajador a salud	4 % del IBC	Ley 100 de 1993	Configurado como valor fijo; ver apartado 6.4
Aporte del trabajador a pensión	4 % del IBC	Ley 100 de 1993	Configurado como valor fijo; ver apartado 6.4

Nota. Elaboración propia a partir del Código Sustantivo del Trabajo y de las normas citadas en cada fila. La columna de observaciones anticipa la relación entre cada disposición y su tratamiento en el sistema, cuya formalización como reglas de negocio corresponde al segundo objetivo específico.

2.5. Marco contextual

2.5.1. Los micronegocios en la economía colombiana

Los micronegocios constituyen una porción significativa del tejido productivo colombiano. Según la Encuesta de Micronegocios del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025), en 2024 existían en el país cerca de 2,3 millones de micronegocios, que ocupaban aproximadamente 3 millones de personas. La encuesta considera micronegocio a la unidad económica con hasta nueve personas ocupadas.

La relevancia de este dato para el problema abordado es doble. De una parte, sitúa el caso estudiado dentro de un universo amplio de organizaciones con características operativas semejantes. De otra, permite dimensionar el alcance del problema: una proporción considerable del empleo del país se liquida en unidades que carecen de área de gestión humana y de herramientas informáticas especializadas. La literatura reciente sobre digitalización de la pequeña empresa coincide en identificar las barreras que explican esa carencia. La revisión sistemática de Mayor Ravines et al. (2025), realizada sobre treinta estudios seleccionados con protocolo PRISMA, señala entre los obstáculos principales el costo elevado de implantación, la ausencia de competencias digitales en el personal y la complejidad normativa del entorno, tres condiciones que concurren en el caso aquí estudiado. Cadena Flores et al. (2025) precisan, por su parte, la distinción entre digitalizar un proceso y transformarlo: la primera se limita a trasladar a soporte informático una operación que se sigue ejecutando del mismo modo, mientras que la segunda modifica la manera en que la operación se realiza. Esta distinción delimita el aporte del presente trabajo, que no se propone transformar el modelo de negocio de la panadería sino sistematizar un procedimiento administrativo concreto.

2.5.2. El sector panificador

Dentro del universo de los micronegocios, la panadería de barrio constituye una de las formas más extendidas de unidad productiva en las ciudades intermedias colombianas. Su operación presenta tres rasgos que complican la liquidación de la nómina: la producción inicia en horas de la madrugada, lo que sitúa parte de la jornada en franja nocturna; la atención al público se extiende durante los fines de semana, lo que genera trabajo en domingo y en días festivos; y la rotación del personal es superior a la de otros sectores. La combinación de estos tres rasgos multiplica el número de conceptos que deben calcularse para un mismo trabajador en un mismo periodo, lo que explica que el procedimiento manual resulte particularmente costoso en tiempo y particularmente propenso al error.

La magnitud del sector respalda esta caracterización. Según cifras de la Asociación Nacional de Fabricantes de Pan, difundidas por la Cámara de Comercio de Bogotá (2023), el sector panificador colombiano genera alrededor de cuatrocientos mil empleos directos, y el país cuenta con cerca de veinticinco mil negocios dedicados a la producción y transformación de pan. La misma fuente precisa que el noventa y siete por ciento de los establecimientos del sector son microempresas, que apenas el dos por ciento son pequeñas y el uno por ciento medianas o grandes, y que las ventas anuales de panaderías y reposterías superan los tres billones de pesos. Estas cifras provienen del gremio y se citan como fuente secundaria, en ausencia de una serie estadística oficial desagregada para el subsector.

2.5.3. Oferta comercial de software de nómina en Colombia

El mercado colombiano dispone de soluciones comerciales que integran contabilidad, facturación electrónica y nómina en una misma suscripción. Estas plataformas cubren funcionalidades que exceden la necesidad de un micronegocio —conciliación bancaria, informes

tributarios, gestión de inventarios— y su modelo de comercialización es la suscripción mensual por número de empleados o por plan.

A título ilustrativo se recogen los precios publicados por dos proveedores de amplia presencia en el mercado colombiano. Alegria (2026) comercializa su módulo de nómina electrónica de forma independiente del módulo contable, mediante planes escalonados por número de empleados: el plan Emprendedor, que cubre de uno a diez trabajadores, tiene un valor de \$29.900 mensuales; el plan Pyme, de once a veinte trabajadores, \$69.000 mensuales. Siigo (2026), por su parte, comercializa la nómina electrónica como un plan adicional que se adquiere por separado de su solución de gestión empresarial.

Del cotejo entre esa oferta y el caso estudiado se desprende una observación que interesa al presente trabajo. Alegria distingue dos modalidades de su producto de nómina: una de solo emisión, que transmite a la autoridad tributaria el documento soporte de pago cuyo contenido el empleador debe haber calculado por otros medios, y otra de liquidación y emisión, que además calcula el periodo y genera la colilla de pago del trabajador. El cálculo del periodo y la colilla — esto es, precisamente aquello en lo que consiste la dificultad operativa del negocio estudiado— corresponden a la segunda modalidad, mientras que la primera presupone resuelto el problema que la panadería no tiene resuelto. Siigo, por su parte, comercializa la nómina como módulo independiente de su solución de gestión, con un precio que escala según el número de empleados. En uno y otro caso el micronegocio se enfrenta a la misma disyuntiva: contratar la modalidad más económica, que no atiende su dificultad, o la superior, que sí la atiende pero cuya suscripción se paga en su mayor parte por módulos de contabilidad, facturación e inventarios que el negocio no utiliza. Esa disyuntiva es la que da sentido a explorar una solución construida a la medida.

Esa disyuntiva debe contrastarse, sin embargo, con el costo de la alternativa que este trabajo construyó, y el contraste obliga a matizar el argumento económico. El sistema se desarrolló y se verificó íntegramente sobre la capa gratuita de los servicios descritos en el apartado 13.4, pero esa capa no admite operación productiva: el servicio de aplicación suspende la instancia tras un periodo sin tráfico y la base de datos gratuita está sujeta a límites de retención. Sostener el sistema en operación exige contratar planes pagos. Según los precios publicados por los proveedores empleados, el plan de menor costo para un servicio web permanentemente activo asciende a siete dólares mensuales, y la base de datos, facturada por consumo y sin mínimo mensual, se sitúa en unos pocos dólares adicionales para un volumen como el de este negocio. El costo recurrente resultante es, por tanto, del mismo orden de magnitud que la suscripción comercial que se buscaba evitar.

De ello se sigue una conclusión que conviene enunciar sin rodeos: la ventaja de la solución construida no es de precio. Es de ajuste. La suscripción comercial de menor costo no resuelve la dificultad operativa del negocio —el cálculo del periodo y la emisión de la colilla pertenecen a la modalidad superior—, y la modalidad que sí la resuelve se paga en su mayor parte por módulos de contabilidad, facturación e inventarios que el negocio no utiliza. La solución construida, en cambio, implementa exactamente el proceso levantado en el capítulo 10 y nada más. El argumento económico del proyecto debe leerse en esos términos y no como un ahorro, y así se retoma en el capítulo 15.

Con independencia del valor exacto, la característica estructural relevante para este trabajo es que se trata de un costo recurrente sobre funcionalidades mayoritariamente no utilizadas. Esta es la condición que motiva la exploración de una alternativa construida a la medida sobre

tecnologías de código abierto, cuya viabilidad constituye una de las preguntas prácticas del proyecto.

3. Planteamiento del problema

3.1. Contexto del caso

La panadería Ricuras de Cabañas es un micronegocio del sector panificador colombiano, ubicado en el barrio Cabañas del municipio de Bello, departamento de Antioquia, en funcionamiento desde hace aproximadamente doce años. La organización cuenta con ocho trabajadores vinculados al momento del estudio. Seis de ellos se encuentran bajo contrato de trabajo a término indefinido y se distribuyen en tres pares de cargos: dos panaderos, dos cajeros y dos personas encargadas de la atención al cliente. Los dos restantes están vinculados bajo una modalidad de pago por horas, en el cargo de atención al cliente, y se convocan en las franjas de mayor afluencia de clientes; esta modalidad incide de manera directa en el tiempo que demanda su liquidación, según se documenta en el apartado 10.6. Ni la propietaria ni el administrador forman parte de la planta liquidada. La nómina se liquida con periodicidad quincenal.

La estructura de responsabilidades del proceso está distribuida entre tres funciones. El administrador ejecuta la liquidación y realiza el pago. La propietaria del establecimiento decide sobre los valores aplicables y sobre la marcha general del negocio, y actualiza cada año las tarifas conforme al decreto de salario mínimo. El registro diario de las jornadas, así como de los préstamos otorgados y los abonos recibidos, está a cargo de las dos personas que desempeñan el cargo de cajero. Ninguna de estas funciones se apoya en una herramienta informática: el registro se realiza en cuadernos y el cálculo, en plantillas impresas o de manera mental.

3.2. Síntomas observados

La aplicación de la entrevista semiestructurada al administrador, junto con la observación estructurada del procedimiento y la revisión de los registros históricos, permitió identificar los siguientes síntomas, cuya evidencia se detalla en la matriz de hallazgos del capítulo de resultados.

- El tiempo requerido para liquidar el pago de un solo trabajador es elevado en relación con el volumen de la operación, y crece de manera proporcional al número de trabajadores y a la diversidad de turnos del periodo.
- Ante cualquier duda sobre una cifra —un número poco legible en el cuaderno, una enmendadura, una clasificación de horas que no se recuerda con certeza— el procedimiento no ofrece forma de verificar el dato, de modo que el cálculo debe rehacerse por completo para el trabajador afectado.
- La clasificación de las horas en diurnas, nocturnas, dominicales y festivas se realiza sin un criterio escrito, a partir del recuerdo de las franjas horarias y de los porcentajes aplicables.
- Las tarifas por hora y los descuentos vigentes se actualizan cada año conforme a la normativa, pero no se conservan en ningún repositorio del negocio: deben consultarse o recordarse en cada liquidación, sin registro de cuándo cambiaron ni de qué valor regía en un periodo anterior.
- No existe un mecanismo formal para incorporar turnos que no se hayan anotado en su momento. La revisión documental no identificó jornadas omitidas —el registro diario se cumple con disciplina—, pero sí registros incorporados con posterioridad a la fecha de la jornada, sin que quede constancia de esa circunstancia ni de quién la autorizó.
- El soporte de pago se elabora a mano. El negocio conserva una numeración consecutiva de los soportes, pero no un formato uniforme ni una copia de lo entregado, de modo que el documento no puede reimprimirse ni consultarse con posterioridad; una enmendadura o una cifra mal escrita obliga a rehacer el documento completo.
- No existe un histórico consultable que permita reconstruir qué se pagó, a quién, por qué conceptos y con qué valores en un periodo anterior.

3.3. Causas identificadas

Los síntomas anteriores no obedecen a negligencia en la gestión, sino a tres causas de orden estructural. La primera es la ausencia de una herramienta informática adecuada al tamaño y al presupuesto del negocio: las soluciones comerciales disponibles en el mercado colombiano integran módulos de contabilidad y facturación que el micronegocio no requiere, de modo que la suscripción se paga en su mayor parte por funcionalidad que no se utiliza. La segunda es la inexistencia de un repositorio que conserve las reglas y los valores de liquidación aplicados en cada periodo, lo que hace que el procedimiento dependa de que una sola persona los tenga presentes y que impide reconstruir con qué parámetros se calculó una liquidación anterior. La tercera es la carencia de un mecanismo de registro estructurado en el punto de origen del dato: el turno se anota en un cuaderno que no valida nada, no controla la fecha de registro y no está vinculado con el cálculo posterior.

3.4. Consecuencias

Antes de enunciar las consecuencias conviene una precisión que delimita con exactitud el problema abordado. En el negocio estudiado no se ha evidenciado ningún pago errado: el procedimiento manual, pese a su carácter artesanal, se ejecuta de manera cuidadosa y los valores liquidados corresponden a los que la normativa establece. El problema no es, por tanto, la incorrección del resultado, sino el esfuerzo que cuesta garantizarla y la ausencia de rastro que permita demostrarla. En el presente documento, la expresión *inconsistencia* designa las enmendaduras, los reprocesos de cálculo y la ambigüedad de los registros manuales, no diferencias en el valor efectivamente pagado.

Precisado lo anterior, de la persistencia del procedimiento manual se derivan cuatro consecuencias. En primer lugar, un costo de oportunidad sostenido, dado que el tiempo dedicado

a la liquidación se sustrae de la operación del negocio. En segundo lugar, un costo de verificación creciente: la exactitud del resultado descansa por completo en la atención de quien calcula, de modo que cada duda obliga a rehacer el trabajo y cada periodo exige el mismo grado de concentración que el anterior. En tercer lugar, la imposibilidad de responder con soportes verificables ante un requerimiento del trabajador o de la autoridad laboral, con independencia de que el pago haya sido correcto. En cuarto lugar, la dependencia del proceso respecto de una sola persona, lo que constituye un punto único de falla para la continuidad de la operación administrativa.

3.5. Riesgo normativo

A las consecuencias anteriores se suma un factor de mayor gravedad: la exposición al incumplimiento de la normativa laboral. Tres parámetros directamente involucrados en la liquidación de esta nómina fueron modificados por el legislador entre 2021 y 2025, y sus fechas de entrada en vigencia se concentran en un lapso inferior a trece meses, entre julio de 2025 y julio de 2026. La Ley 2101 de 2021 estableció la reducción progresiva de la jornada máxima semanal, que pasó de cuarenta y cuatro horas a cuarenta y dos horas a partir del 15 de julio de 2026. La Ley 2466 de 2025, en su artículo 10, modificó el artículo 160 del Código Sustantivo del Trabajo y desplazó el inicio de la franja nocturna de las 9:00 p. m. a las 7:00 p. m., con vigencia desde el 25 de diciembre de 2025. La misma ley, en su artículo 14, fijó un calendario de incremento progresivo del recargo por trabajo en día de descanso obligatorio o festivo.

Un proceso manual sustentado en valores memorizados no absorbe modificaciones de esta naturaleza. En el caso concreto de la franja nocturna, el desplazamiento de dos horas implica que jornadas que antes se remuneraban como ordinarias deben remunerarse hoy con recargo; sin un soporte escrito ni una herramienta que aplique la regla, la probabilidad de que el cambio no se

refleje en la liquidación es alta. Este argumento constituye el fundamento más sólido de la intervención propuesta: no se trata únicamente de reducir tiempos, sino de dotar al negocio de un mecanismo capaz de incorporar cambios normativos sin rehacer el procedimiento.

3.6. Línea base del proceso manual

Con el fin de establecer un punto de contraste documentado para la evaluación posterior del sistema, se realizó una medición diagnóstica del procedimiento manual. La medición se llevó a cabo el 18 de agosto de 2026 en las instalaciones de la panadería, bajo la responsabilidad de la estudiante autora del proyecto, mediante observación estructurada con cronometraje sobre una recreación controlada del procedimiento: el administrador reprocesó de forma manual, con sus propios soportes y sin asistencia, las liquidaciones correspondientes a dos periodos quincenales ya causados, mientras la estudiante registraba la secuencia de pasos y el tiempo empleado en cada ciclo. La medición se complementó con la revisión de los registros conservados por el negocio correspondientes a tres quincenas.

Se precisa que esta medición se realizó con posterioridad a la construcción del sistema y no antes de ella, y que se ejecutó sobre una recreación del procedimiento y no sobre una liquidación en curso. La segunda circunstancia obedece al calendario: al momento de la medición la primera quincena del mes ya se había liquidado y la siguiente aún no se causaba, de modo que no existía una liquidación en curso que observar. Ninguna de las dos circunstancias invalida el dato. El sistema no fue puesto en operación productiva, según se declara en el apartado 6.5, por lo que el procedimiento manual descrito continúa siendo el que el negocio ejecuta. Y el hecho de que el administrador conociera de antemano los resultados de los periodos recreados solo pudo acortar los tiempos manuales respecto de una ejecución real, sesgo que opera en contra del sistema y no a su favor: la reducción que se reporta en el capítulo 14 conserva, por tanto, su carácter de valor

mínimo. Se deja constancia expresa de ambas circunstancias para que el lector valore el dato con conocimiento de su origen.

La medición arrojó un tiempo promedio de dieciséis minutos por trabajador para completar el ciclo que va desde la consulta de los turnos anotados hasta la entrega del soporte de pago, con una dispersión de 5,10 minutos y un recorrido que va de diez a veinticuatro minutos. Proyectado sobre la composición real de la planta —seis trabajadores a término indefinido y dos vinculados por horas—, la liquidación de una quincena completa demanda, en proyección ponderada por modalidad de vinculación, aproximadamente ciento veintidós minutos y medio, esto es, algo más de dos horas. La tabla de mediciones individuales y el registro de las dificultades que el procedimiento impone a quien lo ejecuta se presentan en el apartado 10.6. Estos valores constituyen la línea base contra la cual se contrastan los resultados obtenidos con el sistema.

3.7. Pronóstico

De mantenerse las condiciones descritas, el negocio continuará destinando un volumen creciente de tiempo administrativo a una tarea que no agrega valor, sostendrá un riesgo latente de error en el valor pagado, que hasta la fecha no se ha materializado pero que depende por completo de la diligencia de una sola persona, y seguirá careciendo de soportes que le permitan responder ante requerimientos del trabajador o de la autoridad laboral. Adicionalmente, cada nueva reforma normativa incrementará la brecha entre lo que la ley exige y lo que el procedimiento efectivamente aplica, dado que la incorporación de un cambio depende de que una persona lo conozca, lo recuerde y lo aplique de manera consistente en cada liquidación.

3.8. Formulación del problema

A partir de lo expuesto, la pregunta que orienta esta investigación se formula en los siguientes términos:

¿En qué medida un sistema web con reglas de liquidación parametrizables reduce el tiempo de procesamiento y las inconsistencias de registro y cálculo de la nómina en la panadería Ricuras de Cabañas, frente al proceso manual actual, garantizando la trazabilidad de las operaciones y la aplicación consistente de los parámetros derivados de la normativa laboral vigente?

3.9. Sistematización del problema

La pregunta general se descompone en las siguientes subpreguntas, que constituyen el origen de los objetivos específicos del trabajo:

1. ¿Cuál es el procedimiento actual de liquidación de nómina en la panadería, qué tiempos e inconsistencias presenta, quiénes intervienen en él y qué requerimientos funcionales y no funcionales se derivan de su caracterización?
2. ¿Qué disposiciones del Código Sustantivo del Trabajo y de sus reformas resultan aplicables al caso y cómo pueden formalizarse como reglas de negocio parametrizables?
3. ¿Qué arquitectura, qué modelo de datos y qué mecanismos de trazabilidad y control de acceso por rol permiten soportar dichas reglas?
4. ¿Cómo implementar y desplegar el sistema en un entorno de producción aplicando los mecanismos de seguridad y de protección de datos personales exigidos por la normativa vigente?
5. ¿En qué medida el sistema desarrollado reduce el tiempo de procesamiento y las inconsistencias frente a la línea base, y cómo lo evalúa el usuario responsable del proceso?

Las razones por las cuales se emprendió el desarrollo y el modo en que este atiende la problemática descrita se exponen en el capítulo siguiente, que recoge la justificación del trabajo en sus dimensiones práctica, normativa, económica y disciplinar.

4. Justificación

La pertinencia de este trabajo se sustenta en cuatro órdenes de razones.

4.1. Justificación práctica

El proyecto interviene un proceso real, en una organización identificada, con una necesidad expresada por quienes lo ejecutan. La sistematización de la liquidación de nómina libera tiempo administrativo, reduce la probabilidad de error aritmético y de clasificación, y dota al negocio de soportes verificables. A diferencia de un ejercicio de laboratorio, el producto se entrega desplegado en un entorno de producción accesible desde cualquier dispositivo con navegador, de modo que su utilidad no depende de la instalación de software ni de la administración de un servidor por parte del negocio.

4.2. Justificación normativa

La velocidad de cambio de la normativa laboral colombiana en el periodo reciente convierte la parametrización de las reglas de liquidación en un requisito y no en una mejora opcional. Un sistema que fije los valores legales en el código obliga, ante cada reforma, a modificar el programa, volver a probarlo y desplegarlo nuevamente, algo que un micronegocio no está en condiciones de asumir. La decisión de administrar dichos valores como parámetros editables desde la propia aplicación responde directamente a esa exigencia y constituye el aporte de diseño más relevante del trabajo.

4.3. Justificación económica

Las soluciones comerciales de nómina disponibles en el mercado colombiano se comercializan mayoritariamente bajo modelo de suscripción mensual y agrupan funcionalidades de contabilidad y facturación que exceden la necesidad del caso. Frente a esa oferta, la

construcción de una solución específica sobre tecnologías de código abierto y servicios en la nube de capa gratuita permite verificar si es viable construir y desplegar, sin costo de licencia y sin inversión inicial, una herramienta ajustada al proceso de un micronegocio. A ello se añade una razón de cumplimiento normativo que la reforma laboral hizo explícita: el artículo 12 de la Ley 2466 de 2025 obliga al empleador a llevar un registro del trabajo suplementario de cada trabajador, con su nombre, la actividad desarrollada y el número de horas discriminadas entre diurnas y nocturnas, y a entregar al trabajador que lo solicite esa relación junto con el soporte de su pago. El procedimiento manual descrito en el capítulo 3 no permite atender ese requerimiento sin reconstruir la información a partir de cuadernos que no conservan copia de lo entregado. Se anticipa desde ahora que la hipótesis más ambiciosa —operar de forma permanente sin ningún costo recurrente— no se sostuvo: la capa gratuita resultó suficiente para el desarrollo y la verificación, pero no para la operación productiva, según se documenta en el apartado 13.4 y se retoma en el capítulo 15. Los precios y el modelo de comercialización de la oferta disponible en el mercado colombiano se describen en el apartado 2.5 del marco de referencia.

4.4. Justificación disciplinar

Desde la ingeniería de sistemas, el trabajo documenta el ciclo de vida completo de un desarrollo de software en un contexto de recursos limitados y con un único desarrollador, dejando constancia de los artefactos propios de cada fase: elicitación y especificación de requerimientos, modelado con notación UML, diseño de la persistencia, implementación, despliegue, pruebas y estrategia de mantenimiento. La literatura disponible sobre ingeniería de software se apoya predominantemente en escenarios de equipos y organizaciones de mayor tamaño; la documentación rigurosa de un caso de microempresa aporta un referente para trabajos posteriores en condiciones semejantes.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema web para la gestión y liquidación de la nómina en la panadería Ricuras de Cabañas, que aplique de forma consistente y trazable las reglas de liquidación parametrizadas a partir de la normativa laboral colombiana vigente, y que permita reducir el tiempo y las inconsistencias del proceso manual actual.

5.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el proceso actual de liquidación de nómina en la panadería Ricuras de Cabañas, su línea base de tiempos e inconsistencias, los actores que intervienen en él y los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.
2. Formalizar como reglas de negocio parametrizables las disposiciones de liquidación del Código Sustantivo del Trabajo y sus reformas aplicables al caso.
3. Diseñar la arquitectura del sistema, el modelo de datos relacional y los mecanismos de trazabilidad y control de acceso por rol.
4. Implementar el sistema en un entorno de producción, con los mecanismos de seguridad y de protección de datos personales exigidos por la normativa vigente.
5. Evaluar el sistema mediante pruebas funcionales, medición del tiempo de procesamiento frente a la medición diagnóstica del procedimiento manual y aplicación de un instrumento de usabilidad.

6. Alcance y delimitación

6.1. Delimitación espacial y poblacional

El estudio se circunscribe a la panadería Ricuras de Cabañas, ubicada en el municipio de Bello, departamento de Antioquia. La población vinculada al proceso está conformada por la totalidad de las personas que intervienen en la liquidación de la nómina y por los trabajadores cuya nómina se liquida, según se detalla en el apartado 10.2. El estudio no aplica muestreo probabilístico: delimita como unidad de análisis la totalidad del proceso de liquidación del negocio, y concentra la recolección primaria en un informante único, según se declara en el apartado 10.4. Los resultados corresponden a un caso único y no se plantean como generalizables a otras unidades del sector.

6.2. Delimitación temporal

El trabajo de campo, el desarrollo y la evaluación del sistema se ejecutaron entre abril y agosto de 2026. La entrevista de levantamiento se aplicó el 13 de abril de 2026 y las reuniones de validación del diseño se celebraron el 27 de abril y el 4 de mayo de 2026. La construcción de los módulos concluyó y el sistema se desplegó en producción en junio. En julio se ejecutó una fase de revisión normativa que produjo tres correcciones sobre el módulo de liquidación, documentadas en el apartado 11.4, y la construcción de la suite de pruebas automatizadas. La evaluación de usabilidad se aplicó el 17 de agosto de 2026, y la medición de la línea base del proceso manual, la medición del ciclo sobre el sistema y las pruebas funcionales se ejecutaron el 18 de agosto de 2026. Los parámetros legales incorporados corresponden a la normativa vigente en ese periodo, con la advertencia expresa de que la propia naturaleza parametrizable del sistema está prevista para absorber modificaciones posteriores.

6.3. Alcance funcional del sistema

El sistema construido comprende ocho módulos funcionales: autenticación, cambio de clave, gestión de usuarios, configuración de valores, registro de turnos, generación de comprobantes, historial de comprobantes y auditoría. El detalle de entradas, procesos y salidas se presenta en el apartado 10.17.

Quedan expresamente fuera del alcance de este trabajo las siguientes funcionalidades: el cálculo de prestaciones sociales (prima de servicios, cesantías, intereses sobre cesantías y vacaciones); el descanso compensatorio remunerado que el artículo 179 del Código Sustantivo del Trabajo reconoce a quien labora de manera habitual en domingo, y cuya procedencia debe resolver el empleador por fuera del sistema; la generación de archivos para el pago integrado de aportes a la seguridad social (PILA); la emisión de documentos soporte de nómina electrónica ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales; los tableros de indicadores de gestión; el envío automático de comprobantes por correo electrónico; y la administración por trabajador de la entidad promotora de salud y del fondo de cesantías, campos que el formato del comprobante contempla pero que el sistema no gestiona de forma individual en esta versión.

6.4. Declaración sobre el alcance de la conformidad normativa

Este apartado precisa el alcance exacto del compromiso de conformidad normativa enunciado en el objetivo general, con el fin de evitar cualquier afirmación que exceda lo que el sistema efectivamente verifica.

El sistema liquida a partir de tarifas por hora y de valores de descuento de seguridad social que el administrador digita y actualiza desde el módulo de configuración. La estructura de esas tarifas reproduce la lógica de los recargos legales —hora ordinaria, hora nocturna, hora dominical y festiva, hora extra diurna y hora extra nocturna— y la clasificación de las horas en cada categoría

se realiza de forma automática según las reglas de jornada y de franja horaria configuradas. Sin embargo, el sistema no calcula los recargos como porcentaje aplicado sobre la hora ordinaria ni las deducciones como porcentaje aplicado sobre el ingreso base de cotización, y no verifica que los valores digitados se ajusten al salario mínimo legal mensual vigente ni a los porcentajes de ley. Cabe precisar que esta es una característica del sistema construido y no una descripción de la práctica del negocio: la panadería liquida su nómina conforme a la normativa vigente y actualiza cada año sus valores de referencia, según se documenta en el hallazgo H-11 del apartado 10.5.

Del mismo modo, el auxilio de transporte y los valores de descuento por salud y pensión se incorporan al comprobante como cifras fijas por periodo de liquidación, tal como el administrador las configura, y no se prorratan en función de los días efectivamente laborados. En una liquidación que cubra un periodo parcial, el comprobante reconocerá el auxilio completo y aplicará los descuentos completos. Se declara igualmente un defecto de presentación del comprobante: el concepto de recargo dominical y festivo diurno expresa su cantidad en días, mientras que su valor se obtiene multiplicando las horas efectivamente laboradas por la tarifa horaria. La cantidad y el valor que el comprobante exhibe en esa fila no son, por tanto, factores de una misma multiplicación, de modo que el trabajador no puede reconstruir el cálculo a partir de lo impreso, según se aprecia en las Figuras I4 e I11. El defecto no afecta el valor liquidado, que es correcto en los doce escenarios, sino la función probatoria que el apartado 2.2 atribuye al comprobante. Su corrección se formula como recomendación de prioridad alta en el apartado 15.1. El sistema tampoco verifica las condiciones de procedencia del auxilio de transporte —que se reconoce a quienes devengan hasta dos salarios mínimos y no reciben transporte suministrado por el empleador—, sino que lo suma al devengado cuando el parámetro está configurado. Esta

simplificación reproduce la práctica del negocio, que liquida periodos quincenales completos, pero constituye una limitación del motor de cálculo y así se declara.

Se declaran dos limitaciones que afectan de manera directa el compromiso de trazabilidad enunciado en el objetivo general. La primera es que el comprobante no conserva vínculo con los registros de jornada que lo componen, de modo que desde el documento emitido no puede establecerse qué turnos concretos se liquidaron en él. La segunda es que tampoco conserva la tarifa con que se calculó cada concepto, sino únicamente la cantidad y el valor resultante; si los parámetros se modifican con posterioridad a la emisión, el comprobante pierde la posibilidad de acreditar su propio cálculo. Ambas se detallan en el apartado 12.4 y su subsanación se formula en el apartado 15.1. Se declaran, en el mismo sentido, otras tres limitaciones del alcance verificado. La primera es que el repositorio de parámetros conserva el valor vigente y la fecha de su última modificación, pero no el histórico de los valores anteriores: el sistema no permite reconstruir qué tarifa rigió en un periodo pasado, y la vista de auditoría cubre las operaciones sobre los registros de turno, no las modificaciones de la configuración. La segunda es que el control de jornada opera sobre el límite diario configurado y no sobre el límite semanal, de modo que el sistema no advierte cuando el acumulado de la semana excede las cuarenta y dos horas del artículo 161 del Código Sustantivo del Trabajo. La tercera es que el criterio de concurrencia de recargos, implementado para el recargo nocturno y el dominical según el apartado 11.3, no se extiende al trabajo suplementario: una hora extra ejecutada en domingo o en día festivo se remunera a la tarifa de extra diurna o nocturna, sin el recargo del artículo 179. A ello se añade que en los turnos parciales de domingo o festivo el sistema no aplica regla de exceso de jornada, sino que remunera la totalidad de las horas a la tarifa del día. Las tres se formulan como alcance de una versión posterior en el apartado 15.1. Se añade una cuarta, de naturaleza distinta: la separación de responsabilidades entre

el encargado, que registra las jornadas, y el administrador, que emite los comprobantes, se implementó como restricción estricta de acceso, de modo que ninguna cuenta puede ejecutar el ciclo completo de liquidación. La restricción responde al modelo de actores levantado en el apartado 10.9 y es adecuada para la operación regular del negocio, pero deja sin ruta dos supuestos: la incorporación de una jornada con más de siete días de antigüedad, que el caso de uso CU-11 remite al administrador, y la operación del sistema en ausencia del encargado. Esta última situación no es hipotética: cuando un cajero no asiste, su función la asume el administrador o la propietaria, según se estableció con el informante. En el procedimiento manual el reemplazo es inmediato, pues basta con anotar la jornada en el cuaderno; en el sistema, en cambio, exige que quien reemplaza disponga de una cuenta con rol de encargado, dado que el rol de administrador no tiene acceso al módulo de registro.

En consecuencia, se declara de manera explícita que la responsabilidad sobre la conformidad legal de los valores configurados recae en el empleador, y que el sistema aplica de forma consistente y trazable las reglas parametrizadas, sin verificar la legalidad de los valores con que se configuran.

Con el fin de que la verificación funcional del sistema no quedara condicionada por esa limitación, el plan de pruebas del Apéndice I se ejecutó con una configuración de tarifas *derivada del salario mínimo legal mensual vigente para 2026 y de los porcentajes de recargo establecidos en el Código Sustantivo del Trabajo*. La derivación de cada tarifa a partir de su fundamento normativo se presenta en la Tabla II. Esta configuración permite acreditar que el motor de liquidación reproduce correctamente la estructura legal de recargos sobre la hora ordinaria; lo que no acredita, y así se declara, es que el sistema impida configurar valores distintos de los legales,

dado que no incorpora validación alguna en ese sentido y confía dicha verificación al criterio del administrador.

Interesa precisar que la parametrización de los valores no constituye una solución de compromiso adoptada por defecto, sino una decisión de alcance tomada con criterio. Tres razones la sustentan.

La primera es que resuelve el problema que originó el proyecto. La dificultad del negocio no era desconocer los valores legales —la propietaria, que lleva los asuntos contables del establecimiento, los consulta y los actualiza cada año a partir del decreto de salario mínimo—, sino carecer de un lugar donde consignarlos y de un mecanismo que los aplicara de forma consistente. La parametrización atiende exactamente esa carencia.

La segunda es que absorbe el cambio normativo, que es el riesgo de mayor probabilidad e impacto identificado en el apartado 10.18. Un sistema que fije los valores en el código exige reprogramación ante cada reforma; uno parametrizado, la edición de un campo. Esa diferencia es la que determina si la solución conserva utilidad más allá del periodo del trabajo de grado.

La tercera es de viabilidad. El proyecto se ejecutó con un único desarrollador y en el plazo de un trabajo de grado. Bajo esas condiciones, la parametrización constituía un alcance verificable en su totalidad —cada parámetro puede comprobarse en la pantalla de configuración y en el resultado de la liquidación—, mientras que la traducción automática del articulado a porcentajes calculados habría exigido un esfuerzo de análisis normativo y de validación que excedía el tiempo disponible y habría comprometido la profundidad del resto de los objetivos.

En consecuencia, la incorporación del cálculo de los recargos y las deducciones como porcentajes legales sobre la hora ordinaria y sobre el ingreso base de cotización, junto con una validación automática frente al salario mínimo vigente, no se plantea como la corrección de un

defecto sino como el alcance de una segunda versión del sistema, construida sobre la base que esta primera deja verificada. Su especificación funcional se presenta en el apartado de recomendaciones.

6.5. Estado del sistema al cierre del trabajo

Se precisa de manera expresa, para evitar cualquier interpretación equívoca de los tiempos verbales empleados en los capítulos de resultados, que **el sistema no se encuentra en operación productiva en la panadería al cierre de este trabajo.**

El desarrollo, el despliegue y la evaluación se ejecutaron sobre los planes gratuitos de los proveedores de infraestructura, condición suficiente para verificar el comportamiento del sistema en un entorno de producción real pero no para sostener su operación permanente. Concluidas las pruebas funcionales, el servicio fue suspendido; se reactiva únicamente para la sustentación. La puesta en operación efectiva del sistema requiere la contratación de un plan pago por parte de la panadería, decisión de carácter económico que corresponde al negocio y que excede el alcance de este trabajo de grado.

En consecuencia, los resultados que se reportan en los capítulos 10 a 14 corresponden a mediciones y verificaciones realizadas durante el periodo de pruebas y no a la operación cotidiana del negocio. Las referencias a lo que el sistema hace o permite hacer describen sus capacidades verificadas, no un uso en curso. El proceso de liquidación de la panadería continúa ejecutándose por el procedimiento manual caracterizado en el apartado 10.7.

6.6. Delimitación tecnológica

Las decisiones tecnológicas del proyecto, que por su naturaleza corresponden al alcance y no a la formulación de los objetivos, son las siguientes: lenguaje Python en su versión 3.13; microframework Flask 3.0 con motor de plantillas Jinja2; interfaz construida con Bootstrap 5; base

de datos SQLite en el entorno de desarrollo y PostgreSQL 16 en producción; servidor de aplicaciones Gunicorn; despliegue del servicio web en la plataforma Render y de la base de datos en el proveedor Neon; y control de versiones con Git y GitHub. La justificación de cada elección se presenta en el apartado 9.9.

7. Limitaciones

Se declaran a continuación las limitaciones del estudio, entendidas como condiciones que restringen el alcance de sus resultados y que el lector debe considerar en su interpretación.

- *Diseño de caso único.* El trabajo interviene una sola organización. Sus resultados describen el comportamiento del sistema en ese contexto y no admiten generalización estadística a otros micronegocios del sector.
- *Tamaño de la población.* La población vinculada al proceso es reducida, lo que impide todo tratamiento estadístico inferencial y obliga a presentar los hallazgos de la entrevista de forma cualitativa y no porcentual.
- *Instrumentos sin validación estadística.* Los tres instrumentos empleados fueron contruidos para este caso y no se sometieron a procedimientos de validación de constructo ni de confiabilidad, por corresponder a un proyecto de carácter aplicado y no a un estudio psicométrico.
- *Desarrollo a cargo de una sola persona.* La totalidad del diseño, la implementación, el despliegue y las pruebas estuvo a cargo de la estudiante autora. No hubo revisión cruzada de código por pares, lo que limita las garantías sobre defectos no detectados.
- *Condiciones de la medición.* Los doce ciclos cronometrados —seis por el procedimiento manual y seis sobre el sistema— se tomaron en una única sesión, tras un intervalo de aproximadamente dos meses sin uso del sistema, de modo que no reproducen las condiciones de un uso rutinario sino las de un reencuentro con la herramienta. A ello se suman otras dos circunstancias: los tiempos no provienen de una liquidación ejecutada en su momento natural sino de la recreación de dos periodos ya causados, cuyos resultados el administrador conocía de antemano; y el ciclo cronometrado sobre el sistema incorpora el

registro de los turnos, actividad que el ciclo manual medido no incluye, junto con el cambio de sesión que impone la separación de roles del sistema. Las tres circunstancias operan en contra del sistema, en el sentido de que sobrestiman los tiempos que este requeriría en condiciones de operación regular. A ellas se contraponen, sin embargo, un cuarto factor que opera en sentido inverso: los doce ciclos se cronometrarón en la misma sesión y en el mismo orden, primero los manuales y después los del sistema, de modo que al llegar a la segunda tanda el informante ya había reprocesado esas mismas liquidaciones y conocía los datos, los turnos y los resultados. Parte de la reducción observada podría atribuirse a ese efecto de repetición y no al sistema. En consecuencia, la dirección neta del sesgo no puede determinarse con este diseño, y la reducción del 58,3 % debe leerse como el resultado de un ejercicio único y no como una estimación de la mejora esperable en operación.

- *Perfil del único informante.* La totalidad de la información primaria proviene del administrador del establecimiento, que ejecuta la liquidación pero no determina los valores legales aplicables, función que corresponde a la propietaria. Los hallazgos relativos a la configuración de parámetros, incluido el resultado del instrumento de usabilidad, reflejan por tanto la perspectiva de quien opera el sistema y no la de quien determina lo que en él debe consignarse.
- *Verificación con datos sintéticos.* Las pruebas funcionales se ejecutaron con datos contruidos para ese fin y no con los registros operativos del negocio, por las razones declaradas en el apartado 8.3. En consecuencia, acreditan la corrección del cálculo frente a los escenarios definidos, pero no el comportamiento del sistema ante el volumen y la variabilidad de un periodo real de operación.

- *Cobertura parcial de las pruebas automatizadas.* La suite de pruebas automatizadas cubre el módulo de liquidación, que concentra el riesgo de error de cálculo, pero no el registro de turnos, la emisión de comprobantes ni el control de acceso, cuya verificación se realizó de forma manual. En esos módulos no existe un mecanismo que advierta si una modificación futura afecta una funcionalidad previamente correcta.
- *El sistema no se encuentra en operación productiva.* Según se declara en el apartado 6.5, el despliegue tuvo carácter de verificación y el servicio fue suspendido al concluir las pruebas. Los resultados reportados no provienen del uso cotidiano del sistema en el negocio.
- *Condiciones de la infraestructura empleada.* El despliegue se ejecutó sobre los planes gratuitos de los proveedores contratados. Estos planes suspenden el servicio por inactividad, no incluyen copias de seguridad automáticas y exigieron un mecanismo externo de mantenimiento activo. Una vez concluidas las pruebas funcionales el servicio fue suspendido y se reactiva para la sustentación. La operación permanente del sistema requiere la contratación de un plan pago, decisión que corresponde a la panadería y excede el alcance de este trabajo.
- *Alcance de la evaluación de usabilidad.* El instrumento de usabilidad se aplicó al usuario responsable del proceso, sobre una experiencia de uso correspondiente a las revisiones informales de junio y a la sesión de prueba guiada, mediando un intervalo de aproximadamente dos meses sin operar el sistema y con anterioridad a la sesión de manejo intensivo del día siguiente. El tamaño de ese grupo impide interpretar el resultado como una medida poblacional de la usabilidad del sistema.

- *Alcance de la conformidad normativa.* Según se declara en el apartado 6.4, el sistema aplica de forma consistente las reglas parametrizadas pero no verifica su conformidad con los mínimos legales vigentes. La evaluación de usabilidad del apartado 14.6 evidenció que esta limitación tiene una consecuencia práctica: el usuario responsable de configurar los valores carece de formación contable y debe determinarlos por sus propios medios, sin asistencia ni validación por parte del sistema.

8. Consideraciones éticas

El proyecto opera sobre categorías de datos personales de trabajadores —nombre, documento de identidad, jornadas laboradas, valores devengados, deducciones y obligaciones pendientes con el empleador— y, por esa razón, se somete a las siguientes consideraciones.

8.1. Marco normativo aplicable al tratamiento de datos

El tratamiento se rige por la Ley 1581 de 2012, que dicta las disposiciones generales para la protección de datos personales, y por el Decreto 1377 de 2013, que la reglamenta parcialmente y precisa las obligaciones de autorización, aviso de privacidad y política de tratamiento. En la relación establecida, la panadería Ricuras de Cabañas actúa como *responsable del tratamiento*, por ser quien decide sobre la finalidad y los medios; la estudiante autora del proyecto actúa como *encargada del tratamiento* durante la fase de desarrollo y pruebas, por tratar los datos por cuenta del responsable y bajo sus instrucciones. Al término del proyecto, la totalidad del tratamiento queda bajo la responsabilidad exclusiva del negocio.

8.2. Autorización de la organización

El administrador de la panadería, en su calidad de responsable de la operación diaria y con el conocimiento y aval de la propietaria del establecimiento, autorizó de manera expresa la realización del estudio en las instalaciones del negocio, el acceso a los registros históricos de turnos y nómina, y el uso de la información del proceso para fines exclusivamente académicos. La constancia de esta autorización se recoge en el Apéndice J.

8.3. Datos empleados en las pruebas funcionales

Se declara de manera expresa que **las pruebas funcionales del sistema no se ejecutaron con datos personales de trabajadores de la panadería**. La totalidad de los registros empleados

—nombres, documentos de identidad, cargos y jornadas— corresponde a datos ficticios contruidos para este fin, según puede verificarse en el guion de inicialización de la base de datos.

Esta decisión responde a dos consideraciones. La primera es de orden ético: la verificación del comportamiento de un sistema no exige tratar datos de personas identificables, de modo que emplearlos habría constituido un tratamiento innecesario y, por tanto, contrario al principio de finalidad. La segunda es de orden metodológico: los escenarios del plan de pruebas requieren condiciones controladas —una jornada que cruce exactamente el inicio de la franja nocturna, un domingo con horas en ambas franjas, una acumulación que exceda la jornada en dos horas— que no necesariamente se presentan en los registros operativos del negocio y que sí pueden construirse con datos sintéticos.

En consecuencia, no fue necesario recabar consentimiento informado de los trabajadores, por no haberse tratado datos personales suyos en el sistema ni haberse incorporado ninguno al presente documento.

Sí requirió autorización, en cambio, el acceso a los registros históricos del negocio durante la fase de diagnóstico, así como la participación del administrador en la entrevista y en la evaluación de usabilidad. Las constancias correspondientes se recogen en el Apéndice J.

8.4. Medidas de protección adoptadas

- Las contraseñas se almacenan mediante función de derivación de clave y en ningún caso en texto plano.
- El acceso al sistema está restringido por rol y toda la comunicación se cifra mediante HTTPS.
- Las credenciales de demostración habilitadas para la sustentación operan sobre cuentas creadas exclusivamente para ese fin.

- En las capturas de pantalla incorporadas al documento y en los apéndices no se exponen contraseñas reales ni valores de configuración sensibles del entorno de producción.

8.5. Integridad académica

Los fragmentos de código incorporados como evidencia corresponden a desarrollo propio de la autora. Las fuentes consultadas se citan conforme a la séptima edición del manual de la American Psychological Association. No se reprodujeron soluciones de terceros sin la atribución correspondiente.

9. Metodología

El presente capítulo declara las decisiones metodológicas que rigen el trabajo. Se organiza en nueve apartados: la naturaleza del estudio, la estructura del capítulo de resultados, el marco de desarrollo adoptado, las fuentes de información, la medición de la línea base, el tratamiento ético del trabajo de campo, los criterios de verificación de cada objetivo, la matriz de coherencia interna del documento y la justificación de las decisiones tecnológicas.

9.1. Naturaleza del estudio

La investigación se declara *aplicada*, por cuanto no se orienta a la producción de conocimiento teórico general sino a la resolución de un problema identificado en una organización determinada mediante la construcción de un producto de software operativo.

Su enfoque es *mixto con predominio cualitativo*, en los términos de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018). El componente cualitativo, dominante, comprende la caracterización del proceso vigente, la elicitación de requerimientos mediante entrevista semiestructurada y observación, y la valoración de la experiencia de uso. El componente cuantitativo, subordinado, comprende la medición de tiempos de procesamiento y el contraste de los resultados de liquidación frente a cálculos realizados de forma independiente. El predominio cualitativo se explica por el tamaño de la población vinculada al proceso, que no admite tratamiento estadístico inferencial.

La modalidad es el *estudio de caso único*, según la caracterización de Yin (2018), por tratarse de una intervención sobre un proceso real en una organización específica, delimitada en el tiempo y en el espacio, cuyos resultados se interpretan en función de su contexto y no como generalización a una población.

9.2. Estructura del capítulo de resultados

El capítulo de resultados se organiza en un apartado por objetivo específico. Cada apartado declara qué se hizo, con qué instrumento se hizo y qué artefacto de ingeniería produjo, de modo que el cumplimiento de cada objetivo pueda verificarse de forma independiente. Esta organización evita la asimetría que se produce cuando el número de fases metodológicas declaradas no coincide con el número de objetivos formulados. Las actividades ejecutadas se conservan íntegramente, pero se reagrupan bajo el objetivo al que sirven.

La correspondencia entre los objetivos específicos y las fases del ciclo de vida del software es la siguiente. El primer objetivo comprende el diagnóstico del proceso vigente y el levantamiento y análisis de requerimientos, y se reporta en el capítulo 10. El segundo corresponde al análisis normativo del que se derivan las reglas de negocio, y se reporta en el capítulo 11. El tercero comprende la fase de diseño, en el capítulo 12. El cuarto reúne las fases de construcción y despliegue, junto con la previsión del mantenimiento, en el capítulo 13. El quinto corresponde a la fase de pruebas y evaluación, en el capítulo 14. Los artefactos que cada fase produce se relacionan en la matriz de coherencia del apartado 9.8.

9.3. Marco de desarrollo: modelo iterativo e incremental

El desarrollo del sistema siguió el modelo iterativo e incremental fundamentado en el apartado 2.3.1. La elección responde a dos condiciones del caso: la organización no había operado nunca con un sistema de información, por lo que resultaba previsible que los requerimientos se precisaran al confrontar el administrador con entregables concretos; y el proyecto contaba con un único desarrollador, lo que aconsejaba una secuencia de incrementos verificables antes que una construcción integral.

El desarrollo estuvo a cargo de una sola persona, la estudiante autora del proyecto, quien asumió las funciones de analista, diseñadora, programadora y responsable de las pruebas. El administrador de la panadería actuó como contraparte validadora: no participó en la construcción, sino que verificó cada entregable frente a su conocimiento del proceso y aprobó o solicitó ajustes antes del paso a la iteración siguiente. Esta distribución de roles se declara de forma expresa por su incidencia sobre las limitaciones del trabajo, según se recoge en el apartado 6.

Se ejecutaron ocho iteraciones, cuyos entregables y puntos de validación se detallan en el cronograma del apartado 10.19. Los puntos de validación formales con el administrador fueron tres reuniones presenciales, documentadas mediante acta, y recogidas en el Apéndice G: la primera para el levantamiento de requerimientos, la segunda para la presentación del diseño de interfaz y la tercera para su aprobación antes del inicio de la construcción. A ellas se sumaron revisiones informales al cierre de cada iteración y cada vez que una corrección o una propuesta nueva lo hicieron necesario, de las que no se levantó registro escrito.

9.4. Fuentes de información

La información que sustenta la caracterización del proceso y la especificación de los requerimientos provino de tres instrumentos, cuyas fichas técnicas se presentan en el apartado 10.3.

- *Entrevista semiestructurada.* Aplicada al administrador del negocio, responsable de ejecutar la liquidación y principal conocedor del procedimiento, único informante del estudio. Su propósito fue identificar el procedimiento vigente de liquidación y las reglas de negocio que el sistema debía reproducir. El guion consta de treinta y cuatro preguntas organizadas en siete categorías y se recoge en el Apéndice F.

- *Observación directa del proceso manual.* Ejecutada en las instalaciones del negocio sobre el procedimiento real de liquidación, con registro cronometrado de los tiempos y de la secuencia de pasos. Su propósito fue establecer la línea base y contrastar el procedimiento descrito en la entrevista con el efectivamente ejecutado.
- *Revisión de registros históricos.* Aplicada a los cuadernos de turnos y a las planillas de liquidación conservadas por el negocio. Su propósito fue verificar la consistencia de los registros existentes e identificar las inconsistencias que documentan el problema.

A estos tres instrumentos se suma la validación de los diseños de interfaz con el administrador, que no constituye una fuente de información diagnóstica sino un punto de control del proceso de desarrollo, y como tal se documenta en el marco de las iteraciones.

9.5. Línea base del proceso manual

Con el fin de disponer de un punto de contraste documentado se ejecutó una medición diagnóstica del procedimiento manual, sobre una recreación controlada del procedimiento y con posterioridad a la construcción del sistema, según se detalla y se justifica en el apartado 3.6, por constituir el punto de contraste de la totalidad del trabajo. La medición comprendió el cronometraje del tiempo requerido para liquidar el pago de cada trabajador y el registro de las inconsistencias halladas en los soportes existentes. Su resultado se presenta en el apartado 10.6 y es el referente contra el cual se evalúa el cumplimiento del quinto objetivo específico.

9.6. Consideraciones éticas del trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó con la autorización expresa del administrador del establecimiento, en su calidad de responsable de la operación y facultado para otorgarla, que comprende la aplicación de los instrumentos, el acceso a los registros históricos y el uso de la información del proceso con fines académicos. Las pruebas funcionales se ejecutaron con datos

ficticios y no con datos personales de trabajadores, según se declara y justifica en el apartado 8.3. El régimen aplicable, la asignación de las figuras de responsable y encargado del tratamiento y las medidas de protección adoptadas se declaran en el apartado 8 y las constancias correspondientes se recogen en el Apéndice J.

9.7. Criterios de verificación

Con anterioridad a la ejecución se establecieron los criterios que permiten determinar el cumplimiento de cada objetivo específico. Su declaración previa es la condición que hace verificable el resultado, en lugar de someterlo a una apreciación posterior.

Tabla 4

Criterios de verificación del cumplimiento de los objetivos específicos

N.º	Objetivo específico	Criterio de verificación	Evidencia que lo acredita
1	Caracterizar el proceso actual, la línea base, los actores y los requerimientos	Existe una línea base cuantificada, un catálogo de requerimientos con origen documentado y un modelo de casos de uso completo	Apartados 10.1 a 10.22
2	Formalizar las disposiciones legales como reglas de negocio parametrizables	Cada disposición aplicable tiene una regla asociada y un parámetro editable desde la aplicación	Apartado 11 y tabla de parámetros legales
3	Diseñar la arquitectura, el modelo de datos y los mecanismos de trazabilidad y control de acceso	Existen diagrama de arquitectura, modelo entidad-relación con cardinalidades y llaves, y diccionario de datos	Apartado 12
4	Implementar el sistema en producción con los mecanismos de seguridad y de protección de datos	Cada mecanismo declarado cuenta con evidencia verificable en el código y en el entorno desplegado	Apartado 13 y apéndices E y H

N.º	Objetivo específico	Criterio de verificación	Evidencia que lo acredita
5	Evaluar mediante pruebas funcionales, medición de tiempos, confrontación de las inconsistencias de la línea base y usabilidad	Cada escenario declara resultado esperado y obtenido; el tiempo se contrasta con la línea base; cada dificultad de la línea base se confronta con el mecanismo que la atiende; se aplica un instrumento de usabilidad	Apartado 14 y apéndices I y L

Nota. Elaboración propia. Los criterios se establecieron antes de la ejecución, conforme al principio de verificabilidad previa.

9.8. Matriz de coherencia

Con el fin de documentar la trazabilidad entre los elementos estructurales del trabajo y facilitar su verificación, se construye la matriz siguiente. Cada fila relaciona una subpregunta de investigación con el objetivo específico que la atiende, la actividad metodológica que la desarrolla, el artefacto de ingeniería de software que la evidencia y el apartado de resultados que reporta su cumplimiento.

Tabla 5

Matriz de coherencia entre pregunta, objetivos, método, artefactos y resultados

Subpregunta	Objetivo específico	Actividad metodológica	Artefacto de ingeniería	Apartado de resultados
1. Procedimiento actual, tiempos, actores y requerimientos	OE1. Caracterizar el proceso actual	Entrevista semiestructurada, observación cronometrada y revisión documental	Línea base, matriz de hallazgos, catálogo de requerimientos, modelo de casos de uso	10.1 a 10.22

Subpregunta	Objetivo específico	Actividad metodológica	Artefacto de ingeniería	Apartado de resultados
2. Disposiciones aplicables y su formalización	OE2. Formalizar reglas de negocio parametrizables	Análisis normativo y especificación de reglas	Tabla de reglas de negocio y catálogo de parámetros	Apartado 11
3. Arquitectura, datos y trazabilidad	OE3. Diseñar arquitectura, datos y control de acceso	Modelado arquitectónico y de datos	Diagrama de arquitectura, modelo entidad-relación, diccionario de datos	Apartado 12
4. Implementación, despliegue y seguridad	OE4. Implementar el sistema en producción	Construcción incremental y despliegue en la nube	Estructura del proyecto, evidencia de mecanismos de seguridad, diagrama de despliegue	Apartado 13
5. Reducción de tiempo, inconsistencias y valoración de uso	OE5. Evaluar el sistema	Pruebas funcionales, cronometraje y aplicación de instrumento de usabilidad	Plan de pruebas, tabla comparativa de tiempos, resultado del instrumento	Apartado 14

Nota. Elaboración propia. La matriz constituye el instrumento de verificación de la coherencia interna del documento y permite comprobar que ningún objetivo carece de método, de artefacto o de reporte de resultados, y que ningún resultado se reporta sin objetivo que lo haya previsto.

9.9. Justificación de las decisiones tecnológicas

Las tecnologías se seleccionaron atendiendo a cuatro criterios: gratuidad de la licencia, madurez y soporte de la comunidad, adecuación al tamaño del problema y sostenibilidad en el tiempo sin costo recurrente para el negocio. La tabla siguiente recoge cada componente con su justificación.

Tabla 6*Componentes tecnológicos del sistema y su justificación*

Componente	Tecnología	Justificación de la elección
Lenguaje del servidor	Python 3.13	Lenguaje de propósito general de sintaxis legible, con amplia comunidad y ecosistema maduro para aplicaciones web; reduce la curva de mantenimiento para un desarrollo unipersonal.
Framework web	Flask 3.0	Microframework sin estructura impuesta, adecuado a un sistema de ocho módulos; evita la complejidad de un framework completo para un alcance acotado.
Motor de plantillas	Jinja2	Integrado en Flask; permite herencia de plantillas y separación efectiva entre la vista y la lógica del controlador.
Interfaz	Bootstrap 5 y tipografía Manrope	Bootstrap aporta diseño adaptable sin desarrollo propio de hojas de estilo; la tipografía responde a la identidad visual acordada con el negocio.
Selectores de fecha y hora	Flatpickr 4.6	Componente con soporte de localización en español, requerido por el registro diario de turnos.
Base de datos de desarrollo	SQLite 3	Motor embebido sin servidor, adecuado para el entorno local de desarrollo.
Base de datos de producción	PostgreSQL 16	Motor relacional de código abierto, con integridad referencial y tipos de fecha y hora robustos, apropiado para datos que deben conservarse de forma indefinida.
Controlador de base de datos	psycopg2-binary 2.9	Controlador de referencia de Python para PostgreSQL, estable y ampliamente documentado.
Seguridad	Werkzeug y Flask-WTF	Proveen la función de derivación de clave para el almacenamiento de contraseñas y la protección de formularios frente a falsificación de peticiones.
Servidor de aplicaciones	Gunicorn 23	Servidor de producción con múltiples procesos de trabajo, requerido por la plataforma de despliegue.
Plataforma de despliegue	Render	Modelo de plataforma como servicio con certificado HTTPS automático y despliegue disparado por confirmación en el repositorio.

Componente	Tecnología	Justificación de la elección
Proveedor de base de datos	Neon	PostgreSQL gestionado con capa gratuita de persistencia indefinida, condición necesaria para conservar los datos entre despliegues.
Control de versiones	Git y GitHub	Permite registrar la construcción incremental y recuperar versiones anteriores ante un error de despliegue.

Nota. Elaboración propia. La totalidad de la pila es de código abierto o dispone de capa gratuita, en coherencia con el criterio de costo declarado en el apartado 4.3.

10. Resultados del objetivo específico 1

Este capítulo reporta el cumplimiento del primer objetivo específico: caracterizar el proceso actual de liquidación de nómina en la panadería Ricuras de Cabañas, estableciendo la línea base de tiempos e inconsistencias, los actores del proceso y los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Los apartados siguen la secuencia lógica del levantamiento: primero el procedimiento y la población, después los instrumentos y sus limitaciones, a continuación los hallazgos y la línea base, y por último la traducción de esos hallazgos en necesidades, requisitos de usuario, requerimientos y modelo de casos de uso, cerrando con los instrumentos de trazabilidad que garantizan que ningún requerimiento carece de origen documentado.

10.1. Procedimiento de levantamiento de la información

El levantamiento se ejecutó en las instalaciones de la panadería Ricuras de Cabañas mediante tres actividades. La primera se cumplió en abril de 2026, al inicio del proyecto; las dos restantes se ejecutaron el 18 de agosto de 2026, con posterioridad a la construcción del sistema, según se declara y se justifica en el apartado 3.6.

La primera actividad fue una reunión presencial celebrada el lunes 13 de abril de 2026, con una duración aproximada de una hora, en la que participaron el administrador del negocio, responsable de la operación diaria, y la estudiante autora del proyecto. La reunión se condujo mediante entrevista semiestructurada, aplicando el guion del Apéndice F. El acta correspondiente se recoge en la Tabla G1 del Apéndice G.

La segunda actividad fue la observación estructurada con cronometraje del procedimiento manual de liquidación, ejecutada el 18 de agosto de 2026. El cronometraje no se realizó sobre una liquidación en curso sino sobre una recreación controlada del procedimiento, por una razón de calendario: en esa fecha la primera quincena del mes ya se había liquidado y la siguiente aún no

se causaba, de modo que no existía una liquidación en curso que observar. El administrador reprocesó de forma manual, con sus propios soportes y sin asistencia, las liquidaciones correspondientes a dos periodos quincenales ya causados. La observación fue no participante: la estudiante registró la secuencia de pasos y cronometró el tiempo empleado sin intervenir en la ejecución. El mismo diseño se aplicó después a la medición del ciclo sobre el sistema, reportada en el apartado 14.4, de modo que ambos conjuntos de mediciones son comparables entre sí.

La tercera actividad fue la revisión de los registros conservados por el negocio, realizada el 18 de agosto de 2026, sobre los cuadernos de registro de turnos, las planillas de liquidación y los soportes de pago correspondientes a tres periodos quincenales. La revisión tuvo por objeto verificar la consistencia de los registros y documentar las inconsistencias existentes.

Con posterioridad a la entrevista se celebraron dos reuniones adicionales de validación del diseño de interfaz, el 27 de abril y el 4 de mayo de 2026, cuyas actas se recogen en las tablas G2 y G3 del Apéndice G. Estas reuniones no constituyen instrumentos de recolección diagnóstica sino puntos de control del proceso de desarrollo, y se documentan como tales en el apartado 9.3.

10.2. Población, criterios de inclusión y exclusión

La población vinculada al proceso de liquidación de nómina está conformada por la totalidad de las personas que intervienen en él, sea porque ejecutan alguna de sus actividades, sea porque son destinatarias de su resultado. Dado que el estudio abarca esa totalidad y no una selección de ella, se declara un *censo* y no una muestra, razón por la cual no se aplicó procedimiento de muestreo alguno ni se calcula margen de error.

Tabla 7*Población vinculada al proceso de liquidación de nómina*

Grupo poblacional	Cantidad	Relación con el proceso	Participación en el levantamiento
Administrador	1	Ejecuta la liquidación, elabora el soporte de pago y realiza el pago. Es el informante principal del estudio	Entrevista semiestructurada, observación estructurada y validación de los entregables
Propietaria del establecimiento	1	Decide sobre los valores de liquidación y sobre la marcha general del negocio; consulta y actualiza cada año los valores conforme al decreto de salario mínimo	No participó en la recolección; su función en la determinación de los valores legales se documenta a través del informante
Encargados del registro de turnos	2	Anota diariamente las jornadas trabajadas, los préstamos y los abonos	No participaron en la recolección
Trabajadores cuya nómina se liquida (incluye a los dos encargados del registro)	8	Son los destinatarios del cálculo y del comprobante de pago	No participaron como informantes; sus datos personales no fueron tratados por el sistema (apartado 8.3)

Nota. Elaboración propia a partir del acta de la reunión de levantamiento (Tabla G1) y de la observación estructurada. Las dos personas que ejercen el registro diario de turnos desempeñan el cargo de cajero, de modo que la función de encargado no constituye un cargo independiente sino una responsabilidad adicional asignada a ese rol. El total de ocho trabajadores liquidados comprende a la totalidad de la planta: seis a término indefinido y dos vinculados por horas. La propietaria y el administrador no forman parte de ella.

Los *criterios de inclusión* aplicados fueron los siguientes: pertenecer a la panadería Ricuras de Cabañas al momento del levantamiento; y ejecutar alguna actividad del proceso de liquidación o ser destinatario de su resultado. Los *criterios de exclusión* fueron: personas vinculadas al negocio cuya función no guarda relación con el registro de jornadas ni con la liquidación; personas

desvinculadas con anterioridad al periodo de estudio; y proveedores o terceros que, pese a mantener relación comercial con el negocio, no participan del proceso de nómina.

10.3. Fichas técnicas de los instrumentos y su validación

Se aplicaron tres instrumentos de recolección. Sus fichas técnicas se presentan a continuación.

Tabla 8

Ficha técnica de la entrevista semiestructurada

Elemento	Descripción
Propósito	Identificar el procedimiento vigente de liquidación de nómina y las reglas de negocio que el sistema debe reproducir
Tipo de instrumento	Entrevista semiestructurada de respuesta abierta
Estructura	Treinta y cuatro preguntas organizadas en siete categorías: contexto del negocio y proceso actual; jornada y turnos; valores de liquidación; préstamos y abonos; comprobante de pago; usuarios y seguridad; y cierre
Población a la que se dirigió	Administrador del negocio, responsable de ejecutar la liquidación
Modalidad	Presencial, en las instalaciones de la panadería
Fecha de aplicación	Lunes 13 de abril de 2026
Duración aproximada	Una hora
Responsable de la aplicación	Hanna María Buelvas Maya
Registro de la información	Notas de campo consignadas en el acta de la reunión (Tabla G1)
Ubicación del instrumento	Apéndice F, tablas F1 y F2

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9*Ficha técnica de la observación estructurada del proceso manual*

Elemento	Descripción
Propósito	Establecer la línea base de tiempos del procedimiento manual y contrastar el proceso descrito en la entrevista con el efectivamente ejecutado
Tipo de instrumento	Observación estructurada no participante, con registro cronometrado, sobre una recreación controlada del procedimiento
Estructura	Registro secuencial de los pasos del procedimiento y medición del tiempo empleado en la liquidación de cada trabajador
Población a la que se dirigió	Administrador responsable de la liquidación
Modalidad	Presencial, en las instalaciones de la panadería
Fecha de aplicación	18 de agosto de 2026
Ciclos medidos	Seis mediciones sobre tres trabajadores, en dos periodos de liquidación ya causados y reprocesados para el ejercicio
Responsable de la aplicación	Hanna María Buelvas Maya
Registro de la información	Ficha de observación con secuencia de pasos y tiempos por trabajador
Ubicación del instrumento	Apéndice K, Tabla K1

Nota. Elaboración propia. La ficha de observación se recoge en el Apéndice K, por constituir el soporte de la línea base reportada en el apartado 10.6.

Tabla 10*Ficha técnica de la revisión de registros históricos*

Elemento	Descripción
Propósito	Verificar la consistencia de los registros existentes e identificar las inconsistencias del procedimiento manual
Tipo de instrumento	Revisión documental con matriz de registro de hallazgos

Elemento	Descripción
Estructura	Matriz con tipo de soporte revisado, periodo cubierto, inconsistencia detectada y frecuencia
Población a la que se dirigió	Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación conservados por el negocio
Modalidad	Presencial, en las instalaciones de la panadería
Fecha de aplicación	18 de agosto de 2026
Alcance de la revisión	Registros correspondientes a tres periodos quincenales de liquidación
Responsable de la aplicación	Hanna María Buelvas Maya
Ubicación del instrumento	Apéndice K, Tabla K2

Nota. Elaboración propia.

Respecto de la validación de los instrumentos, se declara de manera expresa que ninguno de los tres fue sometido a procedimientos de validación estadística de constructo ni a pruebas de confiabilidad. Esta decisión responde al carácter aplicado del proyecto y a la naturaleza de la población: los instrumentos no miden un constructo latente sobre una muestra, sino que documentan un procedimiento operativo en una población censal de un solo informante. La validez de los instrumentos se sustenta en dos mecanismos alternativos: la *validez de contenido*, obtenida al derivar las categorías del guion de las fases efectivas del proceso de liquidación; y la *triangulación de fuentes*, consistente en contrastar lo declarado en la entrevista con lo observado en la ejecución del procedimiento y con lo consignado en los registros históricos.

Se precisa, respecto del registro de la información, que la entrevista no fue grabada ni transcrita literalmente. Se registró mediante notas tomadas por la entrevistadora durante la sesión, que se consolidaron directamente en el acta de la reunión recogida en la Tabla G1 y en la matriz de hallazgos del apartado 10.5, sin que se conserve un registro intermedio de las respuestas

pregunta por pregunta. En consecuencia, la Tabla F2 del Apéndice F reproduce el guion aplicado y no las respuestas obtenidas, y las remisiones a los números de pregunta que figuran en la columna de evidencia de la matriz de hallazgos indican el punto del guion del que procede cada hallazgo, no la existencia de una transcripción que pueda consultarse. Se deja constancia expresa de esta circunstancia en lugar de reconstruir con posterioridad unas respuestas que no se conservaron, reconstrucción que produciría un artefacto ajeno al trabajo de campo.

10.4. Limitaciones del levantamiento

El levantamiento presenta las siguientes limitaciones, que acotan el alcance de los hallazgos reportados.

- *Actas sin suscripción de la contraparte.* Las tres actas del Apéndice G fueron elaboradas por la estudiante a partir de sus notas de campo y validadas verbalmente con el administrador, pero no fueron firmadas por él. Acreditan el contenido de las sesiones tal como la estudiante lo registró, no la conformidad escrita del negocio con lo acordado. La entrevista, por su parte, no fue grabada ni transcrita, según se declara en el apartado 10.3.
- *Informante único.* La entrevista se aplicó al administrador del establecimiento, que es quien ejecuta la liquidación y concentra el conocimiento del procedimiento. La información obtenida es exhaustiva respecto de la operación, pero no admite contraste entre perspectivas independientes ni tratamiento porcentual. En particular, la determinación anual de los valores legales corresponde a la propietaria, que lleva los asuntos contables del negocio y no fue entrevistada, de modo que los hallazgos relativos a esa actividad recogen la descripción del administrador y no el relato de quien la ejecuta.
- *Perspectiva de los trabajadores no incorporada.* Los trabajadores destinatarios del comprobante no fueron entrevistados. En consecuencia, los síntomas relativos a su

percepción del pago se documentan a través de lo declarado por el administrador y no de forma directa.

- *Cobertura limitada de la medición de tiempos.* La medición de tiempos se realizó sobre dos periodos quincenales, recreados en una única sesión. No se dispone de mediciones en periodos de carga distinta, por lo que la línea base no captura la variabilidad estacional del negocio.
- *Registros históricos incompletos.* Los soportes conservados por el negocio no cubren de manera continua la totalidad de los periodos anteriores, lo que limita el análisis de las inconsistencias a los periodos efectivamente disponibles.
- *Ausencia de un procedimiento formal previo.* El negocio no contaba con un manual ni con una descripción escrita del proceso, de modo que la caracterización del apartado 10.7 se construye íntegramente a partir de lo declarado y lo observado, sin documento de contraste.

10.5. Matriz de hallazgos de la entrevista

Los resultados de la entrevista se sistematizan a continuación conforme a las siete categorías del guion. Para cada hallazgo se consigna su evidencia y la necesidad que revela. Esta presentación sustituye todo tratamiento porcentual, impropio en una entrevista de un solo participante.

Tabla 11

Matriz de hallazgos del levantamiento

ID	Hallazgo	Evidencia	Necesidad identificada
H-01	La liquidación se realiza de forma manual sobre cuadernos y plantillas, sin	P4; Acta G1	N-01. Centralizar en un único sistema el maestro de trabajadores vinculados, el registro de las jornadas y el cálculo de la liquidación

ID	Hallazgo	Evidencia	Necesidad identificada
	ninguna herramienta informática		
H-02	El registro diario de las jornadas lo realiza el encargado del turno y la liquidación la ejecuta el administrador	P2; Acta G1	N-02. Disponer de dos perfiles de acceso con permisos diferenciados según la función que cumple cada uno
H-03	La nómina se liquida y se paga con periodicidad quincenal	P3; Acta G1	N-03. Liquidar por un rango de fechas seleccionable y no por un periodo fijo predefinido
H-04	Liquidar el pago de un trabajador toma en promedio dieciséis minutos	P5; observación cronometrada	N-04. Reducir de forma sustancial el tiempo requerido para producir cada liquidación
H-05	No se han presentado reclamos por diferencias en el valor pagado; las dificultades reportadas son las enmendaduras del soporte manual y la necesidad de rehacer el cálculo completo ante cualquier duda sobre una cifra	P6; Acta G1	N-05. Eliminar el reproceso del cálculo y disponer de un soporte uniforme y reconstruible que permita explicar cada valor
H-06	El negocio maneja turnos completos y parciales, en franjas diurna y nocturna, así como en domingos y festivos	P7; P8; P12	N-06. Administrar un catálogo de turnos configurable y clasificar automáticamente cada jornada según su tipo
H-07	La jornada ordinaria aplicada por el negocio es de ocho horas diarias	P9	N-07. Parametrizar las horas de la jornada, dado que la ley las ha modificado en el periodo reciente
H-08	Las horas extra se reconocen por el exceso sobre la jornada diaria, incluida la suma de turnos parciales del mismo día	P10	N-08. Calcular automáticamente las horas extra acumulando las jornadas registradas en un mismo día

ID	Hallazgo	Evidencia	Necesidad identificada
H-09	La franja horaria nocturna aplicada corresponde a la vigente, pero se aplica sin soporte escrito en el negocio y fue modificada por la ley el 25 de diciembre de 2025, con anterioridad al levantamiento	P11	N-09. Parametrizar la hora de inicio de la franja nocturna y repartir las horas del turno entre ambas franjas, para absorber los cambios normativos sin reprogramar el sistema
H-10	Se trabaja en domingos y en días festivos de manera habitual	P12	N-10. Reconocer los domingos y la totalidad de los festivos del calendario colombiano, incluidos los móviles, y aplicarles la tarifa correspondiente
H-11	Los valores de las tarifas por hora se actualizan cada año conforme al decreto de salario mínimo; sin embargo, no se conservan en ningún repositorio del negocio ni queda registro de qué tarifa rigió en cada periodo	P13 a P16; P20; Acta G1	N-11. Registrar las tarifas en un repositorio consultable y editable desde la aplicación, que conserve el valor vigente y la fecha de su última actualización
H-12	El negocio aplica los aportes de ley del trabajador a salud y pensión sobre el ingreso base de cotización, calculándolos de forma manual en cada liquidación	P17	N-12. Parametrizar los valores de descuento y, en evolución posterior, calcularlos automáticamente como porcentaje del ingreso base de cotización de cada trabajador
H-13	Se reconoce auxilio de transporte a los trabajadores que tienen derecho a él	P18	N-13. Incorporar el auxilio de transporte al total devengado del periodo
H-14	Los valores de liquidación cambian al menos una vez al año; la propietaria consulta el decreto anual de salario mínimo y define los valores, y la	P20; Acta G1	N-14. Permitir la actualización de los parámetros desde la aplicación, sin intervención técnica externa

ID	Hallazgo	Evidencia	Necesidad identificada
	actualización debe poder hacerse sin asistencia técnica		
H-15	La panadería otorga préstamos y adelantos a los trabajadores y recibe abonos contra ellos	P21 a P23	N-15. Registrar préstamos y abonos asociados a la jornada y descontar el saldo en la liquidación del periodo
H-16	El soporte de pago se elabora a mano, sin formato uniforme y sin que el negocio conserve copia de lo entregado	P24 a P26; Acta G1	N-16. Emitir un comprobante con formato uniforme y numeración consecutiva
H-17	Se requiere consultar y volver a imprimir comprobantes de periodos anteriores	P27	N-17. Conservar un historial de comprobantes emitidos, consultable y reimprimible
H-18	El comprobante debe reflejar los datos del trabajador tal como estaban al momento del pago	P28	N-18. Conservar en cada comprobante una copia inmutable de los datos del trabajador
H-19	El comprobante debe incluir el auxilio de transporte y el descuento por las obligaciones del trabajador con el negocio	Acta G2	N-19. Detallar en el comprobante la totalidad de los conceptos devengados y deducidos
H-20	Deben ingresar al sistema el administrador y el encargado; el trabajador no requiere acceso propio	P29	N-20. Restringir el acceso a cada sección según el rol del usuario autenticado
H-21	Las cuentas de acceso deben ser creadas y administradas por el administrador	P30	N-21. Generar automáticamente el usuario y una clave temporal al registrar a una persona
H-22	Debe preverse el olvido de la clave y el intento fallido reiterado de ingreso	P31	N-22. Exigir el cambio de la clave temporal en el primer ingreso y bloquear la cuenta ante intentos fallidos sucesivos

ID	Hallazgo	Evidencia	Necesidad identificada
H-23	El sistema debe poder usarse desde computador y desde teléfono móvil	P32	N-23. Disponer de una interfaz adaptable que funcione desde cualquier navegador sin instalación previa
H-24	La prioridad declarada por el administrador es reducir el tiempo de liquidación y entregar un soporte claro al trabajador	P33	N-24. Orientar el diseño a la reducción del tiempo del ciclo y a la claridad del comprobante
H-25	Existe el riesgo de que se incorporen jornadas vencidas sin dejar rastro de cuándo fueron registradas	P34; Acta G1	N-25. Controlar y marcar los registros efectuados fuera de la fecha de la jornada
H-26	El tamaño de la tipografía de las pantallas dificulta la lectura al usuario principal	Acta G2	N-26. Emplear un tamaño tipográfico que permita leer las pantallas con comodidad

Nota. Elaboración propia a partir de las respuestas obtenidas en la entrevista semiestructurada del 13 de abril de 2026 y de las actas de las reuniones del Apéndice G. La columna de evidencia remite al número de pregunta del guion del Apéndice F o al acta correspondiente. Los hallazgos H-19 y H-26 se recogieron en la reunión de presentación del diseño y se incorporan a esta matriz por constituir requerimientos de la misma naturaleza.

10.6. Medición diagnóstica retrospectiva del proceso manual

La línea base documenta el desempeño del procedimiento manual antes de cualquier intervención y constituye el punto de contraste del quinto objetivo específico. Comprende dos componentes: la medición del tiempo de liquidación y el registro de las dificultades que el procedimiento manual impone a quien lo ejecuta.

10.6.1. Medición de tiempos del procedimiento manual

Se cronometró el ciclo completo de liquidación de tres trabajadores a lo largo de dos periodos quincenales consecutivos, para un total de seis mediciones. El ciclo medido comprende la consulta de los turnos anotados en el cuaderno, la clasificación de las horas por tipo, el cálculo

de las horas extra, la aplicación de las tarifas, la resta de las deducciones y del saldo de préstamos, y la elaboración manual del soporte de pago.

Tabla 12

Medición cronometrada del tiempo de liquidación por trabajador en el proceso manual

Medición	Periodo	Trabajador	Tiempo (minutos)	Condiciones del ciclo medido
M-01	Quincena 1	T-01	10	Sin préstamos ni novedades de nómina
M-02	Quincena 1	T-02	17	Préstamo vigente con el negocio y adelanto de quincena
M-03	Quincena 1	T-03	24	Vinculación con pago por horas, sin préstamos
M-04	Quincena 2	T-01	14	Un préstamo registrado en el periodo
M-05	Quincena 2	T-02	12	Cancelación del préstamo que tenía pendiente
M-06	Quincena 2	T-03	19	Vinculación con pago por horas, sin préstamos

Nota. Elaboración propia a partir de la observación estructurada cronometrada. Los trabajadores se identifican mediante código para preservar su identidad.

Tabla 13

Estadísticos de la línea base del proceso manual

Estadístico	Valor	Observación
Número de mediciones	6	Tres trabajadores, cada uno en dos periodos quincenales recreados
Tiempo promedio por trabajador	16,0 minutos	Media aritmética de las seis mediciones
Desviación estándar	5,10 minutos	Dispersión de las mediciones respecto del promedio

Estadístico	Valor	Observación
Coeficiente de variación	31,9 %	Dispersión relativa; indica un proceso poco estable
Tiempo mínimo observado	10 minutos	Trabajador sin novedades de nómina
Tiempo máximo observado	24 minutos	Trabajador con vinculación por horas
Tiempo estimado de una quincena completa	122,5 minutos	Proyección ponderada sobre la planta de ocho trabajadores

Nota. Elaboración propia. La desviación estándar se calcula sobre la muestra, con n menos uno en el denominador. El cronómetro se leyó con resolución de minuto entero y las observaciones son seis por procedimiento. Se advierte, además, que esas seis observaciones corresponden a tres trabajadores medidos en dos periodos cada uno, de modo que constituyen medidas repetidas y no observaciones independientes; el cálculo de la desviación y del coeficiente de variación presupone una independencia que el diseño no garantiza. Por una y otra razón, los porcentajes de reducción derivados de estas cifras deben interpretarse como órdenes de magnitud y no como estimaciones de precisión decimal. El coeficiente de variación es el dato de mayor interés diagnóstico: una dispersión cercana a un tercio del promedio indica que el tiempo de liquidación no depende de una carga de trabajo constante sino de las particularidades de cada caso. Las mediciones lo confirman: el ciclo más breve corresponde a un trabajador sin novedades y el más extenso, a uno con vinculación por horas, cuya liquidación manual exige sumar y clasificar cada tramo anotado en el cuaderno en lugar de aplicar un turno de duración conocida. El efecto de las novedades sobre el ciclo se aprecia con claridad en el trabajador T-01, el único medido con y sin préstamo en condiciones por lo demás equivalentes: el registro de la novedad elevó su ciclo de diez a catorce minutos. El tiempo de la quincena completa constituye una proyección ponderada de los promedios observados en cada modalidad de vinculación sobre la totalidad de la planta, y no una medición directa, dado que se cronometraron tres de los ocho trabajadores.

10.6.2. Dificultades identificadas en el procedimiento manual

Se precisa, antes de presentar el registro, que la revisión no identificó pagos errados. El procedimiento manual del negocio produce resultados correctos. Lo que se documenta a continuación son las situaciones que obligan a rehacer trabajo, que impiden verificar un dato sin recalcularlo o que dejan al periodo liquidado sin soporte reconstruible.

Tabla 14*Dificultades identificadas en el procedimiento manual de liquidación*

ID	Dificultad	Frecuencia observada	Efecto sobre el proceso
I-01	Anotaciones de jornada sin indicación precisa de la hora de inicio y de fin	5	Obliga a consultar al encargado para clasificar la jornada entre franja diurna y nocturna
I-02	Turnos anotados con posterioridad a la fecha de la jornada, sin constancia de cuándo se registraron	3	Impide distinguir el registro oportuno del extemporáneo
I-03	Jornadas no anotadas y advertidas al momento de liquidar (riesgo verificado, sin ocurrencias)	0	Interrumpe el ciclo de liquidación hasta reconstruir la información con el encargado
I-04	Cifras poco legibles o enmendadas en el cuaderno o en la plantilla	11	Obliga a rehacer el cálculo completo del trabajador para confirmar el valor
I-05	Préstamos y abonos anotados sin fecha o sin identificación del trabajador	4	Exige reconstruir el saldo pendiente antes de poder descontarlo
I-06	Soportes de pago sin numeración consecutiva	0	Impediría acreditar la secuencia de los pagos ante un requerimiento posterior

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión de los registros de tres periodos quincenales. Las dificultades enunciadas se derivan de los hallazgos H-01, H-05, H-16 y H-25 de la matriz del apartado 10.5. Ninguna corresponde a un error en el valor pagado; todas describen esfuerzo de verificación, reproceso o ausencia de rastro. Las frecuencias nulas de I-03 e I-06 se conservan en el registro por su valor diagnóstico: acreditan que el negocio cumple con disciplina el registro diario y la numeración de sus soportes, y delimitan el problema a la estructura y a la conservación de lo registrado.

Tres lecturas se desprenden de este registro. La primera es que la enmendadura de cifras concentra la mayor frecuencia, con once ocurrencias en tres periodos, lo que confirma que el reproceso —y no el error de pago— es la manifestación característica del problema. La segunda

es que no se identificaron jornadas omitidas, lo que indica que el registro diario se cumple con disciplina y que la dificultad no reside en la captura sino en la ausencia de estructura de lo capturado. La tercera es que el negocio sí numera sus soportes de pago y no se identificó ninguno sin numerar, de modo que la carencia no es la numeración en sí sino la imposibilidad de reconstruir un soporte una vez entregado, dado que no se conserva copia de lo entregado ni existe un formato uniforme.

10.7. Caracterización del proceso actual

El proceso vigente de liquidación de nómina se ejecuta en dos momentos claramente diferenciados, a cargo de dos responsables distintos, sin ningún punto de verificación automatizado entre ellos.

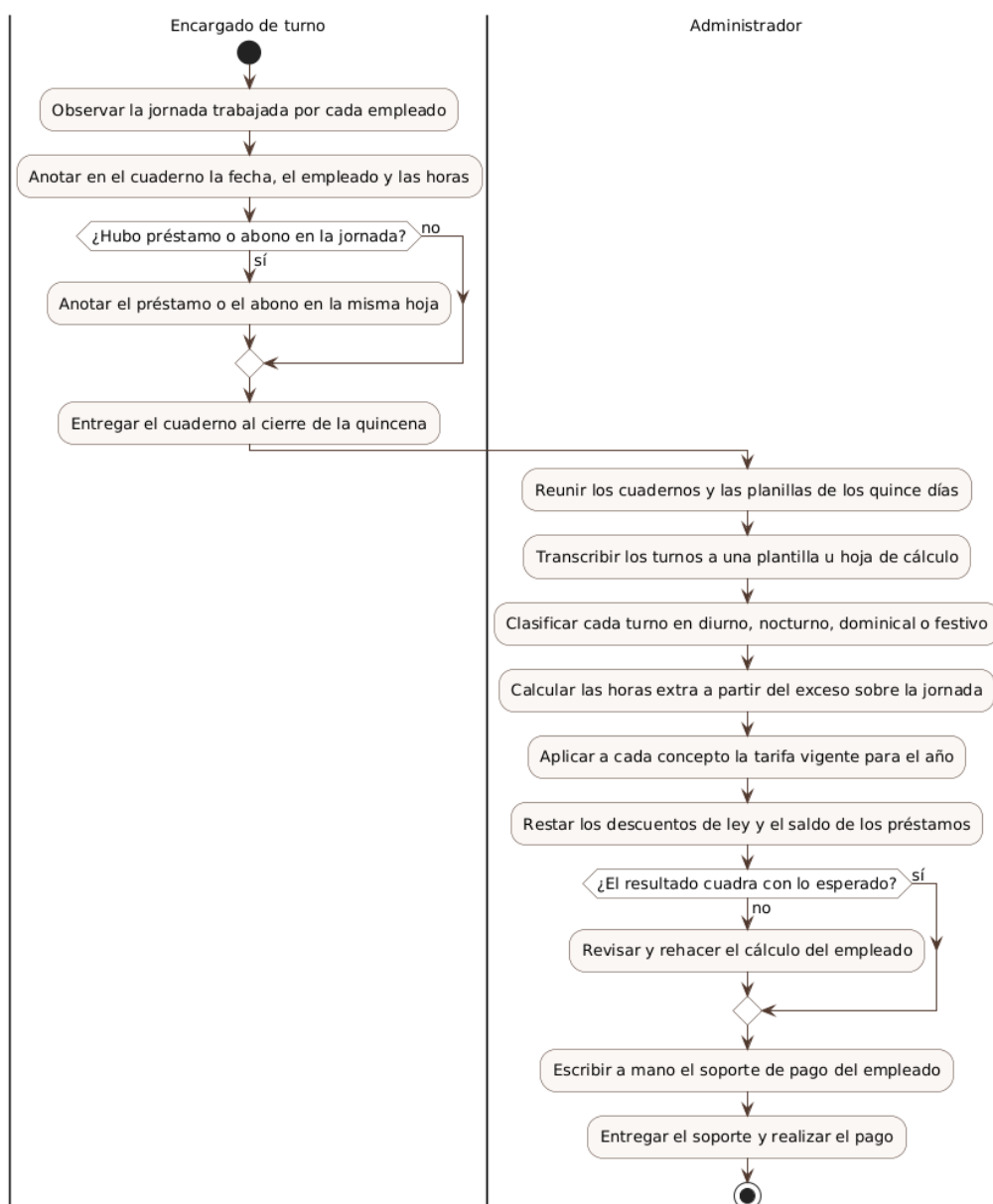
El primer momento es el *registro diario*. Al cierre de cada jornada, el encargado del turno anota en un cuaderno la fecha, el nombre del trabajador y las horas laboradas. Cuando durante la jornada se otorga un préstamo o se recibe un abono, la novedad se anota en la misma hoja. El cuaderno no impone formato alguno, no valida la información consignada, no registra el momento en que se efectuó la anotación y no está vinculado con el cálculo posterior.

El segundo momento es la *liquidación quincenal*. Al cierre del periodo, el administrador reúne los cuadernos y las planillas, transcribe los turnos a una plantilla, clasifica cada jornada según su franja y su día, determina las horas extra por el exceso sobre la jornada diaria, aplica a cada concepto la tarifa vigente para el año, resta los descuentos de ley y el saldo de los préstamos, y escribe a mano el soporte que entrega al trabajador junto con el pago. Si el resultado no corresponde con lo esperado, el ciclo de cálculo se repite para ese trabajador.

La representación del proceso mediante diagrama de actividades con partición por responsable se presenta en la figura siguiente.

Figura 1

Diagrama de actividades del proceso manual de liquidación de nómina



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, a partir de la observación estructurada del procedimiento y del acta de la reunión de levantamiento (Tabla G1). Las calles representan a los dos responsables del proceso. El diagrama corresponde al estado del proceso manual anterior al sistema y no al modelado de la solución construida, cuyos artefactos de diseño se presentan en los apartados 10.11 y 12.2.

Del análisis del diagrama se desprenden cuatro puntos críticos que orientan el diseño del sistema. El primero es la *ausencia de validación en el origen*: el dato se captura en un soporte que

no verifica nada, de modo que todo error introducido en este punto se propaga hasta el pago. El segundo es la *transcripción intermedia*, actividad que no agrega valor y que constituye una segunda oportunidad de error. El tercero es la *dependencia del conocimiento tácito*: la clasificación de las horas y la aplicación de las tarifas dependen de que el administrador tenga presentes las reglas y los valores vigentes, sin que el procedimiento cuente con un soporte que los conserve ni con una verificación posterior. El cuarto es la *ausencia de rastro*: concluido el ciclo, no queda registro consultable de cómo se llegó al valor pagado.

Estos cuatro puntos críticos son los que el sistema propuesto se dirige a resolver, respectivamente, mediante la validación en el formulario de registro, la eliminación de la transcripción, la parametrización explícita de las reglas y el registro de auditoría de todas las operaciones.

10.8. Listado de necesidades y características del sistema

Las veintiséis necesidades derivadas de la matriz de hallazgos se agrupan a continuación en características del sistema, entendidas como conjuntos de funcionalidades que atienden un mismo propósito. Esta agrupación constituye el puente entre el diagnóstico y la especificación.

Tabla 15

Necesidades agrupadas en características del sistema

ID	Característica	Necesidades que agrupa	Descripción del propósito
C-01	Control de acceso diferenciado	N-02, N-20, N-21, N-22	Permitir que cada persona acceda únicamente a las funciones propias de su rol, con credenciales administradas por el negocio
C-02	Parametrización de las reglas de liquidación	N-07, N-09, N-11, N-12, N-14	Mantener fuera del código los valores susceptibles de cambio

ID	Característica	Necesidades que agrupa	Descripción del propósito
			normativo y permitir su actualización por el administrador
C-03	Registro estructurado de la jornada	N-01, N-06, N-25	Capturar la jornada en el punto de origen, con validación, catálogo de turnos y control del registro extemporáneo
C-04	Gestión de novedades del trabajador	N-15	Registrar préstamos y abonos asociados a la jornada y llevar el saldo pendiente de cada trabajador
C-05	Cálculo automático de la liquidación	N-04, N-05, N-08, N-10, N-13	Clasificar las horas, determinar el trabajo suplementario y calcular devengos y deducciones sin intervención manual
C-06	Emisión y conservación del comprobante	N-03, N-16, N-17, N-18, N-19	Producir un comprobante uniforme y numerado, conservarlo con los datos congelados y permitir su reimpresión
C-07	Trazabilidad de las operaciones	N-01, N-25	Registrar quién realizó cada operación y cuándo, de modo que la liquidación sea auditable
C-08	Accesibilidad y comodidad de uso	N-23, N-24, N-26	Disponer de una interfaz adaptable, legible y orientada a la reducción del tiempo del ciclo

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz de hallazgos del apartado 10.5. Las características constituyen el insumo directo de la definición de los módulos funcionales del sistema, que se presenta en el apartado 10.17.

10.9. Descripción general de los actores

Se identifican dos actores con acceso al sistema y un tercero que, sin ser usuario, es destinatario de sus salidas.

Tabla 16*Actores del sistema*

Actor	¿Accede al sistema?	Responsabilidad en el proceso	Alcance de sus permisos
Administrador	Sí, con credenciales propias	Define los valores de liquidación, administra las cuentas de acceso, emite los comprobantes y realiza el pago	Acceso a la totalidad de los módulos, salvo el registro diario de turnos
Encargado	Sí, con credenciales propias	Registra al cierre de cada jornada los turnos trabajados y las novedades de préstamo y abono	Acceso exclusivo al módulo de registro de turnos y a la gestión de su propia clave
Trabajador	No	Es el destinatario del comprobante de pago	No dispone de credenciales; sus datos son administrados por el administrador

Nota. Elaboración propia a partir de los hallazgos H-02 y H-20 de la matriz del apartado 10.5. La decisión de no habilitar acceso al trabajador responde a lo expresado por el administrador en la reunión de levantamiento y se refleja en el modelo de casos de uso del apartado 10.14.

10.10. Historias de usuario

Las necesidades identificadas se expresan a continuación como historias de usuario, redactadas desde la perspectiva del rol que las requiere y acompañadas de su criterio de aceptación, conforme al planteamiento de Cohn (2004).

Tabla 17

Historias de usuario por rol, con su criterio de aceptación

ID	Rol	Historia de usuario	Criterio de aceptación
HU-01	Ambos	Como usuario del sistema, quiero ingresar con un usuario y una contraseña propios, para acceder únicamente a las funciones que me corresponden	Con credenciales válidas el sistema permite el ingreso y presenta el menú del rol; con credenciales inválidas lo deniega sin revelar cuál de los dos datos es incorrecto
HU-02	Ambos	Como usuario del sistema, quiero que mi cuenta se bloquee tras varios intentos fallidos, para que nadie pueda adivinar mi contraseña	Al quinto intento fallido consecutivo la cuenta queda bloqueada durante el tiempo configurado y se informa al usuario
HU-03	Ambos	Como usuario del sistema, quiero cambiar la clave temporal en mi primer ingreso, para que nadie más conozca mi contraseña definitiva	Mientras la clave permanezca en estado temporal el sistema redirige a la pantalla de cambio y no permite acceder a ninguna otra
HU-04	Administrador	Como administrador, quiero registrar, editar y eliminar a los trabajadores, para mantener actualizada la información del negocio	Un trabajador registrado queda disponible para el registro de turnos; uno eliminado deja de aparecer en las listas sin que se pierdan sus comprobantes anteriores
HU-05	Administrador	Como administrador, quiero que el sistema genere el usuario y una clave temporal al crear a una persona, para no tener que definirlos manualmente	Al guardar un registro nuevo el sistema muestra el usuario generado y la clave temporal una sola vez

ID	Rol	Historia de usuario	Criterio de aceptación
HU-06	Administrador	Como administrador, quiero modificar las tarifas por hora y las horas de la jornada desde la aplicación, para responder a los cambios de la ley sin depender de un técnico	Un valor modificado se aplica a las liquidaciones emitidas con posterioridad al cambio, sin alterar las ya emitidas, y el sistema conserva la fecha de la última actualización de cada parámetro
HU-07	Administrador	Como administrador, quiero administrar el catálogo de turnos, para que el encargado seleccione solo los turnos que el negocio realmente maneja	Un turno agregado aparece de inmediato entre las opciones del registro diario; uno eliminado deja de ofrecerse sin afectar los registros previos, que conservan sus propias horas de inicio y de fin
HU-08	Encargado	Como encargado, quiero registrar los turnos trabajados al cierre de la jornada, para que queden disponibles para la liquidación	El turno registrado queda en estado de borrador y es visible únicamente para quien lo capturó hasta su confirmación
HU-09	Encargado	Como encargado, quiero corregir o eliminar un registro mientras esté en borrador, para enmendar un error antes de cerrar el día	Un registro en borrador admite edición y eliminación; una vez confirmado deja de admitirlas
HU-10	Encargado	Como encargado, quiero confirmar los registros del día, para dejar cerrada la jornada e incorporarla a la liquidación	Tras la confirmación los registros quedan disponibles para el administrador y no admiten modificación
HU-11	Encargado	Como encargado, quiero registrar una jornada que olvidé anotar, para no dejarla sin liquidar	El sistema admite el registro de jornadas de hasta siete días atrás, lo marca como registro fuera de fecha y lo destaca en la auditoría
HU-12	Encargado	Como encargado, quiero registrar los préstamos otorgados y los abonos recibidos durante la jornada, para que se descuenten en el pago	El préstamo y el abono quedan asociados a la jornada y a su trabajador, y el saldo resultante se refleja en la liquidación del periodo
HU-13	Administrador	Como administrador, quiero que el sistema clasifique las horas y calcule las extras, para no tener que hacerlo de memoria	Cada hora se clasifica según la franja y el día configurados; el exceso sobre la jornada diaria se liquida como trabajo suplementario

ID	Rol	Historia de usuario	Criterio de aceptación
HU-14	Administrador	Como administrador, quiero revisar la liquidación antes de emitirla, para corregir cualquier dato antes de entregar el comprobante	La vista previa presenta el detalle de conceptos y valores y no asigna consecutivo hasta que se confirma la emisión
HU-15	Administrador	Como administrador, quiero emitir un comprobante numerado por un rango de fechas, para entregar al trabajador un soporte formal de su pago	El comprobante recibe un número consecutivo único y conserva los datos del trabajador vigentes al momento de la emisión
HU-16	Administrador	Como administrador, quiero consultar y volver a imprimir comprobantes anteriores, para atender una consulta o reponer un soporte extraviado	El historial permite localizar un comprobante por trabajador y por periodo, y reimprimirlo con idéntico contenido
HU-17	Administrador	Como administrador, quiero consultar quién registró cada turno y cuándo lo hizo, para poder auditar la información que sustenta el pago	La auditoría presenta todos los registros con su autor, su fecha de captura y su estado, y destaca los efectuados fuera de fecha
HU-18	Ambos	Como usuario del sistema, quiero utilizarlo desde el computador o desde el teléfono, para no depender de un equipo determinado	La interfaz se adapta al ancho del dispositivo y conserva la totalidad de las funciones sin instalación previa

Nota. Elaboración propia a partir de las necesidades del apartado 10.8. La trazabilidad entre cada historia y los requerimientos funcionales que la implementan se documenta en el apartado 10.20.

10.11. Requisitos de usuario

Los requisitos de usuario constituyen el eslabón entre la necesidad expresada en el lenguaje del negocio y el requerimiento técnico que la especifica, conforme a la distinción de niveles planteada por Wiegers y Beatty (2013). Se enuncian en términos de lo que el usuario debe poder hacer, sin prescribir cómo debe implementarse.

Tabla 18*Requisitos de usuario*

ID	Requisito de usuario	Necesidad de origen	Rol destinatario
RU-01	El usuario debe poder identificarse ante el sistema con credenciales propias y salir de la sesión cuando lo decida	N-02, N-20	Ambos
RU-02	El usuario debe poder cambiar su contraseña, y estar obligado a hacerlo la primera vez que ingresa	N-21, N-22	Ambos
RU-03	El administrador debe poder mantener actualizada la relación de personas vinculadas al negocio	N-21	Administrador
RU-04	El administrador debe poder consultar y modificar los valores con los que el sistema liquida, sin asistencia técnica	N-11, N-12, N-14	Administrador
RU-05	El administrador debe poder definir qué turnos ofrece el negocio y en qué horarios	N-06	Administrador
RU-06	El administrador debe poder ajustar las horas de la jornada ordinaria y la franja horaria nocturna ante un cambio normativo	N-07, N-09	Administrador
RU-07	El encargado debe poder registrar las jornadas trabajadas al cierre de cada día, y corregirlas antes de cerrarlas	N-01, N-06	Encargado
RU-08	El encargado debe poder registrar una jornada omitida, dejando constancia de que se registró fuera de fecha	N-25	Encargado
RU-09	El encargado debe poder registrar los préstamos otorgados y los abonos recibidos, vinculados al trabajador y a la jornada	N-15	Encargado
RU-10	El sistema debe determinar por sí mismo el tipo de cada hora trabajada y el trabajo suplementario del día	N-08, N-10	Administrador

ID	Requisito de usuario	Necesidad de origen	Rol destinatario
RU-11	El administrador debe poder revisar la liquidación de un trabajador antes de emitir su comprobante	N-04, N-05, N-13, N-24	Administrador
RU-12	El administrador debe poder emitir el comprobante de un trabajador para el rango de fechas que elija	N-03, N-16, N-19	Administrador
RU-13	El administrador debe poder recuperar y reimprimir cualquier comprobante emitido con anterioridad, con su contenido original	N-17, N-18	Administrador
RU-14	El administrador debe poder verificar el origen de cada registro que sustenta una liquidación	N-01, N-25	Administrador
RU-15	El usuario debe poder operar el sistema desde cualquier dispositivo con navegador y leer sus pantallas con comodidad	N-23, N-26	Ambos

Nota. Elaboración propia. Los requisitos de usuario se enuncian de forma independiente de la tecnología y constituyen el nivel intermedio entre las necesidades del apartado 10.8 y los requerimientos funcionales del apartado 10.12.

10.12. Requerimientos funcionales

Se especifican a continuación los veintidós requerimientos funcionales del sistema. La columna de origen indica el hallazgo del que proviene cada uno y permite distinguir los solicitados expresamente por el administrador de los propuestos por la estudiante y aceptados en la reunión de levantamiento.

Tabla 19*Catálogo de requerimientos funcionales con su origen documentado*

ID	Requerimiento	Rol	Origen	Módulo que lo implementa	Evidencia
RF-01	Autenticar a los usuarios mediante nombre de usuario y contraseña, y permitir el cierre de la sesión a voluntad del usuario	Ambos	H-20	Autenticación	Figura H2
RF-02	Bloquear la cuenta de forma temporal tras cinco intentos fallidos	Ambos	H-22	Autenticación	Figura H3
RF-03	Exigir el cambio de la clave temporal en el primer ingreso y permitir el cambio de clave por iniciativa del usuario	Ambos	H-21, H-22	Cambio de clave	Figura D2
RF-04	Restringir el acceso a cada sección según el rol del usuario	Ambos	H-02, H-20	Autenticación	Figura H2
RF-05	Registrar, editar y eliminar trabajadores	Administrador	H-21	Gestión de usuarios	Figura D6
RF-06	Generar automáticamente el usuario y la clave temporal del trabajador	Administrador	H-21	Gestión de usuarios	Figura D6
RF-07	Parametrizar los valores por hora y las horas de la jornada legal	Administrador	H-07, H-09, H-11, H-12, H-14	Configuración de valores	Figuras D8 y H7
RF-08	Administrar el catálogo de turnos configurados	Administrador	H-06	Configuración de valores	Figura D8

ID	Requerimiento	Rol	Origen	Módulo que lo implementa	Evidencia
RF-09	Registrar los turnos trabajados en estado de borrador	Encargado	H-01, H-02 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Registro de turnos	Figura D3
RF-10	Editar y eliminar registros mientras permanezcan en borrador	Encargado	H-02 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Registro de turnos	Figura H6
RF-11	Confirmar los registros del día para que entren en la liquidación	Encargado	H-02 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Registro de turnos	Figura D4
RF-12	Marcar los registros hechos fuera de fecha y limitarlos a siete días	Encargado	H-25 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Registro de turnos	Figura H6
RF-13	Registrar préstamos y abonos asociados al turno	Encargado	H-15	Registro de turnos	Tabla I2
RF-14	Clasificar las horas en diurnas, nocturnas, dominicales y festivas	Sistema	H-06, H-09, H-10	Generación de comprobantes	Figuras H9 y H11
RF-15	Calcular las horas extra a partir del exceso sobre la jornada	Sistema	H-07, H-08	Generación de comprobantes	Figura H9
RF-16	Liquidar los devengos y las deducciones del periodo	Administrador	H-04, H-05, H-12, H-13, H-15, H-19	Generación de comprobantes	Tabla I2
RF-17	Emitir el comprobante con numeración consecutiva	Administrador	H-05, H-16, H-19	Generación de comprobantes	Figura D9
RF-18	Conservar en el comprobante una copia inmutable de los datos del trabajador	Sistema	H-18	Generación de comprobantes	Figura 12

ID	Requerimiento	Rol	Origen	Módulo que lo implementa	Evidencia
RF-19	Consultar el historial de comprobantes emitidos	Administrador	H-17 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Historial de comprobantes	Figura H5
RF-20	Reimprimir un comprobante ya emitido	Administrador	H-17 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Historial de comprobantes	Figura D10
RF-21	Liquidar por un rango de fechas seleccionable	Administrador	H-03 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Generación de comprobantes	Figura D9
RF-22	Consultar la auditoría de los registros de turno	Administrador	H-01, H-25 (propuesto y aceptado, Acta G1)	Auditoría	Figura H6

Nota. Elaboración propia. La columna de origen remite a la matriz de hallazgos del apartado 10.5. La columna de evidencia remite a la captura de interfaz o al fragmento de código que acredita el requerimiento; en los casos de los módulos de historial de comprobantes y de auditoría, para los que no se incorporó captura de interfaz, remite a la declaración de rutas de la Figura H5, que acredita su existencia pero no su comportamiento. Los requerimientos identificados como propuestos derivan de las cuatro funcionalidades que la estudiante planteó a partir de las dificultades descritas por el administrador durante la entrevista, y que fueron aceptadas e incorporadas al alcance en la reunión de levantamiento según consta en la Tabla G1. Ocho requerimientos llevan esa marca porque algunas de las cuatro funcionalidades se especificaron en más de un requerimiento; la auditoría de los registros de turno, que la Tabla G1 no enumera de manera separada, se incorporó en la misma reunión como componente de la trazabilidad solicitada sobre el registro de jornadas.

10.13. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales se clasifican según las características de calidad de la norma ISO/IEC 25010, con excepción del RNF-13, que no corresponde a ninguna de ellas y se consigna como restricción de proyecto. Todos ellos se acompañan del criterio que permite verificar su cumplimiento.

Tabla 20

Catálogo de requerimientos no funcionales con su criterio de verificación

ID	Categoría	Requerimiento	Criterio de verificación	Evidencia
RNF-01	Seguridad	Las contraseñas se almacenan mediante función de derivación de clave y nunca en texto plano	La inspección del registro de la base de datos muestra un valor de resumen y no la contraseña; el sistema nunca la devuelve al cliente	Figura H3
RNF-02	Seguridad	Todos los formularios y las peticiones asíncronas incorporan un testigo de protección frente a falsificación de peticiones	Una petición emitida sin testigo válido es rechazada por el servidor	Figura H4; Tabla 47 del apartado 13.3
RNF-03	Seguridad	La cookie de sesión se emite con los atributos que impiden su lectura desde el cliente y su envío en contexto cruzado, y se exige segura en producción	La inspección de la respuesta muestra los atributos configurados	Figura H4
RNF-04	Seguridad	El acceso al sistema se realiza únicamente sobre HTTPS	Toda petición sobre protocolo no cifrado es redirigida al canal seguro	Figura E1
RNF-05	Seguridad	El control de acceso por rol se verifica en el servidor en cada petición y no únicamente en la interfaz	Una petición directa a una ruta ajena al rol del usuario es denegada	Figura H2; Tabla 47 del apartado 13.3
RNF-06	Usabilidad	La interfaz es adaptable y funciona desde cualquier navegador sin instalación previa	Las pantallas conservan la totalidad de sus funciones en anchos de escritorio y de teléfono	Figuras D1 a D10
RNF-07	Usabilidad	El tamaño de la tipografía permite leer las pantallas con comodidad	El usuario principal confirma la legibilidad en la sesión de validación	Tabla G3
RNF-08	Mantenibilidad	La aplicación se organiza en capas siguiendo el	La estructura de directorios refleja la separación de	Figuras 11 y H1

ID	Categoría	Requerimiento	Criterio de verificación	Evidencia
		patrón Modelo-Vista-Controlador	responsabilidades declarada en el diseño	
RNF-09	Mantenibilidad	Los valores legales y de jornada se modifican desde la aplicación, sin intervenir el código fuente	Un cambio de tarifa se aplica sin necesidad de un nuevo despliegue	Figuras D8, H7 y H8
RNF-10	Portabilidad	El mismo código opera sobre el motor de desarrollo y sobre el de producción	La aplicación se ejecuta sin modificación de consultas en ambos entornos	Figura E2
RNF-11	Fiabilidad	La información persiste entre despliegues sucesivos de la aplicación	Los datos registrados antes de un despliegue permanecen disponibles después de él	Figura E1
RNF-12	Eficiencia de desempeño	El ciclo completo de liquidación de un trabajador, desde el registro de sus turnos hasta la emisión del comprobante, se completa en menos de diez minutos	Medición cronometrada del ciclo, contrastada con la línea base del apartado 10.6	Apartado 14
RNF-13	Restricción de proyecto	La solución se construye íntegramente con tecnologías de código abierto o de capa gratuita	La totalidad de los componentes de la pila carece de costo de licencia	Tabla 6

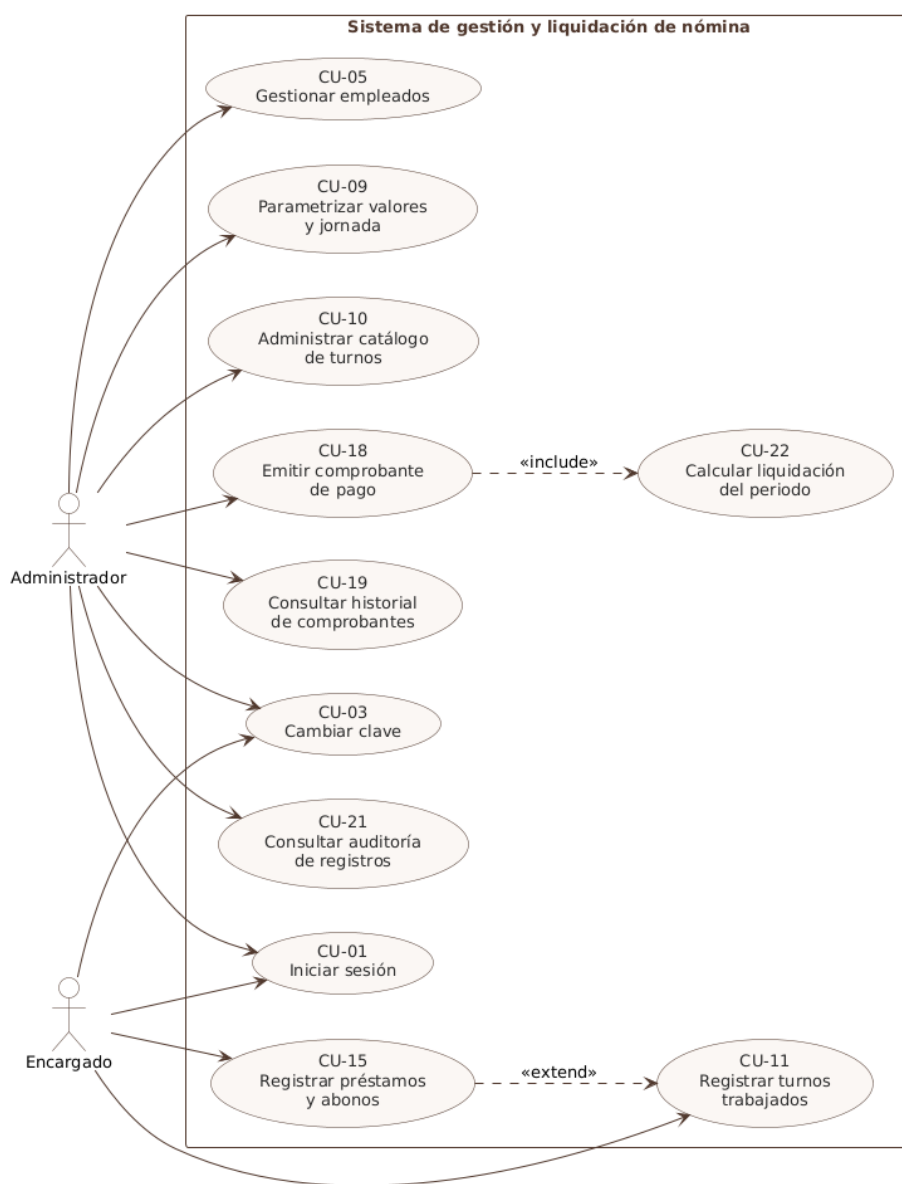
Nota. Elaboración propia. Ocho de los trece requerimientos no funcionales —RNF-01 a RNF-04, RNF-08, RNF-10, RNF-11 y RNF-13— no derivan de un hallazgo del levantamiento sino del marco de referencia del capítulo 2: los de seguridad, de las recomendaciones de OWASP recogidas en el apartado 2.3.5; los de mantenibilidad y portabilidad, del modelo de calidad de la ISO/IEC 25010; y el RNF-13, de una restricción del propio proyecto. Por esa razón no figuran en la matriz de trazabilidad del apartado 10.21, que relaciona hallazgos con requerimientos. Los requerimientos RNF-05 y RNF-12 tienen a su vez un origen distinto: el primero, por corresponder a un control declarado en el marco de seguridad que carecía de requerimiento propio; el segundo, por constituir el atributo de eficiencia que el quinto objetivo específico se compromete a medir.

10.14. Diagrama general de casos de uso

El modelo de casos de uso representa el comportamiento del sistema desde la perspectiva de sus actores. El diagrama general presenta el sistema completo con sus dos actores y sus casos de uso principales.

Figura 2

Diagrama general de casos de uso del sistema



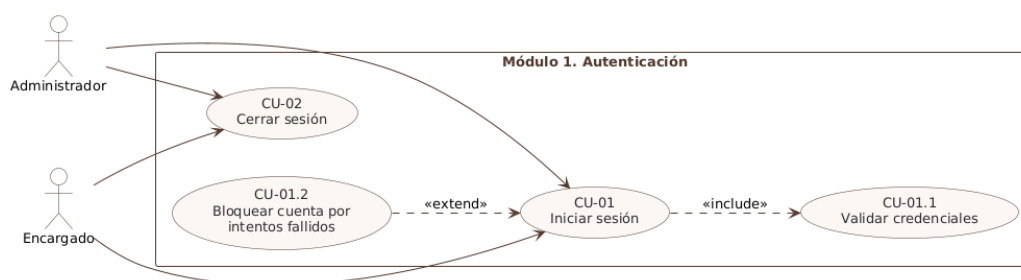
Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. Los casos de uso CU-01 y CU-03 son comunes a ambos actores. La relación de inclusión indica que la emisión del comprobante incorpora obligatoriamente el cálculo de la liquidación; la de extensión, que el registro de préstamos y abonos amplía el registro de la jornada bajo la condición de que se haya presentado la novedad. El trabajador no figura como actor por no disponer de credenciales de acceso.

10.15. Diagramas de casos de uso por módulo funcional

El diagrama general se desagrega a continuación en ocho diagramas, uno por cada módulo funcional del sistema, que detallan los casos de uso secundarios y las relaciones de inclusión y extensión de cada uno.

Figura 3

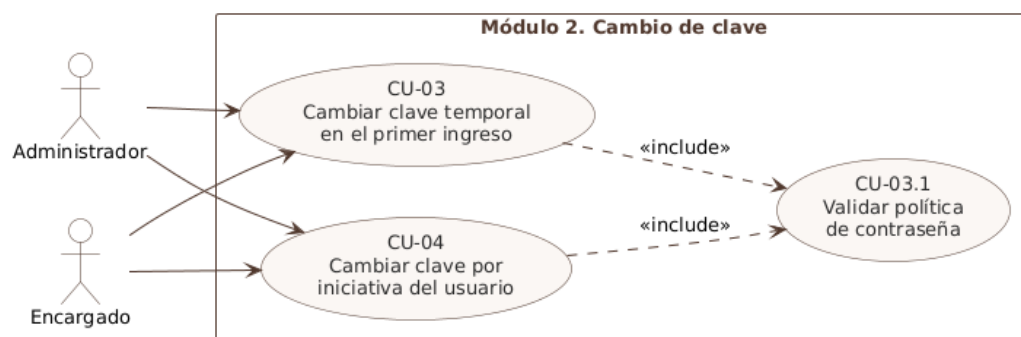
Casos de uso del módulo de autenticación



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. La validación de credenciales es un comportamiento incluido de forma obligatoria en el inicio de sesión; el bloqueo por intentos fallidos extiende ese caso de uso bajo la condición de alcanzarse el número configurado de fallos consecutivos.

Figura 4

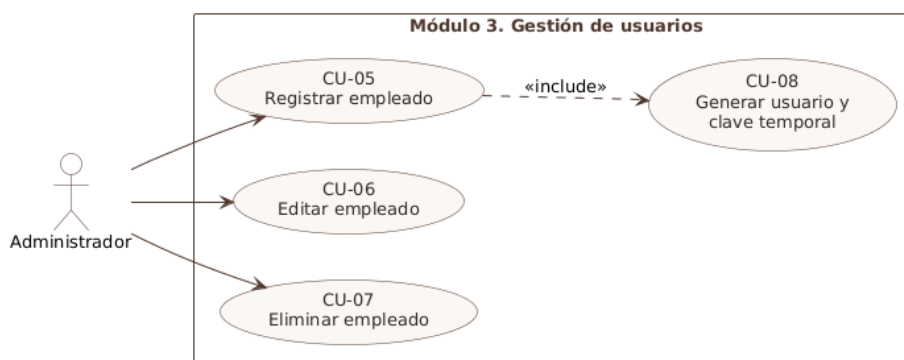
Casos de uso del módulo de cambio de clave



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. Ambos casos de uso incluyen la validación de la política de contraseña. El cambio en el primer ingreso es obligatorio y bloquea el acceso al resto del sistema hasta su ejecución.

Figura 5

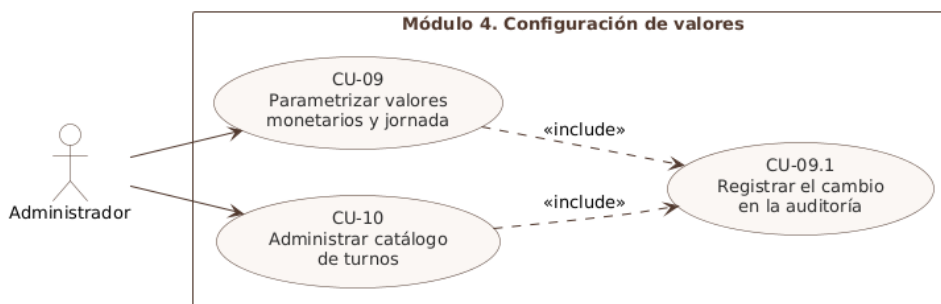
Casos de uso del módulo de gestión de usuarios



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. La generación del usuario y de la clave temporal es un comportamiento incluido en el registro de una persona y no un caso de uso que el actor pueda invocar de forma independiente.

Figura 6

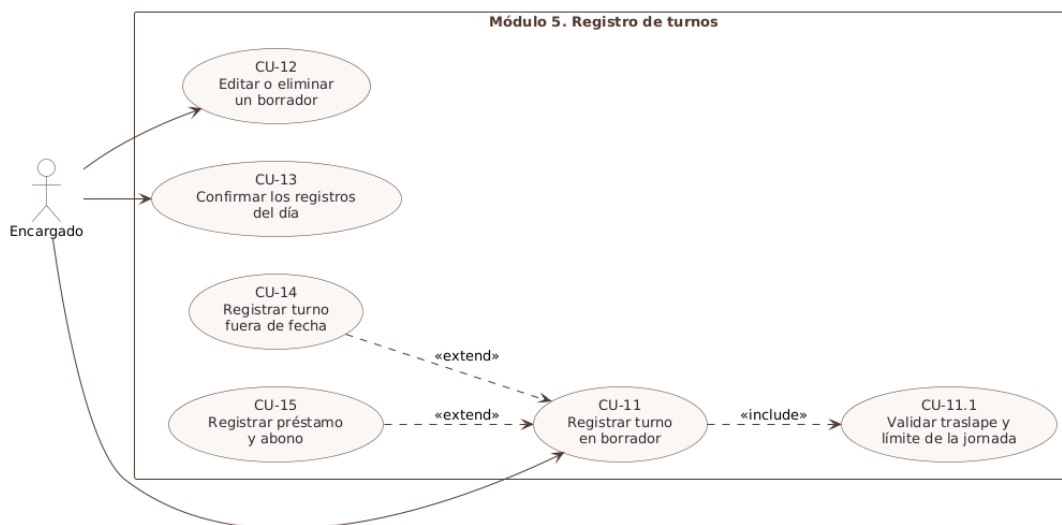
Casos de uso del módulo de configuración de valores



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. Ambos casos de uso registran la fecha de la última actualización de cada parámetro. Se precisa que el sistema no conserva el histórico de los valores anteriores, limitación declarada en el apartado 6.4 y cuya subsanación se formula como recomendación en el apartado 15.1.

Figura 7

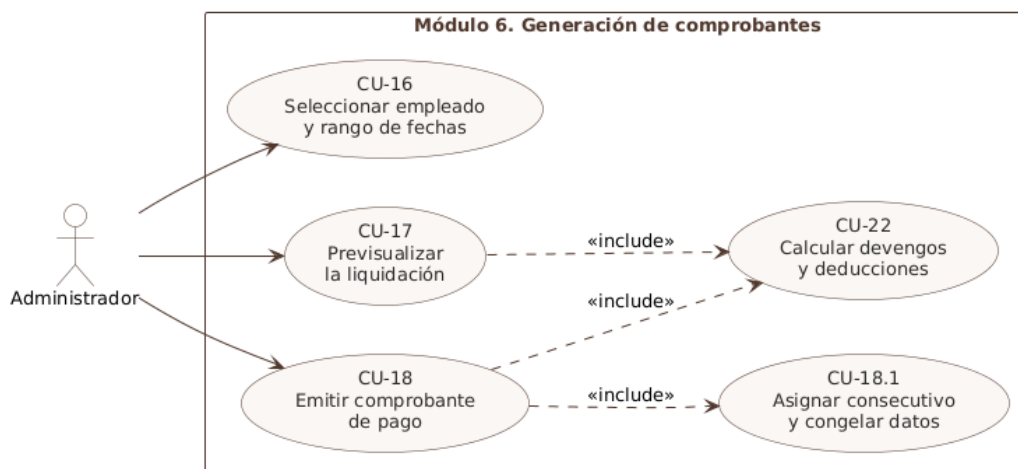
Casos de uso del módulo de registro de turnos



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. El registro fuera de fecha y el registro de préstamos y abonos extienden el caso de uso base bajo condición. La validación de traslape y del límite de la jornada es un comportamiento incluido de forma obligatoria.

Figura 8

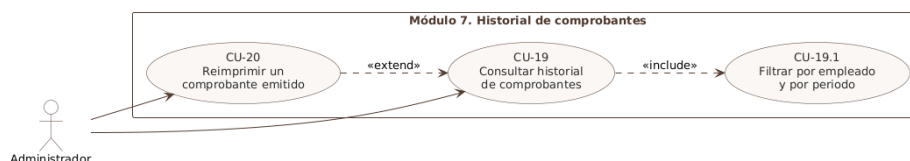
Casos de uso del módulo de generación de comprobantes



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. Tanto la previsualización como la emisión incluyen el cálculo de devengos y deducciones; únicamente la emisión incluye la asignación del consecutivo y la conservación inmutable de los datos del trabajador.

Figura 9

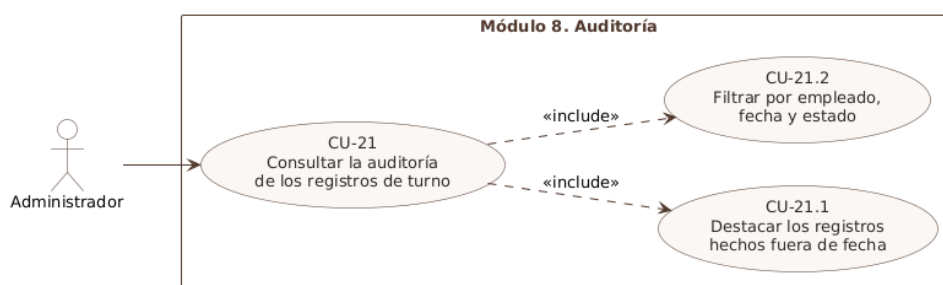
Casos de uso del módulo de historial de comprobantes



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. La reimpresión extiende la consulta del historial, dado que solo puede ejecutarse sobre un comprobante previamente localizado.

Figura 10

Casos de uso del módulo de auditoría



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. El destacado de los registros efectuados fuera de fecha y el filtrado son comportamientos incluidos en la consulta de auditoría.

10.16. Documentación textual de los casos de uso

Se documentan a continuación, conforme a la plantilla propuesta por Booch et al. (2005), los casos de uso principales de cada módulo. Los casos de uso secundarios, correspondientes a comportamientos incluidos o extendidos, se relacionan en la tabla de síntesis que cierra el apartado.

Tabla 21

CU-01. Iniciar sesión

Elemento	Descripción
Identificador	CU-01
Nombre	Iniciar sesión

Elemento	Descripción
Actor principal	Administrador, Encargado
Módulo	Autenticación
Precondición	El usuario dispone de una cuenta activa creada por el administrador
Flujo principal	1. El usuario abre la pantalla de ingreso. 2. Digita su nombre de usuario y su contraseña. 3. El sistema valida las credenciales. 4. El sistema establece la sesión y presenta el menú correspondiente al rol
Flujos alternativos	3a. Si la clave está marcada como temporal, el sistema redirige a CU-03 y no permite el acceso a ninguna otra pantalla
Excepciones	3b. Credenciales inválidas: el sistema deniega el acceso, incrementa el contador de intentos fallidos y presenta un mensaje que no revela cuál dato es incorrecto. 3c. Cuenta bloqueada: el sistema informa la condición y el tiempo restante de bloqueo
Postcondición	El usuario queda autenticado con una sesión activa asociada a su rol, o el acceso queda denegado y el intento registrado
Requerimientos asociados	RF-01, RF-02, RF-04

Tabla 22

CU-03. Cambiar la clave temporal en el primer ingreso

Elemento	Descripción
Identificador	CU-03
Nombre	Cambiar la clave temporal en el primer ingreso
Actor principal	Administrador, Encargado
Módulo	Cambio de clave
Precondición	El usuario se autenticó con una clave marcada como temporal
Flujo principal	1. El sistema presenta la pantalla de cambio obligatorio. 2. El usuario digita la nueva contraseña y su confirmación. 3. El sistema valida la política de contraseña. 4. El sistema almacena el resumen de la nueva contraseña y retira la marca de temporalidad. 5. El sistema conduce al usuario al menú de su rol

Elemento	Descripción
Flujos alternativos	2a. El usuario intenta navegar a otra pantalla: el sistema lo devuelve a la de cambio de clave
Excepciones	3a. La contraseña no cumple la política o no coincide con su confirmación: el sistema lo informa y solicita corregirla
Postcondición	La cuenta queda con una contraseña definitiva conocida únicamente por su titular
Requerimientos asociados	RF-03

Tabla 23*CU-05. Registrar un trabajador*

Elemento	Descripción
Identificador	CU-05
Nombre	Registrar un trabajador
Actor principal	Administrador
Módulo	Gestión de usuarios
Precondición	El administrador se encuentra autenticado
Flujo principal	1. El administrador abre el formulario de registro. 2. Digita los datos de identidad del trabajador y su rol. 3. El sistema valida que el documento no se encuentre registrado. 4. El sistema genera el nombre de usuario y una clave temporal. 5. El sistema almacena el registro y presenta las credenciales generadas
Flujos alternativos	2a. El registro corresponde a un encargado: el sistema habilita para esa cuenta el acceso al módulo de registro de turnos
Excepciones	3a. El documento ya se encuentra registrado: el sistema lo informa y no crea el registro. 3b. Datos obligatorios incompletos: el sistema señala los campos faltantes
Postcondición	El trabajador queda disponible para el registro de turnos y, si corresponde, con credenciales de acceso

Elemento	Descripción
Requerimientos asociados	RF-05, RF-06

Tabla 24

CU-09. Parametrizar los valores monetarios y de jornada

Elemento	Descripción
Identificador	CU-09
Nombre	Parametrizar los valores monetarios y de jornada
Actor principal	Administrador
Módulo	Configuración de valores
Precondición	El administrador se encuentra autenticado
Flujo principal	1. El administrador abre la pantalla de configuración. 2. El sistema presenta los parámetros vigentes. 3. El administrador modifica uno o varios valores. 4. El sistema valida el formato y el rango de cada valor. 5. El sistema almacena los nuevos valores y actualiza la fecha de modificación de cada parámetro
Flujos alternativos	3a. El administrador modifica las horas de la jornada: el sistema advierte que el cambio altera el umbral a partir del cual se reconocen las horas extra
Excepciones	4a. Valor no numérico o negativo: el sistema lo rechaza y conserva el valor anterior
Postcondición	Los nuevos valores rigen para las liquidaciones emitidas con posterioridad al cambio; las ya emitidas conservan los valores con que fueron calculadas
Requerimientos asociados	RF-07, RF-08

Tabla 25*CU-11. Registrar un turno trabajado*

Elemento	Descripción
Identificador	CU-11
Nombre	Registrar un turno trabajado
Actor principal	Encargado
Módulo	Registro de turnos
Precondición	El encargado se encuentra autenticado y existe al menos un trabajador activo y un turno configurado
Flujo principal	1. El encargado abre la pantalla de registro diario. 2. Selecciona el trabajador, la fecha y el turno. 3. El sistema valida que la jornada no se traslape con otra ya registrada y que no exceda el límite configurado. 4. El encargado declara, si corresponde, las horas extra. 5. El sistema almacena el registro en estado de borrador
Flujos alternativos	2a. La fecha es anterior al día en curso: se ejecuta CU-14, que marca el registro como efectuado fuera de fecha. 4a. Se presentó préstamo o abono: se ejecuta CU-15
Excepciones	3a. La jornada se traslapa con otra del mismo trabajador: el sistema rechaza el registro. 3b. La fecha es anterior a siete días: el sistema no admite el registro e indica que la jornada debe incorporarse por fuera de la aplicación. Se deja constancia de que el rol de administrador no dispone de acceso al módulo de registro de turnos, de modo que el sistema no ofrece hoy ninguna ruta para atender este supuesto; su resolución se formula como recomendación en el apartado 15.1
Postcondición	El turno queda registrado en estado de borrador, disponible para su corrección y pendiente de confirmación
Requerimientos asociados	RF-09, RF-10, RF-12, RF-13

Tabla 26*CU-13. Confirmar los registros del día*

Elemento	Descripción
Identificador	CU-13
Nombre	Confirmar los registros del día
Actor principal	Encargado
Módulo	Registro de turnos
Precondición	Existe al menos un registro en estado de borrador para la fecha
Flujo principal	1. El encargado revisa los registros del día. 2. Solicita la confirmación. 3. El sistema presenta el resumen de lo que se confirmará. 4. El encargado acepta. 5. El sistema cambia el estado de los registros y los deja disponibles para la liquidación
Flujos alternativos	1a. El encargado detecta un error: ejecuta CU-12 para corregirlo o eliminarlo antes de confirmar
Excepciones	4a. No existen registros en borrador: el sistema informa que no hay nada por confirmar
Postcondición	Los registros quedan confirmados, dejan de admitir modificación y se incorporan a la liquidación del periodo
Requerimientos asociados	RF-11

Tabla 27*CU-18. Emitir el comprobante de pago*

Elemento	Descripción
Identificador	CU-18
Nombre	Emitir el comprobante de pago
Actor principal	Administrador
Módulo	Generación de comprobantes

Elemento	Descripción
Precondición	Existen registros de turno confirmados para el trabajador dentro del rango de fechas seleccionado
Flujo principal	1. El administrador selecciona el trabajador y el rango de fechas (CU-16). 2. El sistema recupera los turnos confirmados del periodo. 3. El sistema clasifica las horas y determina el trabajo suplementario (CU-22). 4. El sistema calcula los devengos, las deducciones y el saldo de préstamos. 5. El sistema presenta la vista previa (CU-17). 6. El administrador confirma la emisión. 7. El sistema asigna el consecutivo, conserva una copia inmutable de los datos del trabajador y almacena el comprobante
Flujos alternativos	5a. El administrador identifica un dato incorrecto: cancela la emisión, solicita la corrección del registro y reinicia el caso de uso
Excepciones	2a. No existen turnos confirmados en el rango: el sistema informa que no hay información para liquidar. 7a. Falla el almacenamiento: el sistema no asigna consecutivo y conserva la operación sin efecto
Postcondición	El comprobante queda emitido con un número consecutivo único y disponible en el historial para su consulta y reimpresión
Requerimientos asociados	RF-14, RF-15, RF-16, RF-17, RF-18, RF-21

Tabla 28

CU-19. Consultar el historial de comprobantes

Elemento	Descripción
Identificador	CU-19
Nombre	Consultar el historial de comprobantes
Actor principal	Administrador
Módulo	Historial de comprobantes
Precondición	Existe al menos un comprobante emitido
Flujo principal	1. El administrador abre el historial. 2. El sistema presenta los comprobantes emitidos con su consecutivo, trabajador, periodo y

Elemento	Descripción
	valor neto. 3. El administrador filtra por trabajador o por periodo. 4. El sistema presenta el subconjunto correspondiente
Flujos alternativos	4a. El administrador selecciona un comprobante para reimprimirlo: se ejecuta CU-20, que lo presenta con idéntico contenido al de su emisión
Excepciones	2a. No existen comprobantes emitidos: el sistema presenta el historial vacío con el mensaje correspondiente
Postcondición	El administrador dispone de la relación de comprobantes emitidos y, en su caso, del documento reimpresso
Requerimientos asociados	RF-19, RF-20

Tabla 29

CU-21. Consultar la auditoría de los registros de turno

Elemento	Descripción
Identificador	CU-21
Nombre	Consultar la auditoría de los registros de turno
Actor principal	Administrador
Módulo	Auditoría
Precondición	Existe al menos un registro de turno en el sistema
Flujo principal	1. El administrador abre la vista de auditoría. 2. El sistema presenta todos los registros con su autor, su fecha de captura, su estado y su condición de registro dentro o fuera de fecha. 3. El administrador filtra por trabajador, por fecha o por estado. 4. El sistema destaca los registros efectuados fuera de fecha
Flujos alternativos	3a. El administrador identifica un registro extemporáneo que requiere verificación: contrasta la información con el encargado
Excepciones	2a. No existen registros: el sistema presenta la vista vacía
Postcondición	El administrador dispone de la información que permite reconstruir el origen de cada dato que sustenta una liquidación

Elemento	Descripción
Requerimientos asociados	RF-22

Los casos de uso secundarios, que corresponden a comportamientos incluidos o extendidos y que no son invocados de forma autónoma por un actor, se relacionan a continuación.

Tabla 30

Síntesis de los casos de uso secundarios

ID	Nombre	Actor	Relación con el caso de uso base	Requerimiento asociado
CU-02	Cerrar sesión	Ambos	Autónomo, sin relación estructural	RF-01
CU-04	Cambiar la clave por iniciativa del usuario	Ambos	Autónomo; incluye la validación de la política de contraseña	RF-03
CU-06	Editar los datos de un trabajador	Administrador	Autónomo	RF-05
CU-07	Eliminar un trabajador	Administrador	Autónomo; conserva los comprobantes ya emitidos	RF-05
CU-08	Generar el usuario y la clave temporal	—	Incluido en CU-05	RF-06
CU-10	Administrar el catálogo de turnos	Administrador	Autónomo	RF-08
CU-12	Editar o eliminar un registro en borrador	Encargado	Autónomo, condicionado al estado de borrador	RF-10
CU-14	Registrar un turno fuera de fecha	Encargado	Extiende CU-11	RF-12
CU-15	Registrar un préstamo o un abono	Encargado	Extiende CU-11	RF-13

ID	Nombre	Actor	Relación con el caso de uso base	Requerimiento asociado
CU-16	Seleccionar el trabajador y el rango de fechas	Administrador	Paso inicial de CU-18	RF-21
CU-17	Previsualizar la liquidación	Administrador	Incluido en CU-18; incluye CU-22	RF-16
CU-20	Reimprimir un comprobante emitido	Administrador	Extiende CU-19	RF-20
CU-22	Calcular los devengos y las deducciones	—	Incluido en CU-17 y CU-18	RF-14, RF-15, RF-16

Nota. Elaboración propia. Los casos de uso sin actor declarado corresponden a comportamientos incluidos, que se ejecutan como parte de otro caso de uso y no son invocados directamente por un actor.

10.17. Alcance del sistema en entradas, procesos y salidas

El alcance funcional del sistema se expresa a continuación en términos de la información que recibe, las transformaciones que ejecuta y los productos que entrega.

Tabla 31

Alcance del sistema en entradas, procesos y salidas

Entradas	Procesos	Salidas
Datos de identidad del trabajador y su rol	Generación del usuario y de la clave temporal; validación de unicidad del documento	Relación de trabajadores activos y credenciales de acceso
Tarifas por hora, valores de descuento y horas de la jornada	Almacenamiento de los parámetros y actualización de su fecha de modificación	Configuración vigente aplicable a las liquidaciones posteriores
Catálogo de turnos con sus horarios	Validación de los horarios y activación o desactivación de cada turno	Opciones disponibles para el registro diario
Jornadas trabajadas, con fecha, trabajador, turno y horas extra declaradas	Validación de traslape y de límite; marcado del registro fuera de fecha; confirmación del día	Registros de turno confirmados y disponibles para liquidar
Préstamos otorgados y abonos recibidos	Asociación a la jornada y al trabajador; acumulación del saldo pendiente	Saldo de obligaciones del trabajador con el negocio
Trabajador y rango de fechas a liquidar	Clasificación de las horas por franja y por día; determinación del trabajo suplementario; cálculo de devengos, deducciones y neto	Vista previa de la liquidación y comprobante de pago con numeración consecutiva
Credenciales de acceso	Validación contra el resumen almacenado; control de intentos fallidos; verificación del rol en cada petición	Sesión autenticada con permisos acotados al rol

Nota. Elaboración propia. La correspondencia entre estas entradas, procesos y salidas y los ocho módulos funcionales del sistema se presenta en la tabla siguiente.

Las características identificadas en el apartado 10.8 se materializan en ocho módulos funcionales, cuya relación con el rol que los opera se presenta a continuación.

Tabla 32

Módulos funcionales del sistema

Módulo	Rol que lo opera	Función principal	Característica que atiende
Autenticación	Ambos	Inicio de sesión con bloqueo por intentos fallidos y verificación del rol en cada petición	C-01
Cambio de clave	Ambos	Cambio obligatorio en el primer ingreso y cambio voluntario posterior	C-01
Gestión de usuarios	Administrador	Registro, edición y eliminación de trabajadores, con generación de credenciales	C-01
Configuración de valores	Administrador	Administración de los parámetros monetarios y de jornada y del catálogo de turnos	C-02
Registro de turnos	Encargado	Captura diaria de las jornadas, con borradores, control de fecha y novedades	C-03, C-04
Generación de comprobantes	Administrador	Clasificación de horas, cálculo de la liquidación y emisión con numeración consecutiva	C-05, C-06
Historial de comprobantes	Administrador	Consulta y reimpresión de los comprobantes emitidos	C-06
Auditoría	Administrador	Consulta de todos los registros con su autor, su	C-07

Módulo	Rol que lo opera	Función principal	Característica que atiende
		fecha de captura y su condición	

Nota. Elaboración propia. La característica C-08, relativa a la accesibilidad y la comodidad de uso, es transversal a la totalidad de los módulos y se especifica en los requerimientos no funcionales RNF-06 y RNF-07.

10.18. Análisis de riesgos

Se identifican a continuación los riesgos del proyecto, clasificados conforme a la tipología de Pressman y Maxim (2021) en riesgos de cliente, de proceso y de producto. Para cada uno se estima su probabilidad y su impacto y se declara la medida de mitigación adoptada.

Tabla 33

Análisis de riesgos del proyecto

ID	Tipo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Medida de mitigación adoptada
R-01	Cliente	El administrador no dispone del tiempo necesario para validar los entregables en los momentos previstos	Media	Alto	Concentrar la validación en tres reuniones presenciales acordadas con antelación y documentadas mediante acta
R-02	Cliente	Los requerimientos se amplían durante la construcción con funcionalidades no previstas	Alta	Medio	Fijar el alcance en el acta de levantamiento e incorporar las funcionalidades adicionales únicamente con aceptación expresa registrada
R-03	Cliente	La información sobre tarifas y reglas proviene de una	Media	Alto	Triangular lo declarado en la entrevista con la observación del

ID	Tipo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Medida de mitigación adoptada
		única fuente y puede resultar incompleta			procedimiento y con los registros históricos
R-04	Proceso	El desarrollo depende de una sola persona, sin respaldo ante una eventualidad	Media	Alto	Mantener el código en un repositorio remoto con historial de cambios y documentar cada iteración
R-05	Proceso	El cronograma se desplaza por la concurrencia del proyecto con la carga académica	Alta	Medio	Priorizar las iteraciones por valor para el negocio, de modo que un desplazamiento afecte primero a las funcionalidades accesorias
R-06	Proceso	La ausencia de pruebas automatizadas impide detectar regresiones al modificar el sistema	Alta	Medio	Ejecutar el plan de pruebas funcionales completo después de cada cambio que afecte el cálculo; el riesgo se materializó y se atendió construyendo una suite automatizada sobre el módulo de liquidación (apartado 14.3)
R-07	Producto	Un cambio normativo posterior deja obsoletas las reglas implementadas	Alta	Alto	Diseñar los valores de liquidación como parámetros editables desde la aplicación, sin intervención sobre el código
R-08	Producto	El cálculo de la liquidación produce un resultado incorrecto no advertido	Media	Alto	Contrastar cada escenario del plan de pruebas contra un cálculo independiente y presentar la vista previa antes de la emisión
R-09	Producto	El motor de base de datos de producción se comporta de forma	Alta	Medio	Interponer una capa de adaptación que traduzca

ID	Tipo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Medida de mitigación adoptada
		distinta al de desarrollo			las consultas entre ambos motores
R-10	Producto	La suspensión del servicio por inactividad propia del plan gratuito impide el acceso en el momento en que se requiere	Alta	Medio	Configurar un mecanismo externo de mantenimiento activo durante el periodo de pruebas y declarar la limitación en el apartado 7
R-11	Producto	La pérdida de los datos de producción por ausencia de copias de seguridad automáticas	Baja	Alto	Declarar la limitación de forma expresa y recomendar la migración a un plan con respaldo automático
R-12	Producto	Un error de digitación o una omisión al actualizar los parámetros deriva en una liquidación que no corresponde a los valores legales vigentes, sin que el sistema lo advierta	Media	Alto	Conservar la fecha de la última modificación de cada parámetro y declarar el alcance de la conformidad en el apartado 6.4; la validación automática frente al salario mínimo se especifica como evolución prioritaria

Nota. Elaboración propia. La estimación de probabilidad e impacto corresponde a la valoración de la autora al inicio del proyecto y corresponde al momento de la planificación y se conserva sin recalcular; la columna de mitigación incorpora, cuando procede, la traza de lo efectivamente ocurrido. Los riesgos R-06, R-09, R-10 y R-12 se materializaron. El de R-12 lo hizo en la forma del divisor empleado para derivar las tarifas de la configuración de pruebas, según se documenta en el apartado 2.4.5: un valor digitado que no corresponde a la jornada legal vigente y que el sistema aplicó sin advertirlo, que es exactamente el supuesto que el riesgo anticipaba. Los restantes se materializaron durante la ejecución y su tratamiento se documenta en el apartado 6.

10.19. Cronograma de actividades por iteración

El desarrollo se organizó en ocho iteraciones, cada una de las cuales produjo un incremento funcional verificable. El cronograma siguiente relaciona cada iteración con su entregable, su duración y su punto de validación.

Tabla 34

Cronograma del proyecto por iteración

Iteración	Entregable	Descripción del incremento	Duración	Punto de validación
Preparatoria	Levantamiento de requerimientos	Entrevista de levantamiento y especificación inicial de requerimientos	Abril de 2026	Reunión del 13 de abril de 2026 (Acta G1)
Diseño	Mockups de la interfaz	Diseño de la totalidad de las pantallas y su ajuste según observaciones	Abril y mayo de 2026	Reuniones del 27 de abril y del 4 de mayo de 2026 (Actas G2 y G3)
Iteración 1	Ingreso y cambio de clave	Autenticación con bloqueo por intentos y cambio obligatorio de clave temporal	Mayo de 2026	Revisión informal con el administrador
Iteración 2	Gestión de usuarios	Registro, edición y eliminación de trabajadores con generación de credenciales	Mayo de 2026	Revisión informal con el administrador
Iteración 3	Configuración	Parámetros monetarios y de jornada y catálogo de turnos	Mayo de 2026	Revisión informal con el administrador
Iteración 4	Comprobantes	Cálculo de la liquidación y emisión con numeración consecutiva	Mayo y junio de 2026	Revisión informal con el administrador

Iteración	Entregable	Descripción del incremento	Duración	Punto de validación
Iteración 5	Historial y auditoría	Consulta y reimpresión de comprobantes y vista de auditoría	Junio de 2026	Revisión informal con el administrador
Iteración 6	Rol de encargado	Registro diario de turnos con borradores y control de registro fuera de fecha	Junio de 2026	Revisión informal con el administrador
Iteración 7	Refinamiento de la interfaz	Ajuste tipográfico, indicadores de carga y notificaciones de resultado	Junio de 2026	Sesión de prueba guiada con el administrador (sin acta)
Iteración 8	Despliegue	Adaptación entre motores de base de datos y despliegue en producción	Junio de 2026	Verificación de persistencia y acceso público
Revisión normativa y corrección	Correcciones y pruebas automatizadas	Cotejo de las reglas de negocio frente al articulado, corrección de los tres defectos de cálculo del apartado 11.4 y construcción de la suite de pruebas automatizadas	Julio de 2026	Suite de pruebas en verde
Cierre	Evaluación y documentación	Medición de la línea base y del ciclo sobre el sistema, ejecución del plan de pruebas funcionales, evaluación de usabilidad y elaboración del informe	Agosto de 2026	Sesiones del 17 y 18 de agosto de 2026

Nota. Elaboración propia. El proyecto se ejecutó entre abril y agosto de 2026. No se conservó registro de la fecha exacta de inicio y fin de cada iteración, por lo que el cronograma se expresa por meses y solo se fechan con precisión los hitos de los que existe constancia documental: las tres

reuniones formales de abril y mayo, y las sesiones de evaluación del 17 y 18 de agosto. Los puntos de validación identificados como revisiones informales se cumplieron con el administrador al cierre de cada iteración y cada vez que una corrección lo hizo necesario, sin que se levantara acta; se consignan como tales en lugar de reconstruir fechas de forma aproximada.

10.20. Trazabilidad entre historias de usuario y requerimientos funcionales

La matriz siguiente verifica que toda historia de usuario cuenta con al menos un requerimiento funcional que la implementa y que todo requerimiento responde a una historia formulada por un rol.

Tabla 35

Matriz de trazabilidad entre historias de usuario y requerimientos funcionales

Historia	Requerimientos funcionales que la implementan	Caso de uso que la ejecuta
HU-01	RF-01, RF-04	CU-01
HU-02	RF-02	CU-01 (extensión de bloqueo)
HU-03	RF-03	CU-03
HU-04	RF-05	CU-05, CU-06, CU-07
HU-05	RF-06	CU-08 (incluido en CU-05)
HU-06	RF-07	CU-09
HU-07	RF-08	CU-10
HU-08	RF-09	CU-11
HU-09	RF-10	CU-12
HU-10	RF-11	CU-13
HU-11	RF-12	CU-14 (extiende CU-11)
HU-12	RF-13	CU-15 (extiende CU-11)
HU-13	RF-14, RF-15	CU-22 (incluido en CU-17 y CU-18)
HU-14	RF-16	CU-17
HU-15	RF-17, RF-18, RF-21	CU-16, CU-18

Historia	Requerimientos funcionales que la implementan	Caso de uso que la ejecuta
HU-16	RF-19, RF-20	CU-19, CU-20
HU-17	RF-22	CU-21
HU-18	RNF-06, RNF-07	Transversal a todos los casos de uso

Nota. Elaboración propia. La verificación de la matriz confirma que los veintidós requerimientos funcionales quedan cubiertos por las dieciocho historias de usuario y que ninguna historia carece de implementación. La historia HU-18 se satisface mediante requerimientos no funcionales, por corresponder a un atributo de calidad y no a un servicio del sistema. La columna de casos de uso registra el caso de uso principal asociado a cada historia, de modo que la matriz acredita la lectura directa —que ninguna historia carece de implementación— pero no la inversa. Los casos de uso secundarios CU-02 y CU-04, de carácter autónomo, no derivan de una historia de usuario y se relacionan con sus requerimientos en la Tabla 30.

10.21. Trazabilidad entre hallazgo, necesidad y requerimiento

La matriz de cierre del objetivo relaciona cada hallazgo del levantamiento con la necesidad que revela y con el requerimiento que de ella se deriva, de modo que ningún requerimiento aparezca sin origen documentado y ninguna necesidad quede sin atender.

Tabla 36

Matriz de trazabilidad hallazgo-necesidad-requerimiento

Hallazgo	Necesidad	Requisito de usuario	Requerimiento funcional o no funcional
H-01	N-01	RU-07, RU-14	RF-09, RF-22
H-02	N-02	RU-01, RU-07	RF-04, RF-09, RF-10, RF-11
H-03	N-03	RU-12	RF-21
H-04	N-04	RU-11	RF-16, RNF-12
H-05	N-05	RU-11	RF-16, RF-17
H-06	N-06	RU-05, RU-07	RF-08, RF-14

Hallazgo	Necesidad	Requisito de usuario	Requerimiento funcional o no funcional
H-07	N-07	RU-06	RF-07, RF-15
H-08	N-08	RU-10	RF-15
H-09	N-09	RU-06	RF-07, RF-14
H-10	N-10	RU-10	RF-14
H-11	N-11	RU-04	RF-07, RNF-09
H-12	N-12	RU-04	RF-07, RF-16
H-13	N-13	RU-11	RF-16
H-14	N-14	RU-04, RU-06	RF-07, RNF-09
H-15	N-15	RU-09	RF-13, RF-16
H-16	N-16	RU-12	RF-17
H-17	N-17	RU-13	RF-19, RF-20
H-18	N-18	RU-13	RF-18
H-19	N-19	RU-12	RF-16, RF-17
H-20	N-20	RU-01	RF-01, RF-04, RNF-05
H-21	N-21	RU-02, RU-03	RF-05, RF-06
H-22	N-22	RU-02	RF-02, RF-03
H-23	N-23	RU-15	RNF-06
H-24	N-24	RU-11	RNF-12
H-25	N-25	RU-08, RU-14	RF-12, RF-22
H-26	N-26	RU-15	RNF-07

Nota. Elaboración propia. La matriz constituye el instrumento de verificación del primer objetivo específico: la lectura de izquierda a derecha permite comprobar que toda necesidad identificada en el diagnóstico se traduce en un requerimiento; la lectura inversa, que ningún requerimiento funcional del catálogo carece de fundamento en un hallazgo documentado; los requerimientos no funcionales que derivan del marco de referencia y no del levantamiento se identifican en la nota de la Tabla 20.

10.22. Conclusión del objetivo específico 1

El primer objetivo específico se cumple en sus cuatro compromisos.

En cuanto a la *caracterización del proceso actual*, se documentó un procedimiento ejecutado en dos momentos y por dos responsables, sin punto de verificación entre ellos, cuya representación mediante diagrama de actividades permitió identificar cuatro puntos críticos: la ausencia de validación en el origen del dato, la transcripción intermedia como actividad que no agrega valor, la dependencia del conocimiento tácito para clasificar las horas y aplicar las tarifas, sin soporte que las conserve, y la ausencia de rastro consultable una vez concluido el ciclo.

En cuanto a la *línea base*, se estableció una medición diagnóstica del tiempo de liquidación por trabajador y un registro de las dificultades que el procedimiento manual impone a quien lo ejecuta, que constituyen el punto de contraste documentado contra el cual se evalúa el quinto objetivo específico.

En cuanto a los *actores*, se identificaron dos roles con acceso al sistema, con responsabilidades y permisos claramente diferenciados, y un tercer participante que es destinatario de las salidas sin ser usuario del sistema.

En cuanto a los *requerimientos*, se especificaron veintidós requerimientos funcionales y trece no funcionales, cada uno con su origen documentado en un hallazgo del levantamiento y con su criterio de verificación cuando corresponde, y se modeló el comportamiento del sistema mediante un diagrama general de casos de uso, ocho diagramas por módulo y la documentación textual de los casos de uso principales.

El objetivo produce, adicionalmente, dos instrumentos de trazabilidad que permiten verificar la consistencia interna de la especificación y que constituyen el insumo directo del

segundo objetivo específico: la formalización de las disposiciones legales de liquidación como reglas de negocio parametrizables.

11. Resultados del objetivo específico 2

Este capítulo reporta el segundo objetivo específico: formalizar como reglas de negocio parametrizables las disposiciones de liquidación del Código Sustantivo del Trabajo y sus reformas aplicables al caso.

11.1. Reglas de negocio derivadas de la normativa

Cada disposición identificada en el marco legal se traduce a una regla de negocio enunciada en términos operativos, con indicación del parámetro que la hace configurable. Esta traducción constituye el eslabón que faltaba entre el marco normativo y el diseño del sistema.

Tabla 37

Reglas de negocio derivadas de las disposiciones legales aplicables

ID	Regla de negocio	Disposición que la fundamenta	Parámetro configurable asociado	Evidencia
RN-01	Las horas de una jornada comprendidas entre las 6:00 a. m. y la hora de inicio de la franja nocturna se clasifican como diurnas, con independencia de la hora en que el turno haya comenzado	Art. 160 CST, mod. art. 10 Ley 2466 de 2025	Hora de inicio de la franja nocturna	Figura H9; E01, E09
RN-02	Las horas de una jornada comprendidas entre la hora de inicio de la franja nocturna y las 6:00 a. m. del día siguiente se clasifican como nocturnas y se	Art. 160 CST; art. 168 CST	Hora de inicio de la franja nocturna; tarifa de hora nocturna	Figuras H8 y H9; E02, E09

ID	Regla de negocio	Disposición que la fundamenta	Parámetro configurable asociado	Evidencia
	remuneran con la tarifa nocturna; un turno que cruza esa frontera se reparte entre ambas franjas			
RN-03	Una jornada ejecutada en domingo se remunera con la tarifa dominical. Si además se ejecuta en franja nocturna, ambos recargos concurren sobre el valor de la hora ordinaria	Art. 179 CST; art. 168 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025	Tarifa de hora dominical; tarifa de hora dominical nocturna	E03, E10 y E11; Figura I11
RN-04	Una jornada ejecutada en día festivo del calendario colombiano se remunera con la tarifa festiva, y con la tarifa festiva nocturna cuando además se ejecuta en franja nocturna. El calendario comprende los dieciocho festivos anuales: los de fecha fija, los trasladados al lunes siguiente por la Ley 51 de 1983 y los ligados a la fecha de la Pascua	Art. 179 CST; art. 168 CST; Ley 51 de 1983	Tarifa de hora festiva; tarifa de hora festiva nocturna	Figuras H10 y H11; E04
RN-05	Las horas de un mismo trabajador en un mismo día se acumulan; el exceso sobre la jornada configurada se	Art. 161 CST; art. 168 CST	Horas de la jornada ordinaria diaria	E05, E06 y E07

ID	Regla de negocio	Disposición que la fundamenta	Parámetro configurable asociado	Evidencia
	liquida como trabajo suplementario			
RN-06	El trabajo suplementario ejecutado en franja diurna se remunera con la tarifa de hora extra diurna	Art. 168 CST	Tarifa de hora extra diurna	E05; Figura I6
RN-07	El trabajo suplementario ejecutado en franja nocturna se remunera con la tarifa de hora extra nocturna	Art. 168 CST	Tarifa de hora extra nocturna	E06; Figura I7
RN-08	El auxilio de transporte se suma al total devengado del periodo y no integra la base de las deducciones de seguridad social	Decreto 1470 de 2025; Ley 100 de 1993 y sus modificaciones	Valor del auxilio de transporte por periodo	E01 a E12
RN-09	Del total devengado se deduce el aporte del trabajador al sistema de salud	Ley 100 de 1993, art. 204, modificado por la Ley 1122 de 2007, art. 10	Valor del descuento de salud	E01 a E12
RN-10	Del total devengado se deduce el aporte del trabajador al sistema de pensiones	Ley 100 de 1993, art. 20, modificado por la Ley 797 de 2003, art. 7	Valor del descuento de pensión	E01 a E12
RN-11	Del total devengado se deduce el saldo pendiente de los préstamos otorgados por el empleador, neto de los abonos recibidos	Art. 149 CST, autorización del trabajador	No aplica; se calcula del registro de novedades	E08; Figura I9

ID	Regla de negocio	Disposición que la fundamenta	Parámetro configurable asociado	Evidencia
RN-12	El neto a pagar es la diferencia entre el total devengado y el total de las deducciones del periodo	Regla aritmética derivada de las anteriores	No aplica	E01 a E12
RN-13	Todo valor monetario se expresa en pesos enteros; los empates se resuelven hacia el entero par más próximo	Convención de redondeo adoptada; no se deriva de norma expresa	No aplica	E03 y E04

Nota. Elaboración propia a partir del marco legal del apartado 2.4. La columna de evidencia remite al fragmento de código que implementa la regla, cuando existe una figura que lo reproduce, y al escenario de prueba del Apéndice I que verifica su comportamiento sobre el sistema desplegado. La relación entre cada regla, el requerimiento funcional que la implementa y el escenario que la verifica se sistematiza en la Tabla 39 del apartado 11.5. La regla RN-13 no proviene de una disposición legal sino de una decisión de implementación: la normativa laboral no fija un criterio de redondeo para la liquidación, de modo que la convención adoptada se declara de forma expresa para que el resultado sea reproducible. Su efecto máximo sobre un concepto es de un peso. Las reglas RN-09 y RN-10 se implementan en la versión actual del sistema como valores fijos por periodo y no como porcentaje del ingreso base de cotización, según se declara en el apartado 6.4. Su conversión a porcentaje constituye la evolución prioritaria identificada en las recomendaciones.

11.2. Catálogo de parámetros configurables

Tabla 38

Catálogo de parámetros de liquidación configurables desde la aplicación

Parámetro	Tipo de dato	Regla de negocio que gobierna	Frecuencia esperada de cambio	Evidencia
Tarifa de hora ordinaria diurna	Valor monetario	RN-01, RN-05	Anual, con el ajuste del salario mínimo	Figuras H7 e I1; E01

Parámetro	Tipo de dato	Regla de negocio que gobierna	Frecuencia esperada de cambio	Evidencia
Tarifa de hora nocturna	Valor monetario	RN-02	Anual	Figuras H7 e I1; E02
Tarifa de hora dominical	Valor monetario	RN-03	Anual y ante cambio del calendario de recargos	Figuras H7 e I1; E03
Tarifa de hora dominical nocturna	Valor monetario	RN-03	Anual y ante cambio del calendario de recargos	Figuras H7 e I1; E10
Tarifa de hora festiva	Valor monetario	RN-04	Anual y ante cambio del calendario de recargos	Figuras H7 e I1; E04
Tarifa de hora festiva nocturna	Valor monetario	RN-04	Anual y ante cambio del calendario de recargos	Figuras H7 e I1; E04
Tarifa de hora extra diurna	Valor monetario	RN-06	Anual	Figuras H7 e I1; E05
Tarifa de hora extra nocturna	Valor monetario	RN-07	Anual	Figuras H7 e I1; E06
Descuento de salud	Valor monetario	RN-09	Ante cambio normativo	Figuras H7 e I1; E01
Descuento de pensión	Valor monetario	RN-10	Ante cambio normativo	Figuras H7 e I1; E01
Horas de la jornada ordinaria diaria	Número entero	RN-05	Ante cambio normativo de la jornada	Figuras H7 e I1; E05 y E07
Hora de inicio de la franja nocturna	Número entero (formato 24 horas)	RN-01, RN-02	Ante cambio normativo de la franja	Figuras H7, H8 e I1; E09

Parámetro	Tipo de dato	Regla de negocio que gobierna	Frecuencia esperada de cambio	Evidencia
Auxilio de transporte por periodo	Valor monetario	RN-08	Anual	Figuras H7 e I1; E01

Nota. Elaboración propia. Los trece parámetros residen en la tabla de configuración de la base de datos y son administrables desde la pantalla de configuración, sin intervención sobre el código fuente. La columna de evidencia remite al fragmento de código que declara el catálogo (Figura H7), a la captura de la pantalla de configuración del sistema desplegado (Figura I1) y al escenario de prueba que ejercita cada parámetro. Los valores concretos con que el catálogo se configuró para la verificación, junto con su derivación a partir del salario mínimo mensual vigente, se recogen en la Tabla I1 del Apéndice I y constituyen la materialización de este catálogo. Las tarifas de hora dominical nocturna y festiva nocturna, la hora de inicio de la franja nocturna y el valor del auxilio de transporte se incorporaron al catálogo en la versión final del sistema. Respecto de los dos últimos: en una versión anterior ambos se encontraban fijados en el código, circunstancia que, en el caso de la hora de inicio nocturna, habría impedido absorber la modificación introducida por el artículo 10 de la Ley 2466 de 2025 sin reprogramar el sistema, y que en el del auxilio de transporte habría obligado a intervenir el código en cada actualización anual del decreto correspondiente. Los descuentos de salud y pensión se almacenan como valor fijo por periodo; su cálculo automático como porcentaje del ingreso base de cotización de cada trabajador, que es la forma en que el negocio los determina hoy de manera manual, se recoge como recomendación de prioridad alta en el apartado 15.1.

11.3. Concurrencia de recargos

Los recargos que reconoce la ley responden a circunstancias distintas y pueden concurrir sobre una misma hora: el recargo nocturno del artículo 168 del Código Sustantivo del Trabajo remunera la franja horaria en que se ejecuta el trabajo, mientras que el recargo del artículo 179 remunera el hecho de trabajar en día de descanso obligatorio o festivo. Cuando ambas circunstancias coinciden —una jornada nocturna en domingo o en día festivo— los dos porcentajes se acumulan sobre el valor de la hora ordinaria.

La panadería aplica este criterio en su liquidación manual. En consecuencia, el desglose del sistema no distingue únicamente entre tipos de día, sino entre las seis combinaciones posibles de tipo de día y franja horaria: ordinaria diurna, ordinaria nocturna, dominical diurna, dominical

nocturna, festiva diurna y festiva nocturna. Cada una dispone de su propia tarifa configurable. Se precisan dos alcances de esa afirmación. El primero es que el comprobante consolida el domingo y el festivo en un mismo concepto por franja, dado que el artículo 179 les asigna idéntico recargo y ambas tarifas se configuran, en consecuencia, con el mismo valor; la distinción entre uno y otro se conserva en el registro de la jornada y no en el desglose impreso. El segundo es que la fila del recargo dominical y festivo diurno expresa su cantidad en días mientras valora las horas efectivamente laboradas, de modo que la cantidad y el valor que exhibe no son factores de una misma multiplicación; este defecto de presentación se declara en el apartado 6.4 y su corrección se formula como recomendación en el apartado 15.1. Con esas dos salvedades, el desglose permite al trabajador identificar por separado cada recargo que se le reconoce.

A título ilustrativo, con la configuración de los escenarios E01 a E10 del Apéndice I la hora dominical nocturna asciende a \$15.687, resultado de sumar sobre la hora ordinaria de \$7.296 el ochenta por ciento del recargo dominical y el treinta y cinco por ciento del recargo nocturno. Se precisa el criterio con que se derivan las tarifas configuradas: cada una resulta de multiplicar el valor de la hora ordinaria por el factor acumulado de sus recargos y de redondear el producto al peso superior, criterio uniforme para las ocho tarifas de la Tabla I1. El redondeo de la multiplicación entre horas y tarifa que ejecuta el sistema durante la liquidación se rige, en cambio, por la regla RN-13.

Se deja constancia de que una versión anterior del sistema aplicaba una precedencia excluyente entre categorías y liquidaba la totalidad de las horas de un domingo a la tarifa dominical, con lo cual el recargo nocturno se perdía. La deficiencia se identificó durante la revisión del segundo objetivo y se corrigió en la versión final, cuyo comportamiento acreditan los escenarios E10 y E11 del Apéndice I, cuyos comprobantes se reproducen en las Figuras I11 e I12,

y la clase de pruebas automatizadas de recargos concurrentes descrita en el apartado 14.3. El reparto de las horas de un mismo turno entre ambas franjas, del que depende la concurrencia, se implementa en el fragmento reproducido en la Figura H9, y la lectura de la hora de inicio nocturna desde la configuración, en la Figura H8.

11.4. Calendario de festivos

La regla RN-04 exige determinar si una fecha corresponde a día festivo. Colombia cuenta con dieciocho festivos anuales que responden a tres criterios distintos, lo que impide resolverlos mediante una lista de fechas fijas.

Los seis primeros son de fecha invariable: el 1 de enero, el 1 de mayo, el 20 de julio, el 7 de agosto, el 8 de diciembre y el 25 de diciembre. Otros siete se rigen por la Ley 51 de 1983, que traslada al lunes siguiente los festivos que no caen en lunes: la Epifanía, el día de San José, San Pedro y San Pablo, la Asunción, el Día de la Raza, Todos los Santos y la Independencia de Cartagena. Los cinco restantes se determinan a partir de la fecha de la Pascua, que varía cada año: el Jueves Santo y el Viernes Santo conservan su posición relativa, mientras que la Ascensión, el Corpus Christi y el Sagrado Corazón se trasladan al lunes correspondiente.

El sistema resuelve los tres criterios de forma programática: calcula la fecha de la Pascua para el año consultado mediante el algoritmo gregoriano y deriva de ella los festivos móviles, aplicando la regla de traslado donde corresponde. De este modo el calendario no requiere actualización manual año tras año, lo que constituye una segunda forma de mantenimiento evolutivo, análoga en su propósito a la parametrización de los valores monetarios.

Se deja constancia de que una versión anterior del sistema reconocía únicamente los seis festivos de fecha fija, de modo que días como el Jueves Santo o el Viernes Santo se liquidaban como ordinarios. La corrección se identificó durante la revisión del segundo objetivo y se

incorporó a la versión final, y su comportamiento se acredita en el escenario E04 del Apéndice I. Los fragmentos de código que resuelven el cálculo del Domingo de Pascua con el traslado de la Ley 51 de 1983 y la construcción del calendario anual completo se reproducen en las Figuras H10 y H11.

11.5. Trazabilidad de las reglas de negocio

Las reglas formalizadas en el apartado 11.1 y los parámetros del apartado 11.2 constituyen una especificación intermedia: traducen la disposición legal a un enunciado operativo, pero solo adquieren existencia efectiva cuando un requerimiento las implementa y un escenario de prueba las verifica. La tabla siguiente cierra esa cadena, de modo que cada regla pueda seguirse desde su fundamento normativo hasta la evidencia que acredita su comportamiento en el sistema desplegado.

Tabla 39

Matriz de trazabilidad entre regla de negocio, requerimiento funcional y escenario de prueba

ID	Regla de negocio	Requerimiento que la implementa	Escenario que la verifica	Evidencia adicional
RN-01	Clasificación de las horas diurnas	RF-14	E01, E09	Figura H9
RN-02	Clasificación de las horas nocturnas y reparto del turno	RF-14	E02, E09	Figuras H8 y H9
RN-03	Recargo dominical y concurrencia con el nocturno	RF-14	E03, E10, E11	Figura I11
RN-04	Recargo festivo y calendario de festivos	RF-14	E04	Figuras H10 y H11

ID	Regla de negocio	Requerimiento que la implementa	Escenario que la verifica	Evidencia adicional
RN-05	Acumulación diaria y exceso sobre la jornada	RF-15	E05, E06, E07	Figura H7
RN-06	Trabajo suplementario diurno	RF-15	E05	Figura I6
RN-07	Trabajo suplementario nocturno	RF-15	E06	Figura I7
RN-08	Auxilio de transporte fuera de la base de deducciones	RF-16	E01 a E12	Figura I2
RN-09	Deducción del aporte a salud	RF-16	E01 a E12	Figura I2
RN-10	Deducción del aporte a pensión	RF-16	E01 a E12	Figura I2
RN-11	Deducción del saldo de préstamos	RF-13, RF-16	E08	Figura I9
RN-12	Neto a pagar	RF-16	E01 a E12	Figura I2
RN-13	Convención de redondeo	RF-16	E03, E04	Figuras I4 e I5

Nota. Elaboración propia. El enunciado completo de cada regla y su disposición legal se recogen en la Tabla 37; los requerimientos, en la Tabla 19 del apartado 10.12; y los escenarios, en la Tabla I2 del Apéndice I. Cuatro reglas —RN-08 a RN-10 y RN-12— se verifican en la totalidad de los escenarios, dado que el auxilio de transporte, las dos deducciones de seguridad social y el cálculo del neto intervienen en toda liquidación con independencia del tipo de jornada. La regla RN-13 se verifica de manera específica en los escenarios E03 y E04, únicos cuyo resultado aritmético no arroja un valor entero.

De la lectura de la matriz se desprenden dos observaciones. La primera es que las trece reglas quedan implementadas por seis requerimientos funcionales, concentración que se explica porque RF-14 y RF-16 operan como reglas compuestas: el primero resuelve la clasificación

completa de las horas y el segundo, la liquidación de devengos y deducciones. La segunda es que ninguna regla carece de escenario de verificación, de modo que la cadena que va de la disposición legal al comportamiento acreditado del sistema permanece cerrada en toda su extensión.

11.6. Conclusión del objetivo específico 2

El segundo objetivo específico se cumple en sus dos compromisos. En cuanto a la formalización de las reglas de liquidación, las disposiciones del marco legal del apartado 2.4 se tradujeron a trece reglas de negocio operativas, cada una con su fundamento normativo expreso, su parámetro configurable cuando corresponde y su evidencia de implementación. La formalización no se limitó a transcribir la norma: exigió resolver dos cuestiones que el articulado no enuncia de manera directa y que el procedimiento manual resolvía por conocimiento tácito, a saber, la concurrencia de recargos sobre una misma hora, tratada en el apartado 11.3, y la determinación programática del calendario de festivos, tratada en el apartado 11.4.

En cuanto a la parametrización, se construyó un catálogo de trece parámetros editables desde la aplicación, diez de los cuales gobiernan una regla de negocio de forma directa. La configuración empleada en las pruebas se recoge en la Tabla II del Apéndice I y constituye la materialización de este catálogo: cada valor de esa tabla corresponde a un parámetro de la Tabla 38 y su derivación desde el salario mínimo vigente se documenta allí. La suficiencia de la parametrización quedó acreditada por dos vías independientes: los escenarios E11 y E12 demuestran que un cambio del recargo dominical y una corrección del divisor de la hora ordinaria se absorbieron editando parámetros, sin intervenir el código fuente; y el apartado 15.1 identifica con precisión los tres supuestos que la parametrización actual no cubre, lo que delimita su alcance en lugar de suponerlo completo.

Se deja constancia, por último, de que el cumplimiento de este objetivo no fue inmediato. La revisión de las reglas frente al articulado, ejecutada en julio de 2026 según el cronograma del apartado 10.19, puso de manifiesto tres defectos de cálculo en la versión entonces desplegada: la franja nocturna fijada en el código con el valor derogado, el calendario de festivos reducido a las fechas invariables y la pérdida del recargo nocturno en las jornadas dominicales. Los tres se corrigieron y su comportamiento posterior se acredita en los escenarios E09, E04 y E10. Que el defecto se identificara mediante el cotejo sistemático entre regla y articulado, y no mediante una reclamación del negocio, es en sí mismo un resultado del objetivo.

12. Resultados del objetivo específico 3

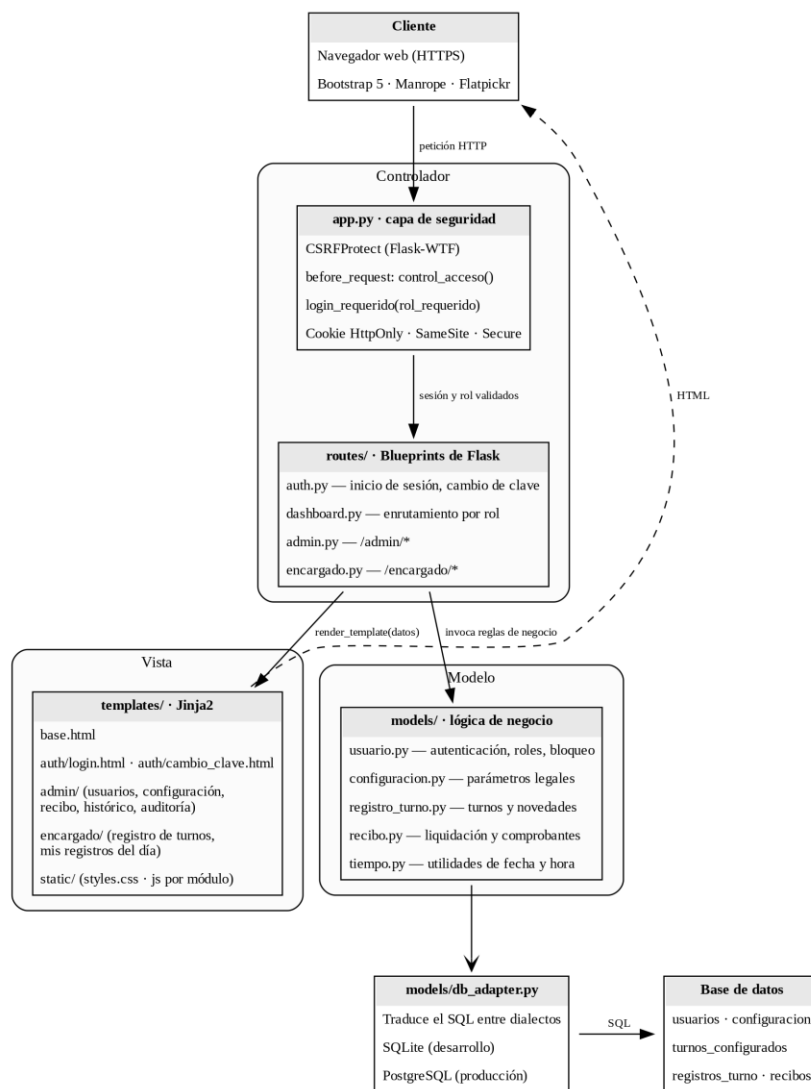
Este capítulo reporta el tercer objetivo específico: diseñar la arquitectura del sistema, el modelo de datos relacional y los mecanismos de trazabilidad y control de acceso por rol.

12.1. Arquitectura del sistema

La aplicación se organiza en tres capas conforme al patrón Modelo-Vista-Controlador fundamentado en el apartado 2.3.4. La separación no proviene del framework empleado, que no la impone, sino de una convención de estructura de directorios adoptada de forma deliberada: el directorio de modelos concentra el acceso a datos y las reglas de liquidación; el de plantillas, la generación de las vistas; y el de rutas, los controladores que reciben cada petición, invocan la lógica correspondiente y devuelven la respuesta.

Figura 11

Arquitectura del sistema bajo el patrón Modelo-Vista-Controlador



Nota. Elaboración propia a partir del código fuente del proyecto. La figura presenta la correspondencia entre las capas del patrón y los directorios efectivos del proyecto.

Se deja constancia expresa de una decisión relativa a los artefactos de diseño de esta capa. El documento no incorpora diagrama de clases, y la razón es que la aplicación no sigue un diseño orientado a objetos. El patrón Modelo-Vista-Controlador se adoptó como criterio de separación de responsabilidades y no como modelo de objetos: la capa de modelo se estructura en módulos y

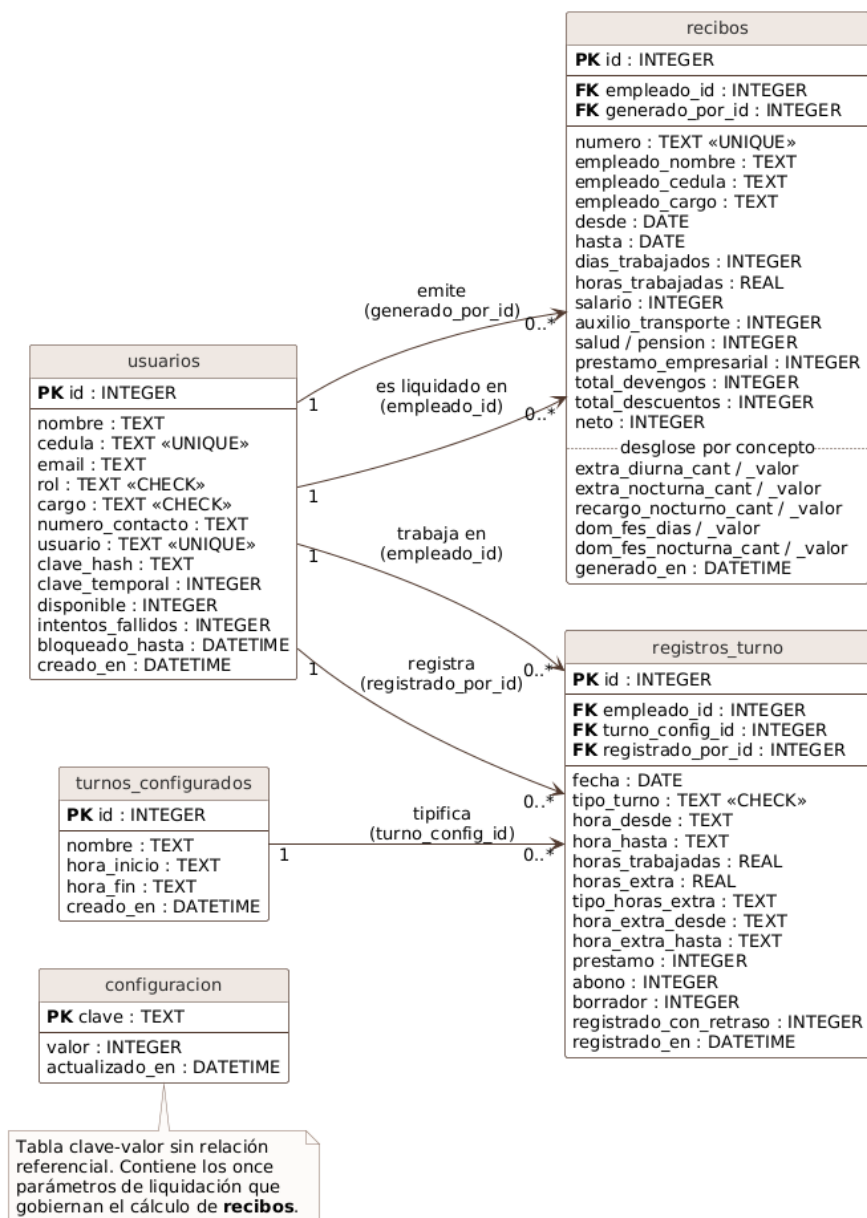
funciones —ochenta y una funciones distribuidas en siete módulos, uno por entidad o responsabilidad— y no en jerarquías de clases con atributos y métodos. Un diagrama de clases sobre esta estructura no representaría el diseño efectivo sino una abstracción impuesta sobre él. La organización de la capa se documenta, en su lugar, mediante la estructura del proyecto de la Figura H1 y la descripción de sus paquetes del apartado 13.1, y su comportamiento dinámico mediante los diagramas de secuencia del apartado 12.7. Esta decisión responde a la escala del sistema y a que la persistencia se resuelve con consultas directas sobre la base de datos, sin capa de correspondencia entre objetos y tablas.

12.2. Modelo de datos

El modelo de datos se apoya en cinco tablas relacionales. La tabla de usuarios almacena a administradores, encargados y trabajadores con sus datos de identidad y de autenticación. La tabla de configuración opera como un esquema de clave y valor donde residen los parámetros monetarios y de jornada. La tabla de turnos configurados contiene el catálogo de turnos disponibles para el registro diario. La tabla de registros de turno almacena cada jornada trabajada con su tipo, horario, horas extra, préstamo, abono y las marcas de borrador y de registro fuera de fecha. La tabla de recibos contiene los comprobantes emitidos, cada uno con la copia inmutable de los datos del trabajador vigentes al momento de la emisión.

Figura 12

Modelo de datos del sistema



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, generada a partir del esquema efectivo de la base de datos. Se identifican la llave primaria de cada entidad, las llaves foráneas que materializan las relaciones y la cardinalidad de cada asociación. La entidad de configuración no mantiene relación referencial con las demás por tratarse de un esquema de clave y valor; su vínculo con el resto del modelo es funcional, dado que sus registros gobiernan el cálculo que produce los comprobantes.

12.3. Nivel de normalización del modelo

El grado de normalización es una propiedad del modelo de datos que conviene declarar de manera expresa, tanto porque condiciona el comportamiento del sistema en operación como porque permite distinguir las desviaciones deliberadas de las que corresponden a una versión posterior. Este apartado consigna la forma normal alcanzada por cada una de las cinco entidades y la justifica.

Tabla 40

Nivel de normalización alcanzado por cada entidad del modelo

Entidad	Forma normal alcanzada	Justificación
configuracion	Tercera forma normal	Cada fila asocia una clave con su valor y su fecha de actualización. No existen atributos no clave que dependan de otros atributos no clave.
turnos_configurados	Tercera forma normal	El nombre, la hora de inicio y la hora de fin dependen únicamente de la llave primaria del turno y son mutuamente independientes.
usuarios	Tercera forma normal	Todos los atributos describen a la persona identificada por la llave primaria y ninguno se deriva de otro atributo no clave.
registros_turno	Segunda forma normal	El campo de horas trabajadas se deriva de la hora de inicio y la hora de fin, que son atributos no clave. Es la única desviación con capacidad de producir un dato incorrecto en operación: si un registro en borrador se edita y se modifica el horario sin recalcular la duración, la fila queda inconsistente. Corresponde a una versión posterior.
recibos	Segunda forma normal	Presenta tres dependencias de atributos no clave. Los totales de devengos, descuentos y neto se obtienen sumando otros campos de la misma fila; el desglose se resuelve mediante pares fijos de campos, lo que constituye un

Entidad	Forma normal alcanzada	Justificación
		grupo repetitivo; y la copia del nombre, el documento y el cargo del trabajador reproduce datos de la entidad de usuarios. Las dos primeras corresponden a una versión posterior; la tercera es deliberada.

Nota. Elaboración propia a partir del esquema efectivo de la base de datos. Tres de las cinco entidades alcanzan la tercera forma normal. Las dos restantes permanecen en segunda forma normal por las razones que se detallan, y sus consecuencias prácticas se declaran en el apartado 12.4.

De las cuatro desviaciones identificadas, tres corresponden al alcance de una versión posterior y una es deliberada. La copia del nombre, el documento y el cargo del trabajador dentro del comprobante reproduce datos que ya residen en la entidad de usuarios y constituye, en rigor, una dependencia de atributos no clave. No obstante, responde al requerimiento RF-18 y corresponde al patrón de instantánea de datos: su finalidad es que el comprobante conserve su valor probatorio aunque el registro maestro del trabajador se modifique con posterioridad a la emisión. Se declara como decisión de diseño y no como defecto por corregir.

Las tres restantes sí constituyen deficiencias. La más relevante en términos operativos es la del registro de turno, porque es la única con capacidad de producir un dato incorrecto: al almacenar la duración de la jornada como un campo derivado de la hora de inicio y de la hora de fin, la edición de un registro en estado de borrador que modifique el horario sin recalcular la duración deja la fila inconsistente. Las otras dos afectan al comprobante y no producen valores erróneos, sino que limitan lo que el documento puede acreditar y la facilidad con que el esquema admite conceptos nuevos.

De esta última circunstancia se sigue una precisión que matiza uno de los argumentos del trabajo. La parametrización descrita en el capítulo 11 permite absorber cambios normativos sin reprogramar, y los escenarios E11 y E12 lo acreditan. Pero esa capacidad alcanza a los valores y no a los conceptos: cuando se incorporaron las categorías nocturnas de domingo y festivo hubo que alterar el esquema de la base de datos para añadir los pares de campos correspondientes. Dicho de otro modo, las tarifas salieron del código pero los conceptos quedaron fijados en el modelo de datos. La tabla de detalle que se recomienda en el apartado 15.1 eliminaría también esa restricción.

12.4. Diccionario de datos

Se documenta a continuación la estructura de las cinco tablas del modelo, con el tipo, la obligatoriedad, la restricción y la función de cada campo.

Tabla 41

Diccionario de datos de la tabla usuarios

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
id	INTEGER	Sí	Llave primaria autoincremental	Identificador interno de la persona
nombre	TEXT	Sí	—	Nombre completo de la persona
cedula	TEXT	Sí	Único	Documento de identidad; impide registros duplicados
email	TEXT	Sí	—	Correo de contacto
rol	TEXT	Sí	administrador, encargado o trabajador	Determina los permisos de acceso al sistema
cargo	TEXT	Sí	panadero, cajero, atención al cliente, oficios	Cargo desempeñado en el negocio; se imprime en el comprobante. El dominio conserva valores que no corresponden a la planta

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
			varios o administrador	descrita en el apartado 3.1, previstos para vinculaciones futuras
numero_contacto	TEXT	Sí	—	Teléfono de contacto
usuario	TEXT	No	Único	Nombre de acceso; nulo para quienes no ingresan al sistema
clave_hash	TEXT	No	—	Resumen de la contraseña; nunca se almacena en texto plano
clave_temporal	INTEGER	Sí	0 o 1, por omisión 0	Marca que obliga a cambiar la clave en el primer ingreso
disponible	INTEGER	Sí	0 o 1, por omisión 1	Indica si la persona está activa en el negocio
intentos_fallidos	INTEGER	Sí	Por omisión 0	Contador de intentos de ingreso fallidos consecutivos
bloqueado_hasta	DATETIME	No	—	Momento hasta el cual la cuenta permanece bloqueada
creado_en	DATETIME	Sí	Por omisión, momento actual	Fecha de creación del registro

Nota. Elaboración propia a partir del esquema de la base de datos. La tabla concentra a los tres roles en una sola entidad; la distinción entre quien accede al sistema y quien únicamente es liquidado la establece el campo de rol y la presencia de credenciales.

Tabla 42

Diccionario de datos de la tabla configuracion

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
clave	TEXT	Sí	Llave primaria	Nombre del parámetro; admite los trece del catálogo del apartado 11.2
valor	INTEGER	Sí	—	Valor vigente del parámetro

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
actualizado_en	DATETIME	Sí	Por omisión, momento actual	Momento de la última modificación; sustenta la trazabilidad del cambio de parámetros

Nota. Elaboración propia. El esquema de clave y valor es el que permite incorporar parámetros nuevos sin alterar la estructura de la tabla, condición de la estrategia de mantenimiento evolutivo descrita en el apartado 13.5.

Tabla 43

Diccionario de datos de la tabla turnos_configurados

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
id	INTEGER	Sí	Llave primaria autoincremental	Identificador del turno
nombre	TEXT	Sí	Máximo 30 caracteres	Denominación del turno, por ejemplo Mañana o Tarde
hora_inicio	TEXT	Sí	Formato HH:MM	Hora de inicio del turno
hora_fin	TEXT	Sí	Formato HH:MM, posterior al inicio	Hora de finalización del turno
creado_en	DATETIME	Sí	Por omisión, momento actual	Fecha de creación del registro

Nota. Elaboración propia. La tabla no incorpora un campo de estado: la supresión de un turno del catálogo se ejecuta como borrado del registro. Los registros de jornada ya capturados no se ven afectados, dado que conservan sus propias horas de inicio y de fin y no consultan el catálogo para liquidarse; el campo turno_config_id no se declara como llave foránea sino como referencia informativa, de modo que el borrado no incumple ninguna restricción de integridad ni requiere una política de eliminación en cascada; la referencia queda sin correspondencia y sin consecuencia sobre el cálculo.

Tabla 44*Diccionario de datos de la tabla registros_turno*

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
id	INTEGER	Sí	Llave primaria autoincremental	Identificador del registro
empleado_id	INTEGER	Sí	Llave foránea a usuarios	Persona que ejecutó la jornada
fecha	DATE	Sí	—	Fecha de la jornada trabajada
tipo_turno	TEXT	Sí	completo o parcial	Determina si se toma del catálogo o se digita el horario
turno_config_id	INTEGER	No	Referencia informativa a turnos_configurados; no se declara como llave foránea	Turno del catálogo; nulo en los turnos parciales
hora_desde	TEXT	Sí	Formato HH:MM	Hora de inicio de la jornada
hora_hasta	TEXT	Sí	Formato HH:MM	Hora de finalización de la jornada
horas_trabajadas	REAL	Sí	—	Duración de la jornada en horas
horas_extra	REAL	Sí	Por omisión 0	Horas suplementarias declaradas
tipo_horas_extra	TEXT	No	diurna o nocturna	Franja de las horas extra cuando no se declara su horario
hora_extra_desde	TEXT	No	Formato HH:MM	Inicio del tramo suplementario; permite repartirlo por franja
hora_extra_hasta	TEXT	No	Formato HH:MM	Fin del tramo suplementario

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
prestamo	INTEGER	Sí	Por omisión 0	Préstamo otorgado durante la jornada
abono	INTEGER	Sí	Por omisión 0	Abono recibido durante la jornada
borrador	INTEGER	Sí	0 o 1, por omisión 0	Mientras vale 1 el registro admite edición y no entra en la liquidación
registrado_con_retraso	INTEGER	Sí	0 o 1, por omisión 0	Marca los registros efectuados después de la fecha de la jornada
registrado_por_id	INTEGER	No	Llave foránea a usuarios	Persona que capturó el registro; sustenta la auditoría
registrado_en	DATETIME	Sí	Por omisión, momento actual	Momento de la captura; permite contrastar con la fecha de la jornada

Nota. Elaboración propia. Los campos de borrador, marca de retraso, autor y momento de captura son los que materializan el requerimiento de trazabilidad RF-22 y alimentan la vista de auditoría del caso de uso CU-21.

Tabla 45

Diccionario de datos de la tabla recibos

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
id	INTEGER	Sí	Llave primaria autoincremental	Identificador del comprobante
numero	TEXT	Sí	Único	Consecutivo del comprobante emitido
empleado_id	INTEGER	Sí	Llave foránea a usuarios	Persona liquidada

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
empleado_nombre	TEXT	Sí	—	Copia inmutable del nombre al momento de la emisión
empleado_cedula	TEXT	Sí	—	Copia inmutable del documento al momento de la emisión
empleado_cargo	TEXT	Sí	—	Copia inmutable del cargo al momento de la emisión
desde / hasta	DATE	Sí	—	Rango de fechas liquidado
dias_trabajados	INTEGER	Sí	—	Número de jornadas incluidas en el periodo
horas_trabajadas	REAL	Sí	—	Total de horas del periodo
salario	INTEGER	Sí	—	Remuneración de las horas trabajadas, por todos los conceptos
auxilio_transporte	INTEGER	Sí	—	Auxilio reconocido en el periodo; no integra la base de deducciones
salud / pension	INTEGER	Sí	—	Aportes del trabajador descontados en el periodo
prestamo_empresarial	INTEGER	Sí	—	Saldo de préstamos descontado, neto de abonos
subtotal_devengos	INTEGER	Sí	Por omisión 0	Devengos que constituyen factor salarial
total_devengos / total_descuentos / neto	INTEGER	Sí	—	Totales del comprobante
salario_basico y horas_basico_cant	INTEGER / REAL	Sí	Por omisión 0	Desglose de las horas ordinarias diurnas
extra_diurna_cant / _valor	REAL / INTEGER	Sí	Por omisión 0	Desglose del trabajo suplementario diurno
extra_nocturna_cant / _valor	REAL / INTEGER	Sí	Por omisión 0	Desglose del trabajo suplementario nocturno

Campo	Tipo	Oblig.	Restricción	Descripción funcional
recargo_nocturno_cant / _valor	REAL / INTEGER	Sí	Por omisión 0	Desglose de las horas ordinarias nocturnas
dom_fes_dias / _valor	INTEGER	Sí	Por omisión 0	Desglose de las jornadas dominicales y festivas en franja diurna
dom_fes_nocturna_cant / _valor	REAL / INTEGER	Sí	Por omisión 0	Desglose de las horas dominicales y festivas en franja nocturna
generado_por_id	INTEGER	No	Llave foránea a usuarios	Administrador que emitió el comprobante
generado_en	DATETIME	Sí	Por omisión, momento actual	Momento de la emisión

Nota. Elaboración propia. Los campos de nombre, documento y cargo replican datos que ya residen en la tabla de usuarios. Esta redundancia es deliberada y responde al requerimiento RF-18: el comprobante debe conservar los datos vigentes al momento del pago, de modo que una modificación posterior del registro maestro no altere un documento ya entregado al trabajador. Los dos últimos campos del desglose se incorporaron con las categorías nocturnas de domingo y festivo descritas en el apartado 11.3; los comprobantes emitidos con anterioridad los conservan en cero.

Se declaran dos limitaciones de este modelo, ambas relativas a la tabla de comprobantes.

La primera es que el desglose se resuelve mediante pares de campos fijos —una cantidad y un valor por cada categoría de hora— en lugar de una tabla de detalle con una fila por concepto. Esa estructura constituye un grupo repetitivo: obliga a alterar el esquema para incorporar un concepto nuevo, como serían las categorías de trabajo suplementario en domingo y festivo que el apartado 15.1 recomienda, y es la que produce la anomalía del campo de jornadas dominicales diurnas, que expresa su cantidad en días mientras su valor se calcula por horas, según se declara en el apartado 6.4. Una tabla de detalle resolvería ambas cuestiones y llevaría el modelo a tercera forma normal en este punto. La segunda es que no existe vínculo entre el comprobante y los registros de jornada que lo componen: el comprobante conserva los totales y el desglose, pero no las referencias a los

turnos concretos que se liquidaron, de modo que no puede reconstruirse desde el documento qué jornadas lo originaron. Se declaran, además, otras tres características del modelo que el lector debe conocer. La primera es que el comprobante no conserva la tarifa con que se calculó cada concepto, sino la cantidad y el valor resultante; si los parámetros se modifican con posterioridad a la emisión, el documento pierde la posibilidad de acreditar su propio cálculo, circunstancia que agrava la ausencia de histórico de parámetros declarada en el apartado 6.4. La segunda es que los campos de préstamo y de abono admiten un solo movimiento de cada tipo por jornada, dado que registran hechos con identidad propia dentro de una fila cuyo asunto es la jornada trabajada; si un trabajador recibiera dos préstamos en un mismo día, el segundo no podría capturarse. La tercera es que los totales de devengos, descuentos y neto se almacenan como campos derivados de la suma de otros campos de la misma fila, lo que se documenta en el apartado 12.3 como desviación de la tercera forma normal. Las correcciones se formulan como alcance de una versión posterior en el apartado 15.1.

12.5. Diseño de la interfaz

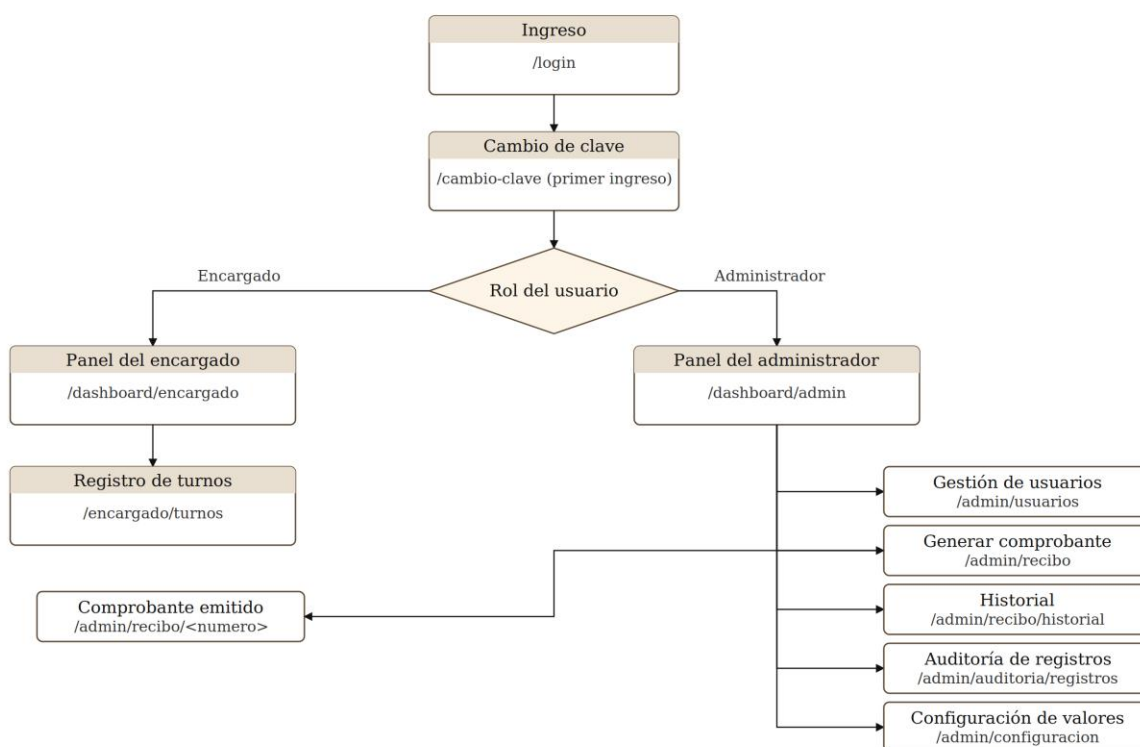
El diseño de la totalidad de las pantallas se elaboró antes de iniciar la programación, se presentó al administrador en la reunión del 27 de abril de 2026, se ajustó conforme a sus observaciones y se aprobó en la reunión del 4 de mayo de 2026. Los mockups aprobados se recogen en el Apéndice D y las actas de las tres reuniones en el Apéndice G. Este ciclo de presentación, ajuste y aprobación explica que la interfaz construida corresponda a lo acordado y que durante la construcción no fuera necesario rehacer pantallas completas.

La estructura de navegación resultante de ese diseño se representa en el mapa siguiente. Su lectura muestra dos ramas que no se cruzan: el encargado accede a una única pantalla operativa, la del registro de turnos, mientras que el administrador dispone de los cinco módulos restantes.

Esa separación es la expresión en la interfaz del control de acceso por rol descrito en el apartado 12.6, y explica la limitación declarada en el apartado 6.4, según la cual ninguna cuenta puede recorrer por sí sola el ciclo completo de liquidación.

Figura 13

Mapa de navegación del sistema por rol de usuario



Nota. Elaboración propia a partir de las rutas declaradas en la aplicación. Cada recuadro corresponde a una pantalla y consigna su ruta efectiva. El cambio de clave se interpone entre el ingreso y el panel únicamente en el primer acceso, conforme al requerimiento RF-03. Las pantallas del administrador se alcanzan desde su panel, y la del comprobante emitido se obtiene como resultado de la emisión y no como una opción del menú.

Los diez mockups aprobados se recogen en el Apéndice D. Entre ellos conviene destacar tres por su relación con los resultados del trabajo: el del registro de turnos (Figura D3), donde se resolvió la captura de la hora de inicio y de fin que suprime la inconsistencia I-01 de la línea base; el de la generación del comprobante (Figura D9), que introduce la vista previa como paso

intermedio entre el cálculo y la emisión; y el de la configuración de valores (Figura D8), que materializa la parametrización del capítulo 11 y que la evaluación de usabilidad del apartado 14.6 identificó como el punto de mayor fricción para el usuario.

12.6. Mecanismos de trazabilidad y control de acceso

El control de acceso opera en dos niveles: un filtro global que verifica la sesión en cada petición y un decorador aplicado a las vistas que exigen un rol determinado. Esta verificación se ejecuta en el servidor y no depende de la ocultación de opciones en la interfaz, conforme al requerimiento RNF-05.

En cuanto a la clasificación de las horas, el sistema no atribuye la totalidad del turno a una única categoría según su hora de inicio, sino que reparte las horas efectivamente trabajadas entre la franja diurna y la nocturna, de modo que un turno que cruza la frontera horaria se liquida en las dos categorías que le corresponden. El mismo criterio se aplica a las horas extra declaradas y a la acumulación de turnos parciales de un mismo día, en la que cada fracción de tiempo se clasifica simultáneamente en dos ejes: ordinaria o suplementaria, según el acumulado del día frente a la jornada configurada, y diurna o nocturna, según la franja. La precedencia entre tipos de día se mantiene en el orden festivo sobre dominical, pero no excluye la franja horaria: cada tipo de día se abre en sus dos franjas, de modo que el desglose contempla seis categorías y una hora nocturna trabajada en domingo o festivo recibe ambos recargos.

La trazabilidad se materializa mediante el registro, en cada operación sobre los registros de turno, del autor de la captura, de su fecha y hora y de su condición de registro efectuado dentro o fuera de la fecha de la jornada. Esta información es la que alimenta la vista de auditoría del caso de uso CU-21.

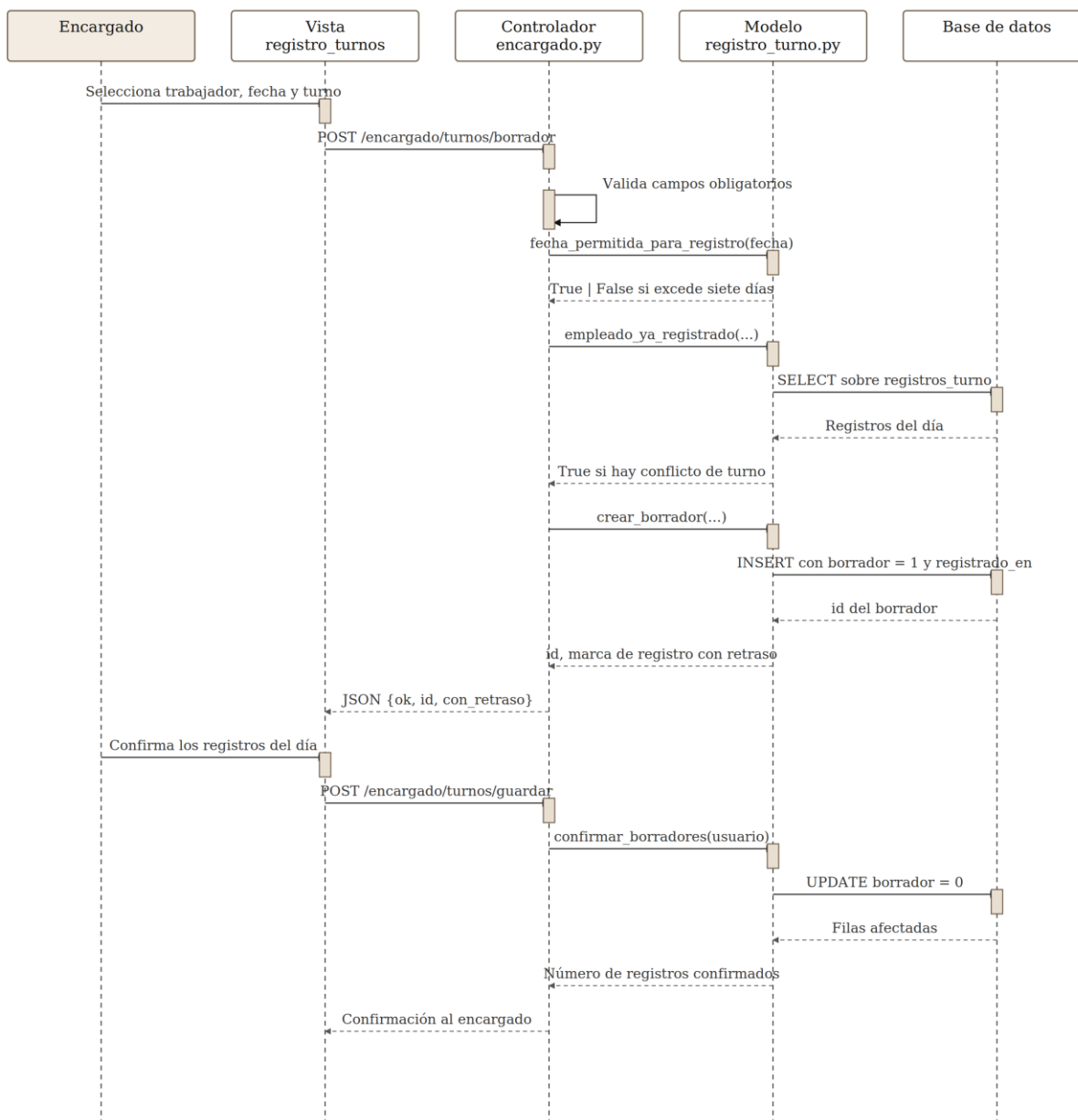
12.7. Modelado dinámico de los casos de uso críticos

Los artefactos anteriores describen la estructura del sistema: cómo se organizan sus componentes, qué entidades persisten y cómo se distribuyen las pantallas. No describen, en cambio, su comportamiento en el tiempo. Este apartado incorpora el modelado dinámico de los tres casos de uso que concentran el valor del sistema y que, en conjunto, cubren el ciclo completo de la liquidación: el registro de un turno, el cálculo del comprobante y su emisión. Se modelan estos tres y no los veintidós del apartado 10.15 porque son los únicos en los que intervienen simultáneamente los cuatro elementos de la arquitectura y en los que la secuencia de llamadas no resulta evidente a partir del caso de uso textual.

El primero corresponde a los casos de uso CU-11 y CU-13. Su rasgo distintivo es el estado intermedio de borrador: el registro se persiste en el momento de la captura, pero no entra en la liquidación hasta que el encargado lo confirma. La secuencia muestra también los dos controles que se ejecutan antes de persistir, que son los que implementan las reglas de negocio del registro extemporáneo y de la unicidad del turno diario.

Figura 14

Diagrama de secuencia del registro y la confirmación de un turno

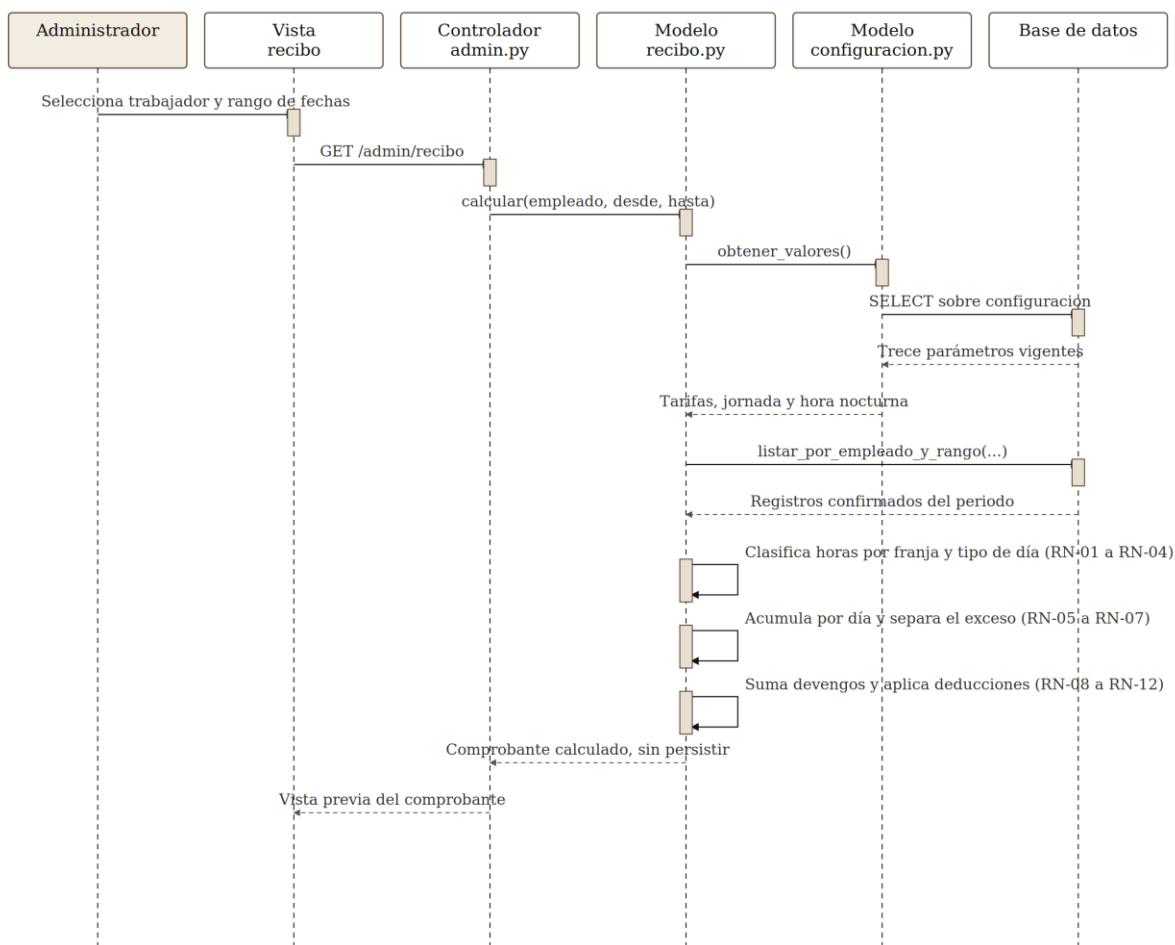


Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, construida a partir del código de la aplicación. Los rectángulos sombreados sobre las líneas de vida indican los periodos de activación. La verificación de la fecha implementa la regla del registro extemporáneo del requerimiento RF-12, y la de unicidad impide que un mismo trabajador acumule un turno completo y turnos parciales en la misma fecha.

El segundo corresponde al caso de uso CU-16 y constituye el núcleo del sistema. La secuencia hace visible una propiedad del diseño que los artefactos estáticos no revelan: el cálculo lee los parámetros vigentes en el momento de ejecutarse, de modo que la tarifa aplicada no está fijada en el programa sino que se resuelve en tiempo de ejecución. Las tres autollamadas del modelo corresponden a los tres grupos de reglas de negocio del apartado 11.1 y se ejecutan en ese orden, dado que la clasificación por franja precede a la separación del trabajo suplementario y esta, al cálculo de los devengos.

Figura 15

Diagrama de secuencia del cálculo de la liquidación

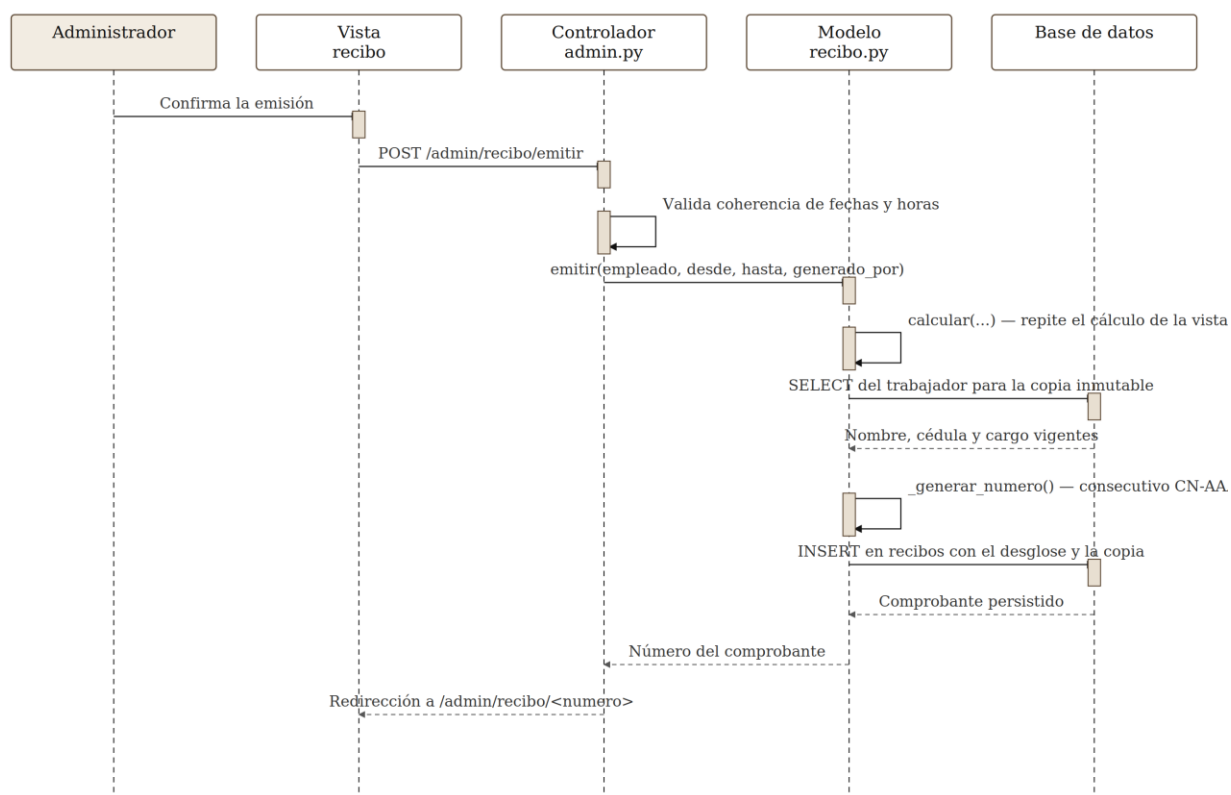


Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, construida a partir del código de la aplicación. El resultado de esta secuencia es una vista previa que no se persiste: el comprobante solo adquiere existencia con la emisión modelada en la Figura 16. Las autollamadas se rotulan con el rango de reglas de negocio que cada una implementa, conforme a la Tabla 39 del apartado 11.5.

El tercero corresponde al caso de uso CU-17. Su rasgo distintivo es que el cálculo se repite en lugar de reutilizarse, y que la persistencia incorpora dos elementos que no proceden del cálculo: el consecutivo, que garantiza la numeración exigida por el requerimiento RF-17, y la copia de los datos del trabajador, que materializa la inmutabilidad del requerimiento RF-18 y permite que el comprobante conserve su valor probatorio aunque el registro maestro cambie después.

Figura 16

Diagrama de secuencia de la emisión del comprobante



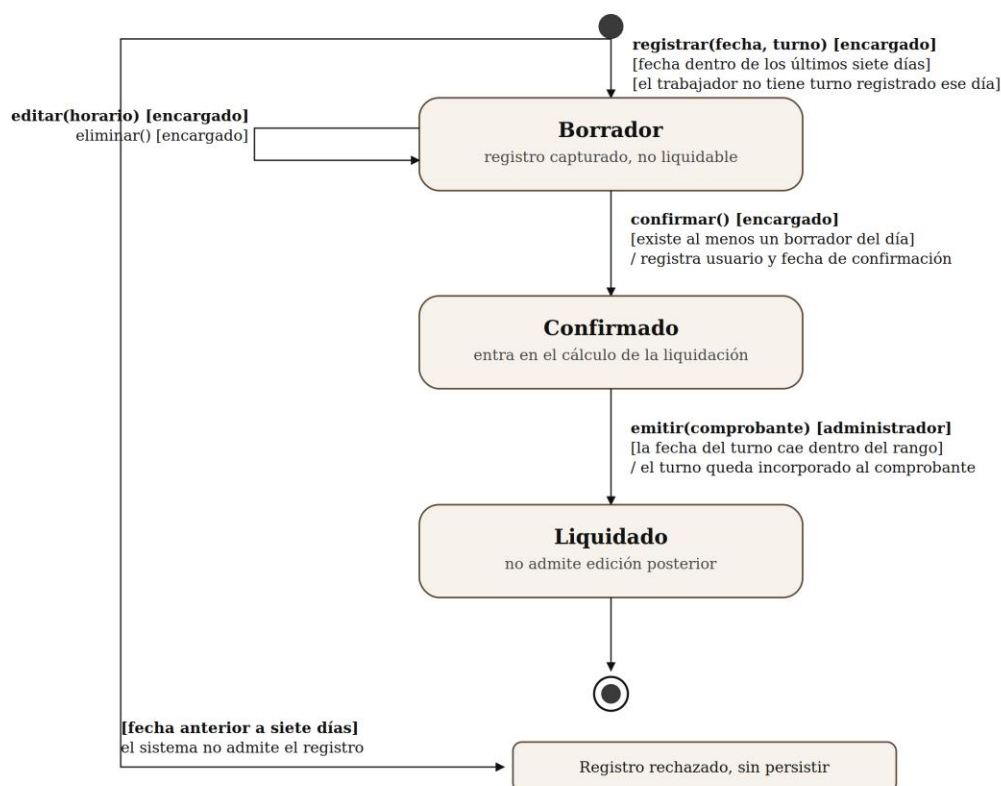
Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, construida a partir del código de la aplicación. La repetición del cálculo antes de persistir es una decisión de diseño deliberada: garantiza que el

comprobante emitido corresponda a los parámetros vigentes en el instante de la emisión y no a los que regían cuando se generó la vista previa.

Los tres diagramas anteriores describen interacciones concretas. El registro de turno tiene, además, un ciclo de vida propio que ninguno de ellos representa en su conjunto: la jornada capturada atraviesa tres estados sucesivos y solo en el segundo entra en el cálculo de la liquidación. Ese estado intermedio es una de las dos decisiones de diseño que el apartado 12.9 identifica como aporte del trabajo, porque introduce el punto de verificación del que carecía el procedimiento manual. El diagrama siguiente lo formaliza.

Figura 18

Diagrama de máquina de estados del registro de turno



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1, construida a partir del código de la aplicación. Cada transición se rotula con el evento que la dispara, el rol que lo ejecuta entre corchetes y, cuando procede, la condición de guarda que debe cumplirse y la acción asociada. Las dos guardas del registro inicial implementan las reglas del requerimiento RF-12 y de unicidad del turno diario, cuya secuencia de verificación se detalla en la Figura 14.

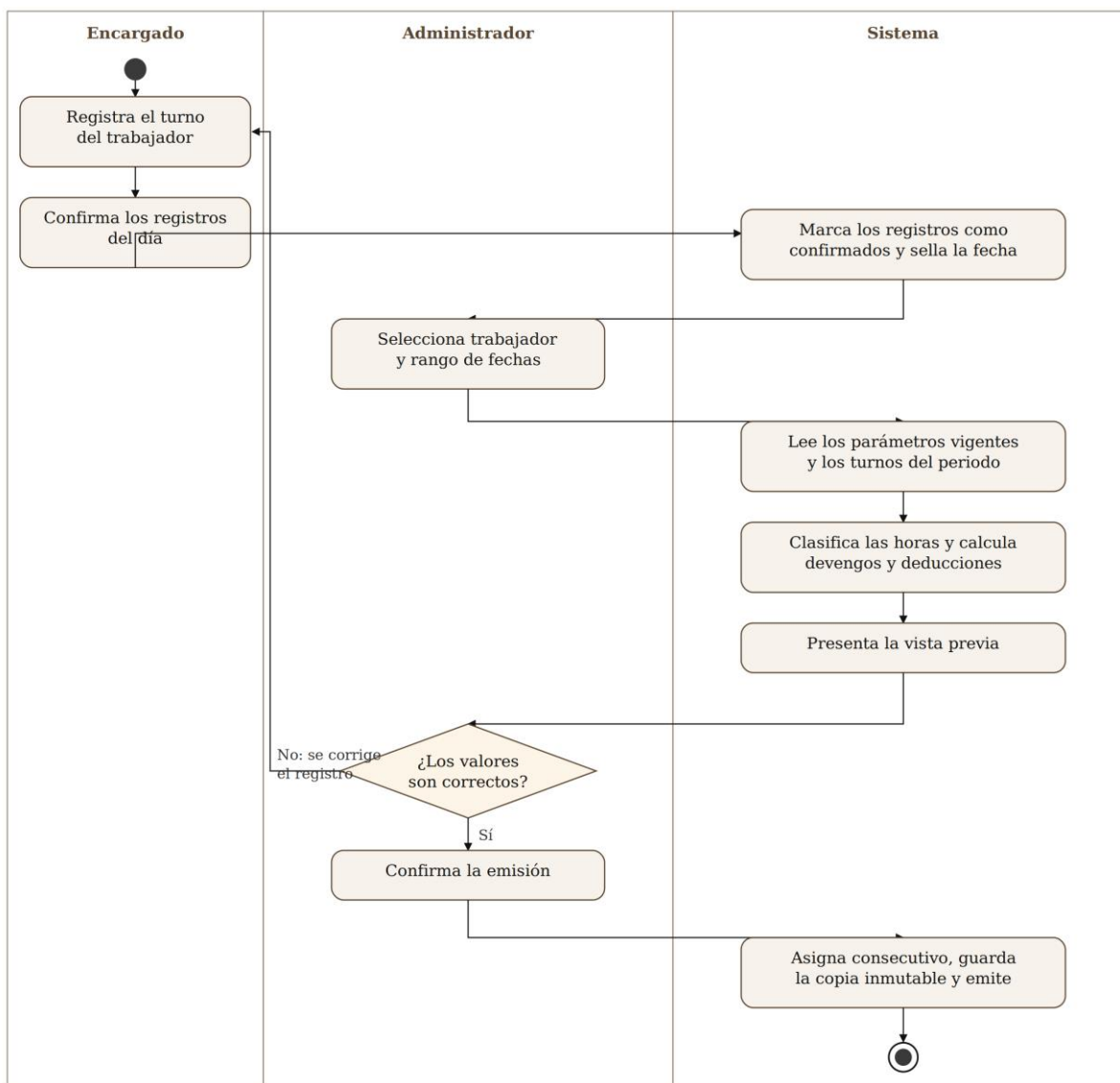
La lectura del diagrama precisa dos propiedades del modelo. La primera es que la edición y la eliminación solo son posibles en el estado de borrador: una vez confirmado, el registro no admite modificación, lo que preserva la integridad de la información que alimenta el cálculo. La segunda es que la transición al estado liquidado no la ejecuta quien registró la jornada sino el administrador, al emitir el comprobante, de modo que el ciclo de vida del registro refleja la separación de responsabilidades descrita en el apartado 12.6.

12.8. Flujo de liquidación y emisión

El apartado 10.7 representa mediante un diagrama de actividades el proceso manual anterior al sistema. El diagrama siguiente representa el mismo proceso una vez sistematizado, con el propósito de que ambos puedan contrastarse. La comparación entre uno y otro es, por sí misma, un resultado del trabajo.

Figura 17

Diagrama de actividades del flujo de liquidación y emisión con el sistema



Nota. Elaboración propia con notación UML 2.5.1. Las calles corresponden a los dos responsables del proceso y al sistema, que asume las actividades de cálculo que en el procedimiento manual ejecutaba una persona. Contrástese con el diagrama del proceso manual de la Figura 1.

Del contraste entre ambos diagramas se desprenden tres diferencias que responden a los cuatro puntos críticos identificados en el apartado 10.7. La primera es que desaparece la transcripción intermedia: el dato se captura una sola vez, en el punto de origen, y de allí lo toma

el cálculo sin que ninguna persona vuelva a escribirlo. La segunda es que las actividades de clasificar las horas y aplicar las tarifas, que en el proceso manual dependían del conocimiento tácito del administrador, pasan a la calle del sistema y se ejecutan sobre parámetros consultables. La tercera es que aparece un punto de verificación que el proceso manual no tenía: la vista previa permite revisar el resultado antes de emitirlo, y la rama negativa de la decisión devuelve el flujo al registro del turno, que es donde el error puede corregirse.

Persiste, en cambio, una característica del proceso manual que el sistema no eliminó: la separación entre quien registra y quien liquida. En el procedimiento anterior esa separación no era deliberada, sino consecuencia de la organización del trabajo; en el sistema se implementó como restricción de acceso, con las consecuencias declaradas en el apartado 6.4.

12.9. Conclusión del objetivo específico 3

El tercer objetivo específico se cumple en sus tres compromisos. En cuanto a la arquitectura, se adoptó el patrón Modelo-Vista-Controlador y se verificó su aplicación efectiva sobre la estructura del proyecto: la separación entre las tres capas es la que permite que los diagramas de secuencia del apartado 12.7 muestren una cadena de llamadas y no un bloque único de código, y es también la que hizo posible corregir los tres defectos de cálculo del apartado 11.4 interviniendo solo la capa de modelo.

En cuanto al modelo de datos, se especificaron cinco entidades con sus llaves, sus restricciones y su diccionario, y se acreditó su existencia efectiva en el motor de producción. Dos decisiones de este modelo tienen consecuencia directa sobre los resultados del trabajo: la copia inmutable de los datos del trabajador en el comprobante, que sostiene su valor probatorio, y el estado de borrador en el registro de turnos, que introduce el punto de verificación del que carecía el proceso manual. Se deja constancia de que el modelo presenta las limitaciones declaradas en el

apartado 12.4, relativas al desglose del comprobante y al vínculo entre el comprobante y las jornadas que lo componen.

En cuanto al diseño de la interfaz, las pantallas se elaboraron antes de la construcción, se presentaron al administrador y se aprobaron en la reunión del 4 de mayo de 2026, con el alcance probatorio que el Apéndice G declara. El mapa de navegación del apartado 12.5 muestra que la estructura resultante reproduce en la interfaz la separación de roles del modelo de actores. Se incorporó además el modelado dinámico de los tres casos de uso críticos y el diagrama de actividades del proceso sistematizado, que permite contrastarlo con el del procedimiento manual y verificar que los cuatro puntos críticos identificados en el diagnóstico fueron atendidos por el diseño.

13. Resultados del objetivo específico 4

Este capítulo reporta el cuarto objetivo específico: implementar y desplegar el sistema en un entorno de producción, aplicando los mecanismos de seguridad y de protección de datos personales exigidos por la normativa vigente.

13.1. Implementación

La programación de los módulos siguió el orden de prioridad establecido en el cronograma del apartado 10.19: en primer lugar la autenticación, a continuación la gestión de usuarios y la configuración paramétrica, y por último el registro de turnos, la generación de comprobantes y la auditoría. La organización del proyecto en el sistema de archivos reproduce la separación en capas de la arquitectura descrita en el apartado 12.1, según se aprecia en la Figura H1 del Apéndice H. El directorio raíz contiene el punto de entrada de la aplicación, el módulo de configuración y el guion de inicialización de la base de datos, y por debajo de él se organizan cinco paquetes. El paquete de modelos reúne el acceso a datos y la lógica de cálculo en siete módulos, uno por entidad o responsabilidad: usuarios, configuración, registro de turnos, comprobantes, cálculo del tiempo, calendario de festivos y la capa de adaptación entre motores de base de datos. El paquete de rutas agrupa los controladores en cuatro módulos que corresponden a los ámbitos de la aplicación: autenticación, panel de inicio, operaciones del encargado y operaciones del administrador. El paquete de plantillas contiene las vistas, subdivididas en los mismos ámbitos, junto con una plantilla base de la que heredan todas las demás. El paquete de recursos estáticos reúne las hojas de estilo, los guiones del cliente y las imágenes. El último paquete contiene la suite de pruebas automatizadas descrita en el apartado 14.3. Esta correspondencia entre la estructura de directorios y las capas de la arquitectura no es incidental: es la que permitió que la corrección de los tres defectos de cálculo documentados en el apartado 11.4 se resolviera interviniendo únicamente el

paquete de modelos, sin tocar controladores ni vistas. Los mecanismos de seguridad y las funciones de cálculo se documentan mediante fragmentos representativos del código en el mismo apéndice.

El refinamiento de la interfaz comprendió la aplicación de la identidad visual acordada con el negocio, el aumento del tamaño tipográfico solicitado por el administrador y la incorporación de indicadores de progreso, notificaciones de resultado y validación de los formularios durante la digitación.

13.2. Mecanismos de seguridad implementados

Los mecanismos implementados corresponden a las medidas de mitigación fundamentadas en el apartado 2.3.9 y a los requerimientos no funcionales RNF-01 a RNF-05: almacenamiento de las contraseñas mediante función de derivación de clave; protección de los formularios y de las peticiones asíncronas frente a la falsificación de peticiones en sitios cruzados; verificación del rol en el servidor en cada petición; bloqueo temporal de la cuenta ante intentos fallidos sucesivos; configuración restrictiva de la cookie de sesión; y cifrado de la totalidad del tránsito mediante HTTPS. La evidencia de cada uno se recoge en las figuras H2 a H5 del Apéndice H.

13.3. Verificación del comportamiento de los controles de seguridad

Los fragmentos de código del Apéndice H acreditan que los mecanismos descritos en el apartado anterior están programados, pero no que operen. La distinción es pertinente porque dos de los criterios de verificación declarados en la Tabla 20 no se enuncian sobre el código sino sobre el comportamiento del servidor: el del requerimiento RNF-02 exige que una petición emitida sin testigo válido sea rechazada, y el del RNF-05, que una petición dirigida a una ruta ajena al rol del usuario sea denegada. Este apartado recoge la ejecución de ambas comprobaciones.

La verificación se ejecutó el 9 de septiembre de 2026 mediante un guion que emite peticiones HTTP contra la aplicación en ejecución y registra la respuesta recibida, sin inspeccionar en ningún momento el código fuente. Se ejecutó sobre una instancia local de la aplicación, levantada a partir del mismo repositorio desplegado y sobre una base de datos aislada creada con el guion de inicialización, con las credenciales del juego de datos semilla. Esta circunstancia obedece a que el servicio en producción se encontraba suspendido al momento de la verificación, según se declara en el apartado 13.5, y se consigna de manera expresa: lo acreditado es el comportamiento del código desplegado, no el de la instancia en la nube.

El diseño de la prueba incorpora dos precauciones. La primera es que los casos de escritura no se conforman con el código de estado devuelto, sino que consultan el valor del parámetro en la base de datos con posterioridad al rechazo, de modo que la denegación quede acreditada por su efecto: si el servidor responde con un error pero el dato cambia, el control no sirve. La segunda es la inclusión de tres comprobaciones de control positivo —una por cada rol y una con testigo válido—, cuyo propósito es descartar que los rechazos observados provengan de una indisponibilidad general del servicio y no del control que se pretende verificar.

Tabla 47

Comprobaciones de comportamiento de los controles de protección frente a la falsificación de peticiones y de acceso por rol

ID	Acción ejecutada contra el servidor	Resultado esperado	Resultado obtenido	Veredicto
RNF-02.1	POST /admin/configuracion con testigo válido	302; el valor se guarda	302 hacia /admin/configuracion	Aprobado

ID	Acción ejecutada contra el servidor	Resultado esperado	Resultado obtenido	Veredicto
RNF-02.2	POST /admin/configuracion sin testigo	400; el valor no cambia	400 Bad Request; hora_diurna = 7.296	Aprobado
RNF-02.3	POST /admin/configuracion con testigo falsificado	400; el valor no cambia	400; hora_diurna = 7.296	Aprobado
RNF-02.4	POST /admin/configuracion con testigo de otra sesión	400; el valor no cambia	400; hora_diurna = 7.296	Aprobado
RNF-02.5	POST /encargado/turnos/guardar sin cabecera X-CSRFToken	400; petición rechazada	400	Aprobado
RNF-05.1	GET /admin/usuarios sin sesión iniciada	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.2	GET /encargado/turnos sin sesión iniciada	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.3	GET /admin/usuarios con sesión de encargado	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.4	GET /admin/configuracion con sesión de encargado	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.5	GET /admin/recibo con sesión de encargado	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.6	GET /admin/usuarios/3/json con sesión de encargado	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.7	GET /encargado/turnos con sesión de administrador	302 hacia /login	302 hacia /login	Aprobado
RNF-05.8	POST /admin/configuracion como encargado, con testigo propio válido	302 hacia /login; el valor no cambia	302 hacia /login; hora_diurna = 7.296	Aprobado

ID	Acción ejecutada contra el servidor	Resultado esperado	Resultado obtenido	Veredicto
RNF-05.9	GET /admin/usuarios con sesión de administrador	200; acceso concedido	200	Aprobado
RNF-05.10	GET /encargado/turnos con sesión de encargado	200; acceso concedido	200	Aprobado

Nota. Elaboración propia a partir de la salida del guion de verificación, reproducida en la Figura 19.

Las cinco primeras comprobaciones corresponden al requerimiento RNF-02 y las diez restantes al RNF-05. Las identificadas como RNF-02.1, RNF-05.9 y RNF-05.10 son controles positivos: verifican que el servidor sí atiende las peticiones legítimas. El valor de \$7.296 que se reporta en la columna de resultado obtenido corresponde a la tarifa de hora ordinaria configurada antes de cada intento y confirma que esta no se modificó.

Las quince comprobaciones resultaron aprobadas. Del resultado se desprenden dos precisiones que conviene consignar. La primera es que el rechazo del testigo tomado de otra sesión, comprobación RNF-02.3, acredita que la protección no se limita a verificar la presencia del testigo sino su vinculación con la sesión que lo emite, que es lo que impide el ataque que el requerimiento pretende conjurar. La segunda es que el control de acceso por rol no responde con un código de error sino con una redirección hacia la pantalla de ingreso. El acceso queda efectivamente denegado y el recurso no se entrega, según acreditan las diez comprobaciones del RNF-05 y en particular la RNF-05.8, en la que el parámetro conserva su valor tras el intento de escritura; pero la denegación se materializa como redirección y no como rechazo explícito, y así se declara para que el criterio no se lea con un alcance que no tiene.

Figura 19

Registro de la ejecución de las comprobaciones de seguridad

Evidencia de ejecución — Mecanismos de seguridad (apartado 13.2)

Verificación de **comportamiento** de los controles RNF-02 y RNF-05 sobre la aplicación en ejecución. Cada petición se emitió contra el servidor y se registró su respuesta; no se inspeccionó el código fuente.

RNF-02 — Protección contra falsificación de peticiones (CSRF)

Criterio declarado en la Tabla 20: una petición emitida sin testigo válido debe ser rechazada por el servidor.

ID	ACCIÓN EJECUTADA CONTRA EL SERVIDOR	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO OBTENIDO	VEREDICTO
RNF-02.1	POST /admin/configuracion CON testigo valido	302 (guardado y redirigido)	302 -> /admin/configuracion	APROBADO
RNF-02.2	POST /admin/configuracion SIN testigo	400 y el valor NO cambia	400 (Bad Request); hora_diurna=7296	APROBADO
RNF-02.3	POST /admin/configuracion con testigo FALSIFICADO	400 y el valor NO cambia	400; hora_diurna=7296	APROBADO
RNF-02.4	POST /admin/configuracion con testigo de OTRA sesion	400 y el valor NO cambia	400; hora_diurna=7296	APROBADO
RNF-02.5	POST /encargado/turnos/guardar SIN cabecera X-CSRFToken	400 (rechazado)	400	APROBADO

RNF-05 — Control de acceso por rol

Criterio declarado en la Tabla 20: una petición directa a una ruta ajena al rol del usuario debe ser denegada.

ID	ACCIÓN EJECUTADA CONTRA EL SERVIDOR	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO OBTENIDO	VEREDICTO
RNF-05.1	GET /admin/usuarios (sin sesion -> ruta de administrador)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.2	GET /encargado/turnos (sin sesion -> ruta de encargado)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.3	GET /admin/usuarios (encargado -> gestion de usuarios)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.4	GET /admin/configuracion (encargado -> configuracion de valores)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.5	GET /admin/recibo (encargado -> generar comprobante)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.6	GET /admin/usuarios/3/json (encargado -> endpoint JSON de usuarios)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.7	GET /encargado/turnos (administrador -> registro de turnos)	302 hacia /login (denegado)	302 -> /login	APROBADO
RNF-05.8	POST /admin/configuracion como encargado (con testigo propio valido)	302 hacia /login y el valor NO cambia	302 -> /login; hora_diurna=7296	APROBADO
RNF-05.9	GET /admin/usuarios como administrador (control positivo)	200 (acceso concedido)	200	APROBADO
RNF-05.10	GET /encargado/turnos como encargado (control positivo)	200 (acceso concedido)	200	APROBADO

Resultado global: 15/15 comprobaciones aprobadas. Los casos de escritura verifican además que el dato **no cambió en la base** tras el rechazo, de modo que la denegación tiene efecto real y no se limita al código de estado. Los controles positivos (RNF-02.1, RNF-05.9 y RNF-05.10) confirman que el servidor **sí atiende** las peticiones legítimas, descartando que los rechazos provengan de una indisponibilidad general.

Entorno: aplicación Flask ejecutada localmente en `http://127.0.0.1:5055` sobre base SQLite aislada creada con `init_db.py`.

Credenciales: @admin (rol administrador) y @encargado (rol encargado), ambas del juego de datos semilla.

Herramienta: cliente HTTP de la biblioteca estándar de Python, con seguimiento de redirecciones desactivado para poder observar la respuesta 302 de denegación.

Fecha de ejecución: 9 de septiembre de 2026, 09:11.

Nota. Salida del guion de verificación, ejecutado el 9 de septiembre de 2026. Cada línea corresponde a una petición emitida contra el servidor y a la respuesta registrada. Los casos de escritura comprueban además el valor del parámetro en la base con posterioridad al rechazo, de modo que la denegación se acredita por su efecto y no solo por el código de estado.

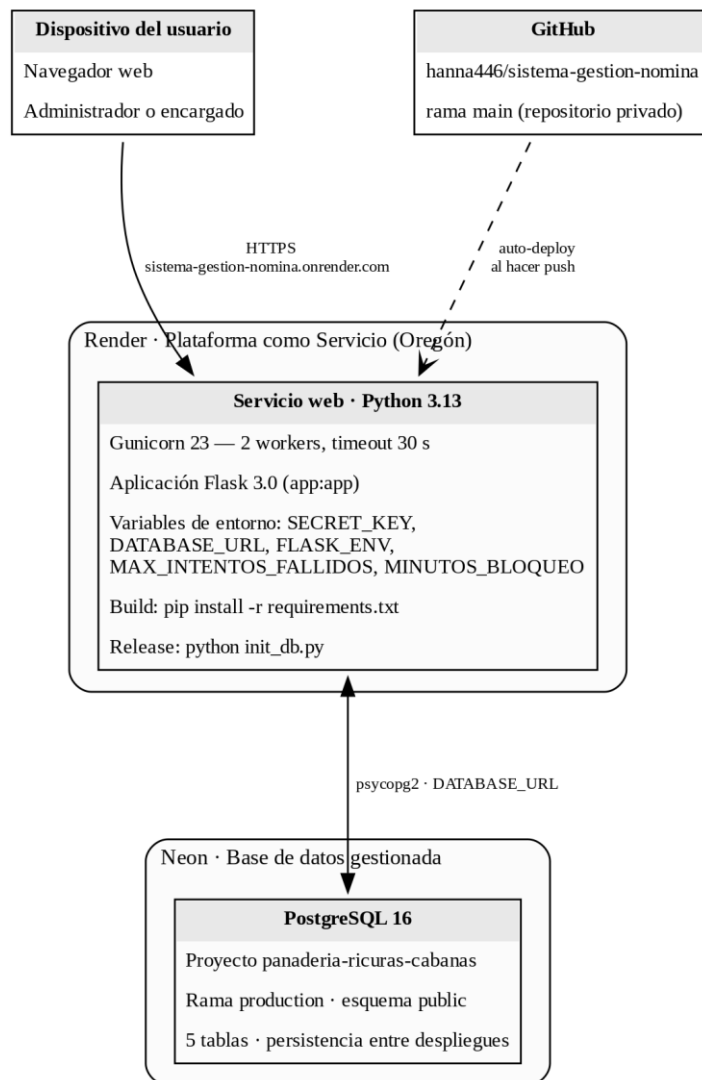
13.4. Migración y despliegue en producción

Para el paso a producción se migró la base de datos del motor embebido empleado en desarrollo al motor relacional de producción, apoyándose en una capa de adaptación que traduce las consultas entre ambos y evita la reescritura del acceso a datos. A continuación se configuró el

despliegue automático disparado por cada confirmación de cambios en el repositorio y se vinculó el servicio con el proveedor de la base de datos persistente.

Figura 20

Diagrama de despliegue en producción



Nota. Elaboración propia a partir de los archivos de configuración del proyecto y de las consolas de administración de ambas plataformas. La figura presenta la relación entre el usuario final, el servicio web y la base de datos gestionada, así como el canal cifrado de acceso.

La evidencia del despliegue, de la estructura de la base de datos en producción y de la persistencia de la información entre despliegues sucesivos se recoge en el Apéndice E.

13.5. Condiciones y restricciones del entorno de despliegue

El despliegue se ejecutó sobre los planes gratuitos de ambos proveedores, suficientes para verificar el comportamiento del sistema en un entorno de producción real. Estas condiciones imponen tres restricciones que se declaran de forma expresa: el servicio se suspende por inactividad, lo que exigió configurar un mecanismo externo de mantenimiento activo durante el periodo de pruebas; el plan no incluye copias de seguridad automáticas de la base de datos; y, una vez concluidas las pruebas funcionales, el servicio fue suspendido y se reactiva para la sustentación. La operación permanente del sistema requiere la contratación de un plan pago, decisión que corresponde a la panadería y que excede el alcance de este trabajo. Estas restricciones se recogen igualmente en los apartados 6.5 y 6. En consecuencia, el sistema no se encuentra en operación productiva en la panadería: el despliegue tuvo carácter de verificación y la puesta en servicio efectiva queda supeditada a la contratación de un plan pago por parte del negocio.

13.6. Estrategia de mantenimiento

Un sistema que liquida nómina opera sobre una materia que cambia: el salario mínimo se fija cada año, los recargos siguen calendarios de reforma y la jornada legal se ha reducido por escalones desde 2021. La pregunta relevante para un micronegocio no es, por tanto, si el sistema funciona el día de su entrega, sino qué costo tendrá mantenerlo funcionando cuando la norma cambie. Este apartado responde esa pregunta clasificando la respuesta del sistema según los cuatro tipos de mantenimiento reconocidos por la ingeniería de software, conforme al marco teórico del apartado 2.3.

Tabla 48*Tipos de mantenimiento y respuesta del sistema*

Tipo	En qué consiste	Cómo responde el sistema	Evidencia
Correctivo	Corregir defectos detectados durante el uso o la verificación del sistema	Las correcciones posteriores a la primera versión se desplegaron de forma incremental. Además de los ajustes técnicos iniciales, la revisión de las reglas de negocio frente al articulado vigente reveló tres defectos de cálculo —franja nocturna desactualizada y fijada en el código, calendario de festivos incompleto y pérdida del recargo nocturno en domingo y festivo— cuya corrección quedó respaldada por una suite de pruebas automatizadas	Figura E1; apartado 14.3
Adaptativo	Ajustar el sistema cuando cambia el entorno técnico o normativo en el que se ejecuta	La capa de adaptación traduce las consultas entre el motor de desarrollo y el de producción. En el plano normativo, la incorporación de la franja nocturna al catálogo de parámetros y el cálculo programático del calendario de festivos permiten absorber cambios de esa naturaleza sin reescribir el módulo de liquidación	Apartados 11.2, 11.3 y 13.3
Perfectivo	Incorporar funciones nuevas o mejorar las existentes sobre un sistema que ya opera	Las líneas de crecimiento quedaron identificadas y priorizadas en las recomendaciones del apartado 15.1	Apartado 15.1
Preventivo o evolutivo	Anticipar los cambios previsibles para que no obliguen a rehacer el sistema	Los trece parámetros legales y de jornada se editan desde la propia aplicación y el calendario de festivos se calcula para cualquier año; los cambios normativos, que son la fuente de mantenimiento más previsible en una nómina, se resuelven sin programar ni volver a desplegar	Apartados 11.2 y 11.3

Nota. Tres condiciones encarecen hoy el mantenimiento y conviene tenerlas presentes: el sistema fue desarrollado por una sola persona, la suite de pruebas automatizadas de regresión cubre el módulo de liquidación pero no el registro de turnos, la emisión de comprobantes ni el control de acceso, y el plan de infraestructura empleado no incluye copias de seguridad automáticas. Las tres se declaran en el apartado 7 y se atienden en las recomendaciones del apartado 15.1.

El mantenimiento preventivo o evolutivo es el que sostiene el argumento central de este trabajo y el que concentra el aporte del diseño. La decisión de parametrizar los valores de liquidación y de calcular el calendario de festivos de forma programática, en lugar de fijarlos en el código, convierte el tipo de cambio más frecuente en una nómina —el cambio normativo— en una operación que no exige programar ni volver a desplegar. Los escenarios E11 y E12 del Apéndice I lo acreditan de manera empírica: una modificación del recargo dominical y una corrección del divisor de la hora ordinaria se absorbieron editando parámetros desde la propia aplicación. Es el resultado que separa a esta solución de un sistema que hubiera codificado las tarifas vigentes en 2026.

El mantenimiento correctivo merece una precisión, porque la evidencia que lo respalda no procede de una reclamación del negocio sino de la propia verificación. Los tres defectos de cálculo documentados en el apartado 11.4 se detectaron cotejando cada regla contra el articulado, y la suite de pruebas automatizadas descrita en el apartado 14.3 se construyó precisamente para impedir que reaparecieran. Esa suite es hoy el principal activo de mantenibilidad del proyecto, y también la medida de su límite: cubre el módulo de liquidación pero no el registro de turnos, la emisión ni el control de acceso.

13.7. Conclusión del objetivo específico 4

El cuarto objetivo específico se cumple en sus tres compromisos, con una delimitación que conviene enunciar desde el principio. En cuanto a la implementación, los módulos se programaron en el orden de prioridad previsto y la estructura del proyecto reproduce la separación en capas de

la arquitectura, correspondencia que se acredita en la Figura H1 y que resultó determinante para que las correcciones del apartado 11.4 se resolvieran interviniendo un solo paquete.

En cuanto a los mecanismos de seguridad, se implementaron los seis controles que responden a los requerimientos RNF-01 a RNF-05 y a las medidas de mitigación del apartado 2.3.9, y su presencia en el código se acredita mediante los fragmentos de las Figuras H2 a H5. Dos de ellos, los que protegen frente a la falsificación de peticiones y los que controlan el acceso por rol, se verificaron además en su comportamiento mediante quince peticiones emitidas contra el servidor, todas aprobadas, según se reporta en el apartado 13.3. Se deja constancia de que esa verificación se ejecutó sobre una instancia local levantada desde el repositorio desplegado y no sobre el servicio en la nube, que se encontraba suspendido.

En cuanto al despliegue, el sistema opera en un entorno de producción real, con acceso público sobre canal cifrado y persistencia verificada entre despliegues sucesivos, según acredita el Apéndice E. La delimitación es la siguiente: el despliegue tuvo carácter de verificación y no de puesta en servicio. El sistema no quedó en operación productiva en la panadería, porque el plan gratuito sobre el que se desplegó suspende el servicio por inactividad y no incluye copias de seguridad, de modo que la operación permanente exige contratar un plan pago cuyo costo se analiza en el apartado 2.5.3. Esta circunstancia, declarada también en los apartados 6.5 y 6, acota el alcance de lo verificado: se acreditó que el sistema puede desplegarse y operar en producción, no que esté operando. El administrador del establecimiento operó el sistema y verificó su funcionamiento a lo largo de las revisiones sostenidas al cierre de cada iteración, de la sesión de prueba guiada consignada en el cronograma del apartado 10.19 y de las sesiones de evaluación de agosto de 2026, oportunidades en las que se le expusieron las condiciones que delimitan el alcance

de lo entregado. Su aceptación se formalizó por escrito mediante el acta suscrita el 12 de septiembre de 2026, que se recoge en el Apéndice M.

14. Resultados del objetivo específico 5

Este capítulo reporta el quinto objetivo específico: evaluar el sistema mediante pruebas funcionales contrastadas con liquidaciones calculadas de forma independiente, la medición del tiempo de procesamiento frente a la línea base y la aplicación de un instrumento de usabilidad.

14.1. Plan de pruebas

Los criterios de verificación del quinto objetivo se establecieron con anterioridad a la ejecución, según se declara en el apartado 9.7 y se recoge en la Tabla 4. Este apartado los desarrolla en un plan que precisa el alcance de lo que se somete a prueba, los tipos de prueba aplicados, la estrategia de derivación de los casos, el entorno de ejecución y los criterios de aceptación, de modo que los resultados que se reportan a continuación puedan leerse contra un marco declarado y no como una descripción de lo que finalmente se hizo.

El alcance comprende los cuatro aspectos que el objetivo compromete y excluye expresamente otros dos. Se somete a prueba, en primer lugar, la corrección del motor de liquidación, entendida como la correspondencia entre el valor que el sistema calcula y el que arroja el cálculo manual independiente de la misma jornada. En segundo lugar, la no regresión de ese motor frente a modificaciones posteriores del código. En tercer lugar, el tiempo de procesamiento del ciclo completo de liquidación, contrastado con la medición diagnóstica retrospectiva del procedimiento manual. Y en cuarto lugar, la usabilidad percibida por el usuario responsable del proceso. Quedan fuera del alcance la prueba de carga o de concurrencia, improcedente en un sistema destinado a dos usuarios simultáneos como máximo, y la prueba de penetración, que excede los medios del trabajo.

Se aplicaron cuatro tipos de prueba. Las pruebas funcionales de caja negra verifican el resultado del cálculo sin considerar su implementación interna, y se ejecutan mediante escenarios

que declaran un resultado esperado antes de conocerse el obtenido. Las pruebas automatizadas de regresión, de caja blanca, ejercitan las funciones del módulo de liquidación de forma repetible. Las pruebas de comportamiento sobre los controles de seguridad, reportadas en el apartado 13.3, emiten peticiones contra el servidor y registran su respuesta. Y la evaluación de usabilidad aplica un instrumento estandarizado al usuario responsable del proceso.

La derivación de los casos siguió tres criterios y no la búsqueda de una cobertura exhaustiva, impracticable en el tiempo disponible. El primero fue la frecuencia en la operación del negocio, que determinó los escenarios de turno diurno ordinario, nocturno, dominical y festivo. El segundo fue el riesgo de error del cálculo, que determinó los escenarios de horas extra, de acumulación de turnos parciales y de turno que cruza la frontera de la franja nocturna. El tercero fue la cobertura de las reglas de negocio formalizadas en el apartado 11.1: cada una de las trece debía quedar asociada al menos a un escenario que la verificara, correspondencia que se sistematiza en la Tabla 39 del apartado 11.5. A los escenarios así derivados se sumaron dos posteriores, E11 y E12, motivados por cambios de la parametrización que se documentan en su lugar.

El entorno de ejecución de las pruebas funcionales fue el sistema desplegado en producción, operado desde el navegador con las credenciales de administrador, sobre datos ficticios contruidos para ese fin conforme al apartado 8.3 y con la configuración de parámetros que se detalla en la Tabla I1 del Apéndice I. Las pruebas automatizadas se ejecutan sobre una base de datos aislada que se crea y se destruye con cada corrida. La medición de tiempos y la evaluación de usabilidad se ejecutaron en las instalaciones del negocio con el administrador como operador, en las condiciones y con las limitaciones declaradas en el apartado 6.

Los criterios de aceptación son cuatro, uno por cada aspecto del alcance, y se declaran aquí en los términos en que se aplicaron. Un escenario funcional se considera aprobado cuando el valor obtenido coincide con el esperado en la totalidad de sus componentes —salario, devengos, deducciones y neto— y no solo en el neto, de modo que una compensación entre dos errores no pueda pasar por un acierto. La suite automatizada se considera aprobada cuando la totalidad de sus casos se completa sin fallos. La reducción del tiempo se evalúa contra la medición diagnóstica del apartado 10.6, sin umbral previo, dado que no existía referencia sectorial contra la cual fijarlo. Y el resultado de usabilidad se interpreta conforme a las escalas de referencia del instrumento, con las salvedades que impone un único respondiente.

Declarado el plan, procede precisar por qué medio queda verificado cada uno de los veintidós requerimientos funcionales, de modo que pueda responderse esa pregunta para cualquiera de ellos sin reconstruir la respuesta a partir de los apartados siguientes. La matriz distingue dos situaciones. Un requerimiento se considera verificado por ejecución cuando su comportamiento se ejercitó y se registró el resultado, sea mediante un escenario del Apéndice I, un caso de la suite automatizada o una comprobación de la Tabla 47. Se considera verificado por inspección cuando su cumplimiento se constató examinando la pantalla o el fragmento de código que lo implementa, sin ejercitar su comportamiento. La segunda situación es de menor fuerza probatoria y por eso se declara de manera expresa en lugar de presentarse como equivalente a la primera.

Tabla 46*Matriz de cobertura de los requerimientos funcionales por medio de verificación*

ID	Medio de verificación	Resultado
RF-01	Comprobaciones RNF-05.9 y RNF-05.10 de la Tabla 47; inspección de la Figura H2	Verificado por ejecución
RF-02	Inspección del fragmento de código de la Figura H3	Verificado por inspección
RF-03	Inspección de la pantalla de la Figura D2	Verificado por inspección
RF-04	Comprobaciones RNF-05.1 a RNF-05.8 de la Tabla 47	Verificado por ejecución
RF-05	Inspección de la pantalla de la Figura D6	Verificado por inspección
RF-06	Inspección de la pantalla de la Figura D6	Verificado por inspección
RF-07	Escenarios E11 y E12; inspección de las Figuras D8, H7 e I1	Verificado por ejecución
RF-08	Inspección de la pantalla de la Figura D8	Verificado por inspección
RF-09	Escenarios E01 a E12; inspección de la Figura D3	Verificado por ejecución
RF-10	Inspección del fragmento de código de la Figura H6	Verificado por inspección
RF-11	Escenarios E01 a E12, que liquidan registros confirmados	Verificado por ejecución
RF-12	Inspección del fragmento de código de la Figura H6	Verificado por inspección
RF-13	Escenario E08	Verificado por ejecución
RF-14	Escenarios E01 a E04, E09 a E12; clases PruebasRepartoPorFranja y PruebasFestivos	Verificado por ejecución
RF-15	Escenarios E05 a E07; clase PruebasTurnosParciales	Verificado por ejecución
RF-16	Escenarios E01 a E12; suite automatizada completa	Verificado por ejecución

ID	Medio de verificación	Resultado
RF-17	Escenarios E01 a E12; comprobantes de las Figuras I2 a I14	Verificado por ejecución
RF-18	Clase PruebasCompatibilidadComprobantesAntiguos	Verificado por ejecución
RF-19	Inspección de la declaración de rutas de la Figura H5	Verificado por inspección
RF-20	Inspección de la pantalla de la Figura D10	Verificado por inspección
RF-21	Escenarios E01 a E12, todos con rango de fechas seleccionado	Verificado por ejecución
RF-22	Inspección del fragmento de código de la Figura H6	Verificado por inspección

Nota. Elaboración propia. El enunciado completo de cada requerimiento se recoge en la Tabla 19 del apartado 10.12. Catorce de los veintidós requerimientos quedan verificados por ejecución y ocho por inspección. Estos últimos corresponden en su mayoría a funciones de administración y consulta —gestión de trabajadores, catálogo de turnos, historial y reimpresión— cuyo comportamiento no incide en el valor liquidado, que es el objeto de los escenarios del Apéndice I y de la suite automatizada.

14.2. Pruebas funcionales de liquidación

Se ejecutaron doce escenarios de prueba sobre el módulo de liquidación, seleccionados por corresponder a las situaciones más frecuentes en la operación del negocio y a los puntos de mayor riesgo de error del cálculo: turno diurno ordinario, turno nocturno completo, turno dominical, turno en día festivo, horas extra diurnas, horas extra nocturnas, acumulación de turnos parciales que excede la jornada, periodo con préstamo y abono, turno que cruza el inicio de la franja nocturna, concurrencia del recargo nocturno y el dominical sobre una misma hora, aplicación del recargo dominical del noventa por ciento vigente desde julio de 2026, y liquidación con la hora ordinaria

derivada del divisor de doscientas diez horas correspondiente a la jornada de cuarenta y dos horas semanales. Para cada escenario se declaró previamente el resultado esperado, calculado de forma independiente, y se contrastó con el resultado obtenido en el sistema.

La configuración empleada en las pruebas se derivó del salario mínimo legal mensual vigente para 2026 y de los porcentajes de recargo del Código Sustantivo del Trabajo. La derivación de cada valor y el plan completo se recogen en las tablas I1 e I2 del Apéndice I. Documentar esa derivación permite verificar que el motor de liquidación reproduce correctamente la estructura legal de recargos sobre la hora ordinaria, y no únicamente que multiplica de forma consistente los valores que se le suministran.

El escenario E09 merece mención propia: un turno de 18:00 a 22:00 debe clasificarse como una hora diurna y tres nocturnas, mientras que bajo la regulación anterior al 25 de diciembre de 2025 las cuatro horas se habrían remunerado como diurnas. Su inclusión verifica dos comportamientos a la vez: que el sistema aplica la franja establecida por el artículo 10 de la Ley 2466 de 2025, y que reparte las horas de un mismo turno entre ambas franjas en lugar de atribuir las íntegramente a la categoría que corresponde a su hora de inicio. Este escenario fue el que puso de manifiesto ambas deficiencias en la versión anterior del sistema y motivó su corrección.

El escenario E11 atiende una circunstancia distinta. Los escenarios E01 a E10 se fechan en el primer semestre de 2026 y se ejecutaron con el recargo dominical y festivo del ochenta por ciento, vigente en ese periodo. Dado que el calendario del artículo 14 de la Ley 2466 de 2025 eleva ese porcentaje al noventa por ciento a partir del 1 de julio de 2026, se incorporó un escenario adicional que repite exactamente el turno de E10 —seis horas de 16:00 a 22:00 en domingo— fechado en el segundo semestre y con las tarifas actualizadas al noventa por ciento. La única variable que cambia entre ambos escenarios es la tarifa, de modo que el efecto del cambio

normativo queda aislado: el salario del periodo pasa de \$86.460 a \$90.837 y el neto, de \$140.972 a \$145.349. El escenario acredita, en un mismo acto, que el sistema liquida conforme al porcentaje vigente y que absorber la reforma no exigió modificar el código fuente sino editar dos parámetros desde la pantalla de configuración.

Debe precisarse el alcance del criterio de aceptación aplicado: la correspondencia entre el resultado del sistema y el resultado del cálculo independiente con idéntica configuración. Que dicha configuración se haya derivado de valores legales no significa que el sistema verifique por sí mismo la legalidad de los valores que se le configuren, según se declara en el apartado 6.4.

Se precisa el alcance de estas pruebas: los escenarios verifican el motor de liquidación sobre jornadas controladas, construidas para aislar cada regla de cálculo, y no la liquidación de una nómina mensual completa de la totalidad de la planta. Los doce escenarios se ejecutaron sobre el sistema desplegado y en los doce el resultado obtenido coincidió con el resultado esperado, sin que se identificara ninguna diferencia que exigiera corrección. En los escenarios E03 y E04 el valor obtenido difiere en cincuenta centavos del que arroja el cálculo aritmético directo, diferencia prevista y declarada de antemano en el resultado esperado, que obedece a la convención de redondeo de la regla RN-13 y se detalla en el Apéndice I; se documenta por transparencia y no constituye un defecto del cálculo.

14.3. Pruebas automatizadas de regresión

A las pruebas funcionales ejecutadas de forma manual se sumó una suite de pruebas automatizadas sobre el módulo de liquidación, construida durante la fase de corrección de los defectos descritos en los apartados 11.3 y 11.4. La suite comprende veintisiete casos organizados en seis grupos: el calendario de festivos, el reparto de horas entre franjas, los turnos parciales, la

configurabilidad de la hora de inicio nocturna, la concurrencia de recargos y la compatibilidad con los comprobantes emitidos antes de los cambios.

Su valor no reside únicamente en verificar el estado actual del sistema, sino en advertir de forma automática si una modificación posterior altera el comportamiento de un escenario previamente validado. Este mecanismo atiende el riesgo R-06 identificado en el apartado 10.18, que hasta ese momento carecía de mitigación efectiva.

Figura 21

Ejecución de la suite de pruebas automatizadas

```
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_dos_festivos_pueden_caer_el_mismo_dia
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_dos_festivos_pueden_caer_el_mismo_dia PASSED [ 3%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_el_anio_tiene_dieciocho_festivos_distintos PASSED [ 7%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_elresto_de_anios_cercanos_tienen_dieciocho
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_elresto_de_anios_cercanos_tienen_dieciocho PASSED [ 11%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_fechas_festivas
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_fechas_festivas PASSED [ 14%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_recibo_delega_en_el_modulo_de_festivos PASSED [ 18%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasFestivos::test_san_jose_se_traslado_y_el_19_no_es_festivo PASSED [ 22%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRepartoPorFranja::test_casos_de_reparto
tests/test_liquidacion.py::PruebasRepartoPorFranja::test_casos_de_reparto PASSED [ 25%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRepartoPorFranja::test_el_reparto_conserva_la_duracion_total PASSED [ 29%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRepartoPorFranja::test_horas_invalidas_no_rompen_el_calculo PASSED [ 33%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasTurnosParciales::test_elorden_de_los_tramos_no_altera_el_resultado PASSED [ 37%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasTurnosParciales::test_seis_horas_mas_cuatro_horas_con_jornada_de_ocho PASSED [ 40%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasTurnosParciales::test_un_solo_tramo_nocturno_dentro_de_la_jornada PASSED [ 44%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasHoraInicioNocturnaConfigurable::test_al_guardar_veintiuno_cambia_el_reparto PASSED [ 48%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasHoraInicioNocturnaConfigurable::test_devuelve_el_default_si_la_clave_no_existe PASSED [ 51%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasHoraInicioNocturnaConfigurable::test_la_clave_esta_expuesta_en_la_pantalla_de_configuracion PASSED [ 55%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasHoraInicioNocturnaConfigurable::test_validacion_del_rango_permitido
tests/test_liquidacion.py::PruebasHoraInicioNocturnaConfigurable::test_validacion_del_rango_permitido PASSED [ 59%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_el_comprobante_emitido_guarda_el_concepto_nocturno PASSED [ 62%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_el_mismo_turno_en_dia_ordinario_no_cambio PASSED [ 66%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_la_valorizacion_usa_las_tarifas_nuevas PASSED [ 70%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_los_turnos_parciales_tambien_se_reparten PASSED [ 74%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_sin_la_tarifa_nueva_se_usa_la_dominical_como_respaldo PASSED [ 77%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_turno_a_caballo_en_domingo_se_reparte_entre_las_dos_franjas PASSED [ 81%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_turno_a_caballo_en_festivo_se_reparte_entre_las_dos_franjas PASSED [ 85%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_turno_nocturno_en_domingo_no_pierde_el_recargo_nocturno PASSED [ 88%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasRecargosConcurrentes::test_un_festivo_en_domingo_conserva_la_precedencia_de_festivo PASSED [ 92%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasCompatibilidadComprobantesAntiguos::test_la_migracion_agrega_las_columnas_que_faltan PASSED [ 96%]
tests/test_liquidacion.py::PruebasCompatibilidadComprobantesAntiguos::test_se_abre_sin_error_y_con_las_columnas_nuevas_en_cero PASSED [100%]

===== 27 passed, 28 subtests passed in 0.27s =====

> .venv  ▢ _Trabajo de grado/sistema_gestion_nomina  ▢ main  ▢ 7 • +816 -81
```

Nota. Salida de la ejecución de la suite sobre el módulo de liquidación. Los veintisiete métodos de prueba, algunos de los cuales verifican más de una asección sobre el mismo escenario, se completan sin fallos. El grupo de compatibilidad verifica que los comprobantes emitidos con anterioridad a la incorporación de las categorías nocturnas de domingo y festivo se abren sin error y con las columnas nuevas en cero.

14.4. Reducción del tiempo de procesamiento

Se cronometró el ciclo completo de emisión de un comprobante, contado desde la selección del trabajador hasta la generación del documento, incluida la revisión de la vista previa por parte del administrador. La medición se realizó sobre el sistema desplegado durante el periodo de pruebas y no sobre una operación en curso del negocio, según se precisa en el apartado 6.5. El resultado se contrasta a continuación con la línea base establecida en el apartado 10.6.

Tabla 49

Comparación del tiempo de procesamiento frente a la línea base

Actividad	Proceso manual (línea base)	Sistema desarrollado	Reducción
Tiempo promedio por trabajador	16,0 minutos	6,67 minutos	58,3 %
Liquidación de una quincena completa (ocho trabajadores)	122,5 minutos estimados	51,0 minutos estimados	58,3 %
Desviación estándar entre casos	5,10 minutos	1,97 minutos	61,4 %
Amplitud entre el caso más breve y el más extenso	14 minutos	5 minutos	64,3 %
Caso más costoso: trabajador con pago por horas	24 minutos	9 minutos	62,5 %

Nota. Elaboración propia. La medición sobre el sistema replicó el diseño de la línea base: los mismos tres trabajadores, en los mismos dos periodos recreados y bajo las mismas condiciones de préstamo, para un total de seis mediciones, cuyo detalle individual se presenta en la Tabla 50. Los porcentajes de reducción se calculan sobre los valores sin redondear. El ciclo cronometrado sobre el sistema comprende el registro de los turnos del periodo, la selección del trabajador y del rango de fechas, la revisión de la vista previa y la emisión del comprobante.

Tabla 50

Medición cronometrada del tiempo de liquidación por trabajador sobre el sistema

Medición	Periodo	Trabajador	Tiempo (minutos)	Condiciones del ciclo medido
S-01	Quincena 1	T-01	4	Sin préstamos ni novedades de nómina
S-02	Quincena 1	T-02	6	Préstamo vigente con el negocio y adelanto de quincena
S-03	Quincena 1	T-03	9	Vinculación con pago por horas, sin préstamos
S-04	Quincena 2	T-01	6	Un préstamo registrado en el periodo
S-05	Quincena 2	T-02	6	Cancelación del préstamo que tenía pendiente
S-06	Quincena 2	T-03	9	Vinculación con pago por horas, sin préstamos

Nota. Elaboración propia. Mediciones tomadas el 18 de agosto de 2026 sobre el sistema desplegado, replicando el diseño y los casos de la Tabla 12: los mismos tres trabajadores, en los mismos dos periodos quincenales recreados y bajo las mismas condiciones de préstamo. El registro de campo del que procede esta tabla se recoge en la Tabla K3 del Apéndice K, con la misma estructura que el de la línea base. El ciclo cronometrado comprende el registro de los turnos del periodo, la selección del trabajador y del rango de fechas, la revisión de la vista previa y la emisión del comprobante. Se precisa que el sistema no dispone de un rol capaz de ejecutar el ciclo completo: el registro de turnos está reservado al encargado y la emisión del comprobante, al administrador. En consecuencia, el informante ejecutó la primera parte del ciclo con una cuenta de rol encargado, cerró la sesión y continuó con su propia cuenta de administrador. El tiempo reportado incluye ese cambio de sesión. La media es de 6,67 minutos y la desviación estándar, de 1,97 minutos.

La lectura de estos resultados exige cuatro precisiones.

La primera concierne a la composición de los ciclos comparados, y es la de mayor incidencia sobre la interpretación de la cifra. El ciclo medido en el proceso manual comienza cuando el administrador consulta los turnos *ya anotados* en el cuaderno: no incorpora el tiempo que el encargado empleó en anotarlos día a día. El ciclo medido sobre el sistema, en cambio, sí incorpora el registro de los turnos del periodo, además de la selección del trabajador, la revisión

de la vista previa y la emisión del comprobante, y comprende el cambio de sesión que impone la separación de roles, según se detalla en la nota de la Tabla 50. La comparación presenta, por tanto, una diferencia en el alcance de las actividades medidas, debido a que el ciclo manual parte de información previamente registrada mientras que al ciclo automatizado se le imputa esa captura. Por esta razón, el resultado debe interpretarse como una comparación del tiempo requerido para las actividades consideradas en cada procedimiento y no como una medición integral de todo el ciclo operativo. En consecuencia, y considerada esta circunstancia de forma aislada, la reducción del 58,3 % operaría como un valor mínimo respecto del proceso completo. Debe advertirse, sin embargo, que otras condiciones del diseño operan en sentido contrario —en particular el orden en que se cronometraron ambas tandas, según se declara en el capítulo 7—, de modo que la dirección neta del sesgo no puede determinarse y la cifra no admite leerse como cota inferior de la mejora esperable en operación. Se opta por reportar el dato en estos términos, y no por estimar la diferencia mediante una corrección no medida, porque el trabajo prefiere una cifra conservadora sustentada en la observación a una cifra favorable sustentada en un supuesto.

La segunda es que, aun bajo esa asimetría, la reducción del tiempo promedio es del 58,3 % y no del orden de magnitud que suele atribuirse a este tipo de intervenciones. La explicación es que el ciclo sobre el sistema no constituye un procesamiento automático sino una interacción: el sistema elimina el cálculo, la clasificación de las horas y la elaboración manual del soporte, pero conserva la captura de la jornada y la verificación previa a la emisión, que constituyen la mayor parte del tiempo restante.

La tercera es que la dispersión se reduce en mayor proporción que el promedio. La desviación estándar cae de 5,1 a 2,0 minutos y la amplitud entre el caso más breve y el más extenso, de catorce a cinco minutos. Esto significa que el sistema no solo acorta el ciclo sino que lo vuelve

predecible: el tiempo de liquidación deja de depender de si el trabajador tiene un préstamo vigente o de la legibilidad de una anotación.

La cuarta matiza a la anterior. El coeficiente de variación, que expresa la desviación como proporción del promedio y permite comparar la dispersión de dos conjuntos de magnitud distinta, permanece prácticamente igual: 29,5 % con el sistema frente al 31,9 % del proceso manual. La lectura es la siguiente: el sistema redujo todos los tiempos aproximadamente en la misma proporción, pero no acortó la distancia relativa entre el caso más sencillo y el más complejo. El ciclo más extenso medido sobre el sistema fue de nueve minutos, con lo que queda verificado el requerimiento RNF-12, cuyo umbral se fijó en diez minutos al especificarse los requerimientos no funcionales, con anterioridad a la ejecución de las mediciones. En el proceso manual, liquidar al trabajador vinculado por horas costaba 2,4 veces lo que costaba liquidar al trabajador sin novedades; con el sistema, cuesta 2,25 veces.

Esta persistencia se explica por la composición del ciclo descrita en la primera precisión. Conviene descartar previamente una hipótesis que la sola lectura de los tiempos podría sugerir: que el sistema no contemple la modalidad de pago por horas. Sí la contempla. El módulo de registro admite dos tipos de jornada, la de turno completo, que se selecciona del catálogo configurado, y la de turno parcial, en la que el encargado digita libremente la hora de inicio y la de finalización, y permite acumular varios turnos parciales de un mismo trabajador en una misma fecha.

La diferencia no reside, por tanto, en el cálculo —que es automático e idéntico para ambas modalidades, y que presenta la liquidación agrupada por concepto— sino en la captura. Registrar un turno completo se resuelve seleccionando del catálogo el turno que corresponde; registrar una jornada por horas exige digitar la hora de inicio y la de finalización de cada tramo trabajado, de

modo que el número de digitaciones por periodo se multiplica cuando la jornada se fragmenta. Dado que el ciclo cronometrado incorpora el registro, esa diferencia de esfuerzo se traslada al tiempo medido. La estabilidad del dato la respalda: el trabajador vinculado por horas empleó nueve minutos en los dos periodos medidos, mientras que los otros dos oscilaron entre cuatro y seis.

Debe considerarse, por último, un posible efecto de aprendizaje: las seis mediciones se tomaron en una única sesión, tras un intervalo de aproximadamente dos meses sin uso del sistema, condición que no reproduce la de un uso rutinario. La estabilidad del valor a lo largo de la sesión sugiere que su incidencia fue menor, dado que una curva de aprendizaje habría producido tiempos decrecientes; con seis mediciones tomadas en una sola sesión, no obstante, la observación es indicativa y no concluyente. La repetición de la medición tras un periodo de uso rutinario se incorpora a las recomendaciones.

14.5. Efecto del sistema sobre las inconsistencias de la línea base

La pregunta de investigación comprende dos magnitudes: el tiempo de procesamiento, del que se ocupa el apartado anterior, y las inconsistencias de registro y de cálculo, que la revisión documental del apartado 10.6 cuantificó en veintitrés ocurrencias distribuidas en cuatro de las seis categorías registradas sobre tres periodos quincenales. Este apartado confronta cada una de esas categorías con el mecanismo del sistema que la atiende.

Se precisa de antemano la naturaleza de la evidencia que aquí se ofrece, porque determina el alcance de lo que puede afirmarse. El sistema no fue puesto en operación productiva, según se declara en el apartado 6.5, de modo que no existe un periodo de operación real sobre el cual repetir la revisión documental y contar las ocurrencias restantes. Lo que se acredita, en consecuencia, no es una reducción medida sino una supresión por diseño: en cada caso la inconsistencia deja de ser posible porque el mecanismo que la producía desaparece, y esa supresión se verifica

funcionalmente sobre el sistema desplegado. La distinción es relevante y se mantiene en las conclusiones: la reducción del tiempo es un dato medido; la de las inconsistencias, una propiedad verificada del artefacto, pendiente de confirmación en operación.

Conviene además recordar el sentido que estas categorías tienen en el diagnóstico. Ninguna de las veintitrés ocurrencias corresponde a un error en el valor pagado, según se establece en el apartado 10.6: describen esfuerzo de verificación, reproceso y ausencia de rastro, no cálculos incorrectos. Lo que el sistema suprime es, por tanto, la fragilidad del soporte sobre el que descansa un resultado que hoy es correcto, y no un resultado defectuoso.

Tabla 51

Confrontación de las dificultades de la línea base con los mecanismos del sistema

Dificultad de la línea base	Ocurrencias observadas	Mecanismo del sistema que la atiende	Evidencia funcional
I-01	5	Campos de hora de inicio y de fin obligatorios, con formato validado en el momento de la captura (RF-09, RN-01, RN-02)	E01 a E12; clase Pruebas Reparto Por Franja
I-02	3	Marca automática de registro extemporáneo y sello de fecha y hora de captura, visibles en la vista de auditoría (RF-12, RF-22, CU-14, CU-21)	Figura H6
I-03	0	Registro fuera de fecha admitido hasta siete días, con constancia de la circunstancia (RF-12, CU-11)	Figura H6
I-04	11	Supresión del cálculo manual: el comprobante se genera a partir de los turnos registrados y de los parámetros configurados (RF-14 a RF-17)	E01 a E12; Figuras I2 a I14
I-05	4	Préstamo y abono capturados como atributos del registro de turno, con	E08; Figura I9

Dificultad de la línea base	Ocurrencias observadas	Mecanismo del sistema que la atiende	Evidencia funcional
		fecha y trabajador determinados por el propio registro (RF-13, RN-11)	
I-06	0	Numeración consecutiva asignada por el sistema al emitir, con formato de comprobante uniforme (RF-17)	Figuras I2 a I12

Nota. Elaboración propia. Las dificultades y sus frecuencias provienen de la Tabla 14 y del Apéndice K. Las categorías I-03 e I-06 registran cero ocurrencias: se conservan porque el mecanismo correspondiente preserva una práctica que el negocio ya cumple, y su ausencia en el sistema habría constituido un retroceso frente al procedimiento manual.

Tres observaciones cierran el apartado. La primera es que cuatro de las seis categorías — I-01, I-02, I-04 e I-05— quedan atendidas por el diseño del sistema y no por la diligencia del usuario: el sistema no admite un registro sin horas, no permite capturar una jornada sin dejar sello de cuándo se capturó, no ofrece ningún punto en el que un valor pueda escribirse a mano sobre el comprobante, y no acepta un préstamo que no esté adherido a un registro de turno con su fecha y su trabajador. La segunda es que las veintitrés ocurrencias observadas se concentran en las categorías I-04 e I-01, que suman dieciséis, y ambas corresponden a los dos mecanismos de supresión más directos. La tercera es que la trazabilidad que el sistema añade sobre I-02 —el sello de captura y la marca de extemporaneidad— no elimina la práctica de registrar con retraso, que puede responder a razones legítimas de la operación, sino que la vuelve visible; es, de las seis, la única en la que el sistema sustituye la supresión por la constancia.

14.6. Evaluación de usabilidad

La evaluación de usabilidad se realizó mediante la aplicación de la escala System Usability Scale, fundamentada en el apartado 2.3.7, al administrador del negocio, quien es el usuario

responsable del proceso de liquidación. El instrumento se aplicó el 17 de agosto de 2026, con posterioridad a que el informante ejecutara sobre el sistema desplegado las tareas propias de su rol, en las revisiones informales sostenidas al cierre de cada iteración y en la sesión de prueba guiada consignadas en el cronograma del apartado 10.19. Se precisa que la medición cronometrada del ciclo, reportada en el apartado 14.4, se ejecutó al día siguiente de la aplicación del instrumento. El formulario diligenciado se recoge en el Apéndice J.

Tabla 52

Respuestas obtenidas en la escala SUS y su conversión a puntaje

N.º	Enunciado	Respuesta	Regla	Aporte
1	Creo que usaría este sistema con frecuencia	5	Respuesta menos 1	4
2	Encontré el sistema innecesariamente complejo	2	5 menos respuesta	3
3	Me pareció fácil de usar	4	Respuesta menos 1	3
4	Necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos	1	5 menos respuesta	4
5	Las distintas funciones están bien integradas entre sí	5	Respuesta menos 1	4
6	Me pareció que el sistema tiene demasiadas inconsistencias	1	5 menos respuesta	4
7	La mayoría de las personas aprendería a usarlo muy rápido	5	Respuesta menos 1	4
8	Me resultó muy incómodo de usar	1	5 menos respuesta	4
9	Me sentí seguro al usarlo	5	Respuesta menos 1	4
10	Necesité aprender muchas cosas antes de manejarlo con el sistema	2	5 menos respuesta	3

N.º	Enunciado	Respuesta	Regla	Aporte
Suma de aportes	—	—	—	37
Puntaje SUS	Suma multiplicada por 2,5	—	—	92,5

Nota. Elaboración propia a partir del instrumento diligenciado. Los enunciados pares están redactados en sentido negativo, conforme al diseño original de Brooke (1996), razón por la cual su conversión invierte la escala.

El resultado de 92,5 sobre 100 se ubica en el rango que la literatura asocia a una usabilidad buena, si bien corresponde a la percepción de un único usuario y no constituye una medida general de la usabilidad del sistema. Debe subrayarse, sin embargo, el alcance de este dato. Los valores de referencia habituales de la escala —68 puntos como promedio histórico y 80 como umbral de usabilidad buena— proceden de distribuciones construidas sobre cientos de aplicaciones y decenas de respondientes cada una, de modo que un puntaje individual no admite ese contraste. El dato expresa la valoración del usuario responsable del proceso y no una medida poblacional de la usabilidad del sistema. Esta limitación se declara en el apartado 6.

El instrumento recogió además dos observaciones abiertas del informante, cuyo valor cualitativo excede al del puntaje.

La primera señala que la sección de configuración de valores base le resultó de manejo difícil. La observación merece atención porque recae precisamente sobre el módulo que sustenta el aporte central del trabajo: la parametrización de las reglas de liquidación es la funcionalidad que permite absorber los cambios normativos, y es también la que el usuario percibe como menos accesible.

Indagado sobre el origen de esa dificultad, el informante precisó que no obedece a la disposición de los campos ni a la mecánica de la pantalla, sino a que carece de formación contable y debió averiguar por sus propios medios cuáles eran los valores legales que correspondía digitar. La precisión es determinante, porque desplaza el problema de la interfaz al supuesto que la interfaz incorpora. La norma ISO 9241-11 (Organización Internacional de Normalización, 2018) define la usabilidad en función de un usuario y un contexto de uso determinados, y no como propiedad abstracta del producto; bajo esa definición, un formulario que exige al usuario un conocimiento que este no posee presenta un problema de usabilidad aunque su diseño visual sea impecable.

De aquí se sigue el hallazgo más relevante de esta evaluación. La parametrización, que constituye la decisión de diseño de mayor rendimiento del proyecto, tiene un costo que el trabajo no había explicitado: al extraer del código los valores susceptibles de cambio normativo, los traslada a un usuario que debe conocerlos. En una organización con área contable ese traslado es inocuo. En un micronegocio, donde quien administra la nómina no tiene formación en la materia, convierte al usuario en responsable de una verificación para la que no está preparado. El sistema le pide once valores monetarios, de los trece parámetros del catálogo, y no le ofrece ninguna ayuda para determinarlos ni ninguna advertencia si se equivoca.

Esta constatación refuerza, desde la evidencia de uso y no solo desde el argumento normativo, la recomendación de calcular los recargos como porcentajes legales sobre el valor de la hora ordinaria. Bajo ese esquema el usuario dejaría de tener que conocer once valores para pasar a conocer uno solo —el salario mínimo mensual vigente, dato de difusión pública anual— y el sistema derivaría de él los demás aplicando los porcentajes del Código Sustantivo del Trabajo. La modificación resolvería simultáneamente la limitación de conformidad declarada en el apartado 6.4 y la dificultad de uso reportada por el informante.

La segunda destaca como especialmente útil que el sistema diferencie los turnos registrados por el encargado en fechas distintas a la actual. El dato es significativo porque esa funcionalidad no fue solicitada por el negocio: corresponde al requerimiento RF-12, propuesto por la estudiante a partir de las dificultades descritas en la entrevista y aceptado en la reunión de levantamiento, según consta en la matriz de origen del apartado 10.12. Que el usuario identifique como valiosa una funcionalidad que no pidió constituye evidencia de que el análisis de requerimientos aportó más que la mera transcripción de lo solicitado.

14.7. Persistencia y disponibilidad en producción

Una vez desplegado el sistema, se verificó que la información registrada permanece íntegra tras despliegues sucesivos de la aplicación, lo que acredita el cumplimiento del requerimiento RNF-11. El acceso se realiza mediante una dirección pública sobre canal cifrado, de modo que tanto el administrador como el encargado pueden operar el sistema desde cualquier dispositivo con navegador. Las restricciones de disponibilidad derivadas del plan de infraestructura empleado se declaran en los apartados 13.4, 5.5 y 6. Se reitera que estas verificaciones se realizaron durante el periodo de pruebas y que el servicio fue suspendido a su término.

14.8. Discusión

Los resultados obtenidos permiten sostener cinco afirmaciones, cada una con el alcance que su evidencia autoriza.

La primera es que resulta viable construir un sistema de gestión de nómina funcional para un micronegocio colombiano empleando exclusivamente tecnologías de código abierto y servicios en la nube de capa gratuita. Esta afirmación se sustenta en el despliegue efectivo del sistema y en la verificación de la persistencia de los datos, y queda acotada por las restricciones de disponibilidad documentadas: lo verificado es la viabilidad técnica de la construcción y del

despliegue, no la sostenibilidad de una operación permanente, que exige un plan pago aún no contratado.

La segunda es que la parametrización de los valores de liquidación constituye la decisión de diseño de mayor rendimiento del proyecto. Durante el propio periodo de desarrollo se produjo el escenario que la decisión anticipa: el 1 de julio de 2026, en plena ejecución del proyecto, el recargo dominical y festivo pasó del ochenta al noventa por ciento conforme al calendario del artículo 14 de la Ley 2466 de 2025. El escenario E11 del Apéndice I acredita que el sistema absorbió ese cambio editando dos parámetros, sin modificar el código fuente. Distinto es el caso de la franja nocturna: su modificación entró en vigencia el 25 de diciembre de 2025, con anterioridad al levantamiento, y lo que ocurrió durante el desarrollo no fue un cambio normativo sino el descubrimiento de que el programa traía fijado en el código el valor ya derogado, defecto propio que se documenta en el apartado 11.4. El caso resulta doblemente instructivo: en una versión anterior del sistema esa hora estaba fijada en el código y hubo que trasladarla al catálogo de parámetros, lo que muestra que la parametrización no es una propiedad que se obtenga por declaración sino una decisión que debe verificarse parámetro por parámetro. Esta afirmación es de carácter analítico y no se apoya en una medición experimental del costo de mantenimiento evitado.

Conviene matizarla, no obstante, con lo que la evaluación de usabilidad puso de manifiesto. La parametrización no elimina la necesidad de conocer la norma: la traslada del programador al usuario. En una organización con área contable ese traslado carece de consecuencias; en un micronegocio administrado por una persona sin formación en la materia, introduce un punto de falla nuevo, distinto del que se buscaba resolver. El sistema resiste el cambio normativo, pero su resistencia depende de que alguien advierta el cambio y sepa traducirlo a valores. La parametrización es, entonces, condición necesaria pero no suficiente para la sostenibilidad de una

solución de este tipo: requiere acompañarse de mecanismos que asistan al usuario en la determinación de los valores, sea derivándolos de un parámetro único, sea validándolos contra un referente legal.

Este matiz no invalida la decisión adoptada ni la convierte en un error advertido a posteriori. El sistema se concibió para intervenir el proceso de una organización determinada, con un único desarrollador y en el plazo de un trabajo de grado, y bajo esas condiciones la parametrización constituía un alcance íntegramente verificable que resolvía el problema planteado y producía la reducción de tiempo documentada en el apartado 14.4. Lo que la evaluación aporta no es la refutación de esa decisión sino la delimitación precisa de hasta dónde llega: la parametrización es suficiente para el negocio que la origina, en el que existe una persona que consulta y actualiza los valores legales cada año, y resulta insuficiente como producto generalizable a organizaciones que no cuenten con esa figura. Esa distinción, que solo la aplicación del instrumento de usabilidad permitió establecer, define con precisión el alcance de una segunda versión del sistema.

La tercera es que la revisión sistemática de las reglas de negocio frente al articulado vigente resultó indispensable y no redundante. Tres defectos de cálculo —la franja nocturna fijada en el código con la regulación derogada, el calendario incompleto de festivos y la pérdida del recargo nocturno en las jornadas dominicales y festivas— sobrevivieron a una primera ronda de pruebas funcionales porque los escenarios ejecutados no los alcanzaban. Solo aparecieron al construir los casos de prueba a partir de la norma y no a partir del comportamiento observado del sistema. La lección metodológica es que un plan de pruebas derivado de lo que el sistema hace confirma su consistencia interna, mientras que uno derivado de lo que la norma exige es el único que puede revelar una divergencia entre ambas.

La cuarta es que la conservación de una copia inmutable de los datos del trabajador en el momento de emitir el comprobante preserva la integridad de la información histórica frente a modificaciones posteriores del registro maestro, lo que resulta necesario para el valor probatorio del documento.

La quinta es que las cuatro categorías de inconsistencia efectivamente observadas en el proceso manual dejan de ser posibles en el sistema por construcción y no por diligencia de quien lo opera, y que las dos categorías verificadas sin ocurrencias quedan igualmente cubiertas por mecanismos del sistema, según se confronta en el apartado 14.5. Esta afirmación tiene un estatuto distinto del de la reducción de tiempo y conviene no confundirlos. La reducción de tiempo es un dato medido, con seis observaciones por cada procedimiento; la supresión de las inconsistencias es una propiedad del artefacto, verificada funcionalmente pero no observada en operación, porque el sistema no llegó a operar. Su confirmación exige repetir la revisión documental del apartado 10.6 sobre un periodo liquidado con el sistema, ejercicio que este trabajo deja formulado y no ejecutado. Se advierte, además, que el mecanismo que atiende la categoría I-02 no suprime la práctica del registro extemporáneo sino que la vuelve visible, de modo que en ese caso lo que el sistema aporta es constancia y no eliminación.

Estas afirmaciones admiten un contraste con los antecedentes revisados en el apartado 2.1, que permite situar el aporte del trabajo y también sus límites. El vacío identificado en el apartado 2.1.3 se articulaba en cuatro constantes, y los resultados obtenidos responden a tres de ellas de manera desigual.

Respecto de la primera constante —que el problema se aborda en organizaciones con área de talento humano o responsable con formación contable—, este trabajo documenta el caso de un micronegocio de ocho trabajadores en el que la liquidación recae en una sola persona sin formación

contable, y en el que la determinación de los valores legales corresponde a un tercero. Ninguno de los cuatro antecedentes opera en esa escala. La consecuencia práctica de esa diferencia es visible en el apartado 14.6: la pantalla de configuración, que en una organización con área contable sería un formulario rutinario, resultó el punto de mayor fricción de todo el sistema.

Respecto de la segunda —que las reglas se codifican en el programa y atan el sistema a la norma vigente al construirlo—, la parametrización de las trece reglas de negocio y la absorción del cambio del recargo dominical acreditada en el escenario E11 sitúan este trabajo junto a Ahmed et al. (2023), el único antecedente que también contempla la incorporación de conceptos sin modificar el programa. La diferencia es de objeto: aquel diseño parametriza asignaciones y deducciones, mientras que aquí se parametrizan los porcentajes de recargo y la franja horaria que los define, que son precisamente los parámetros que la reforma laboral colombiana modificó entre 2021 y 2025.

Respecto de la tercera —que ningún antecedente contrasta el tiempo posterior a la implantación contra una medición del proceso manual—, este trabajo aporta las dos mediciones y su comparación, con seis observaciones por procedimiento. Es su contribución más específica, y también la que exige más cautela: Cárcamo Cervantes y Pazmiño Manzaba (2018) cuantificaron el proceso manual pero no volvieron a medirlo, mientras que aquí ambas mediciones se ejecutaron el mismo día, sobre una recreación y con el sistema fuera de operación productiva. El contraste existe donde antes no lo había, pero se obtuvo en condiciones más débiles que las de un estudio antes-después convencional.

La comparación menos favorable es la de usabilidad. El puntaje de 92,5 obtenido en este trabajo procede de un único respondiente, mientras que Ahmed et al. (2023) reportan 87,8 sobre veinticinco usuarios. La cifra más alta es, en rigor, la menos informativa: un puntaje individual no

admite el tratamiento estadístico que sostiene al segundo, y la diferencia entre ambos valores no autoriza ninguna inferencia comparativa. Se consigna el contraste para dejar constancia de que, en esta dimensión, el diseño de evaluación de este trabajo es más débil que el del antecedente.

Frente a estas afirmaciones debe contrastarse una limitación de fondo que el propio trabajo documenta: el sistema aplica de forma consistente las reglas parametrizadas, pero no verifica por sí mismo que los valores configurados correspondan a los legales vigentes. La reducción de tiempo y la eliminación del error aritmético quedan acreditadas; la correspondencia entre los parámetros cargados y la norma sigue dependiendo del criterio de quien los actualiza. Esta distinción, declarada en el apartado 6.4, acota el alcance de la contribución y define la línea de evolución prioritaria del sistema.

15. Conclusiones

El trabajo alcanzó los cinco objetivos específicos formulados, con el alcance que se precisa a continuación.

Respecto del *primer objetivo*, se caracterizó el proceso vigente de liquidación de nómina en la panadería Ricuras de Cabañas mediante tres instrumentos de recolección, se estableció una línea base de tiempos e inconsistencias, se identificaron los actores del proceso y se especificaron veintidós requerimientos funcionales y trece no funcionales, cada uno con su origen documentado en un hallazgo del levantamiento y verificado mediante dos matrices de trazabilidad.

Respecto del *segundo objetivo*, las disposiciones del Código Sustantivo del Trabajo y de sus reformas aplicables al caso se tradujeron a trece reglas de negocio operativas, diez de las cuales quedaron asociadas a un parámetro editable desde la propia aplicación.

Respecto del *tercer objetivo*, se diseñó una arquitectura en tres capas conforme al patrón Modelo-Vista-Controlador, un modelo de datos relacional de cinco tablas y un mecanismo de trazabilidad que registra el autor, el momento y la condición de cada operación sobre los registros que sustentan la liquidación.

Respecto del *cuarto objetivo*, el sistema se implementó íntegramente con tecnologías de código abierto o de capa gratuita y se desplegó en un entorno de producción accesible mediante dirección pública sobre canal cifrado, incorporando los mecanismos de seguridad fundamentados en el marco de referencia y verificando la persistencia de la información entre despliegues sucesivos.

Respecto del *quinto objetivo*, las pruebas funcionales acreditaron la correspondencia entre el cálculo del sistema y el cálculo independiente en los doce escenarios definidos, la confrontación de la línea base con los mecanismos del sistema acreditó que las cuatro categorías de inconsistencia

efectivamente observadas quedan atendidas por mecanismos del diseño, y que las dos verificadas sin ocurrencias quedan cubiertas por mecanismos equivalentes, sin que ello se haya comprobado sobre un periodo de operación real, la medición del tiempo de procesamiento arrojó, en las condiciones de evaluación establecidas, un promedio 58,3 % menor y una dispersión 61,4 % menor que los observados durante la recreación del procedimiento manual. Este resultado procede de una evaluación aplicada con un número reducido de observaciones y debe interpretarse como evidencia del comportamiento del prototipo bajo las condiciones evaluadas, y no como una estimación generalizable de la reducción del tiempo en toda condición de operación, y la aplicación de la escala SUS arrojó un puntaje de 92,5 sobre 100.

Debe subrayarse el alcance de estas conclusiones: acreditan lo que el sistema construido es capaz de hacer, verificado en un entorno de producción real durante el periodo de pruebas. No acreditan un uso sostenido en el negocio, que no ha tenido lugar: el servicio fue suspendido al concluir la evaluación y su puesta en operación depende de la contratación de un plan de infraestructura pago por parte de la panadería, según se declara en el apartado 6.5.

El aporte central del trabajo consiste en documentar de extremo a extremo, con los artefactos propios de cada fase del ciclo de vida del software, la sistematización de un proceso de nómina en un micronegocio con recursos limitados y con un único desarrollador, dejando constancia explícita tanto de lo que la solución resuelve como de lo que no resuelve.

Conviene cerrar reconociendo que el ciclo de vida del software no termina con la entrega. La fase de mantenimiento se contempló desde el diseño: el módulo de configuración paramétrica existe precisamente para que los cambios normativos, que en materia laboral colombiana son al menos anuales, se resuelvan actualizando valores desde la aplicación y no reescribiendo el código. La clasificación de los cuatro tipos de mantenimiento y la respuesta del sistema a cada uno se

recoge en el apartado 13.5. Las cuatro carencias que la evaluación puso de manifiesto —la ausencia de histórico de los parámetros, la del control de la jornada semanal, la del recargo dominical sobre el trabajo suplementario y la imposibilidad de que una sola cuenta ejecute el ciclo completo de liquidación— se formulan como alcance de una versión posterior en el apartado siguiente.

Debe consignarse, por último, que una de las premisas de la justificación no se sostuvo. El apartado 4.3 planteó la construcción sobre servicios de capa gratuita como vía para dotar al negocio de una herramienta sin incorporar un costo recurrente a su estructura de gastos. La capa gratuita resultó suficiente para construir, desplegar y verificar el sistema, pero no para sostenerlo en operación, según se documenta en el apartado 13.4; y el costo de los planes pagos que la operación exige es del mismo orden de magnitud que el de la suscripción comercial que se buscaba evitar, según el contraste del apartado 2.5.3. La ventaja de la solución construida no es, por tanto, de precio: es de ajuste al proceso, dado que implementa exactamente lo que el negocio necesita y nada más, mientras que la suscripción comercial de menor costo no resuelve su dificultad y la que sí la resuelve se paga en su mayor parte por funcionalidad no utilizada. Enunciar esta rectificación importa más que sostener la premisa original, porque delimita con precisión en qué consiste y en qué no consiste el aporte del trabajo.

15.1. Recomendaciones

Se formulan las siguientes recomendaciones, con la prioridad de desarrollo indicada al inicio de cada una, sin que el orden de presentación implique jerarquía entre ellas. Una de las recomendaciones no describe una mejora del sistema sino una condición de infraestructura que debe satisfacerse antes de cualquier puesta en operación, y se identifica como tal.

1. *Alcance de una segunda versión del sistema. Cálculo de recargos y deducciones como porcentajes legales.* Modificar el módulo de liquidación para que los recargos se calculen

como porcentaje sobre el valor de la hora ordinaria y las deducciones como porcentaje sobre el ingreso base de cotización de cada trabajador, en lugar de operar con tarifas y valores fijos digitados. Esta modificación traslada al sistema un cálculo que el negocio ya realiza de forma manual, según el hallazgo H-12. La modificación debe incorporar una validación que advierta al administrador cuando el valor de la hora ordinaria configurado se sitúe por debajo del que resulta del salario mínimo legal mensual vigente. La configuración empleada en el plan de pruebas del Apéndice I demuestra que la estructura de recargos del sistema es coherente con la legal cuando se le suministran valores correctos; lo que esta recomendación resuelve es la ausencia de un mecanismo que advierta de un error de digitación o de una omisión al actualizar los parámetros tras una reforma. Es condición para que el sistema pueda afirmar conformidad normativa por sí mismo y no únicamente consistencia interna. La modificación tiene además un efecto sobre la facilidad de uso que la evaluación del apartado 14.6 documenta: reduciría de once a dos los valores monetarios que el usuario debe conocer —el salario mínimo mensual y el auxilio de transporte, fijados por decreto en el mismo acto de diciembre de cada año—, dado que las ocho tarifas horarias se derivarían del primero mediante los porcentajes de ley y solo los descuentos y el auxilio seguirían requiriendo captura. Se formula como alcance de una versión posterior y no como corrección de la presente, por las razones de delimitación expuestas en el apartado 6.4.

2. *Prioridad alta. Unidad de medida del recargo dominical y festivo en el comprobante.*

Sustituir el campo de cantidad del concepto de recargo dominical y festivo diurno, hoy expresado en días y de tipo entero, por una cantidad en horas equivalente a la que ya emplea el concepto nocturno. La versión actual imprime una cantidad en días junto a un valor

obtenido de multiplicar las horas laboradas por la tarifa horaria, de modo que ambos datos no son factores de una misma operación y el trabajador no puede reconstruir el cálculo a partir del comprobante, según se aprecia en las Figuras I4 e I11 y se declara en el apartado 6.4. El defecto no altera el valor liquidado, que es correcto en los doce escenarios verificados, pero compromete la función probatoria que el apartado 2.2 atribuye al documento y que constituye una de las necesidades del levantamiento. La corrección afecta un campo del modelo de datos y la plantilla de impresión, y no el motor de cálculo.

3. *Prioridad alta. Acumulación de recargos concurrentes.* Extender el criterio de concurrencia, ya implementado para el recargo nocturno y el dominical según el apartado 11.3, al trabajo suplementario. La versión actual liquida las horas extra a las tarifas de extra diurna y extra nocturna con independencia del tipo de día, de modo que una hora extra trabajada en domingo o en día festivo no recibe el recargo del artículo 179; y en los turnos parciales de domingo o festivo no aplica regla de exceso de jornada, sino que remunera la totalidad de las horas a la tarifa del día. Ambos comportamientos se apartan del principio de concurrencia que el propio sistema aplica al recargo nocturno, y su corrección exige incorporar dos categorías adicionales al catálogo de parámetros: hora extra dominical y hora extra festiva, cada una en sus franjas diurna y nocturna.
4. *Prioridad media. Registro de jornadas por parte del administrador.* Habilitar al rol de administrador el acceso al módulo de registro de turnos, sin el límite de siete días que rige para el encargado y marcando la jornada como extemporánea. La versión actual reserva ese módulo al encargado, con dos consecuencias: el caso de uso CU-11 remite al administrador un supuesto que este no puede atender, y la ejecución de un ciclo completo de liquidación obliga a cerrar la sesión y abrir otra con credenciales distintas, según se

documenta en la nota de la Tabla 50. La medida atiende además una situación ordinaria del negocio: cuando un cajero no asiste, su función la asume el administrador o la propietaria, de modo que el rol que hoy carece de acceso al registro es precisamente el que debe cubrir esas ausencias. La separación de responsabilidades se conservaría en la operación regular, dado que cada registro queda identificado con el usuario que lo efectúa en la vista de auditoría.

5. *Prioridad alta. Actualización del divisor de la hora ordinaria.* Recalcular las ocho tarifas horarias antes de la puesta en operación, tomando como divisor mensual doscientos diez horas y no doscientos cuarenta. Según se deja constancia en el apartado 2.4.5, la configuración empleada en el plan de pruebas se derivó del divisor tradicional de doscientos cuarenta, que corresponde a la jornada de cuarenta y ocho horas semanales y no a la de cuarenta y dos vigente desde el 15 de julio de 2026. Liquidar con un divisor superior al legalmente aplicable reduce el valor de la hora y, con él, el de todos los recargos y del trabajo suplementario. La corrección no requiere intervenir el código: basta editar los valores desde la pantalla de configuración, según acredita el escenario E12 del Apéndice I, en el que las ocho tarifas se recalcularon sobre el divisor de doscientos diez y el sistema liquidó conforme a ellas sin ninguna modificación del programa. Lo que resta, por tanto, no es una intervención técnica sino la decisión de adoptar esa configuración como la de producción. Se recomienda, además, incorporar la validación que el apartado 6.4 declara ausente, de modo que el sistema advierta cuando la tarifa digitada resulte inferior a la que se obtiene de dividir el salario mínimo vigente entre la jornada legal del periodo.
6. *Prioridad alta. Normalización del desglose del comprobante y vínculo con las jornadas.* Sustituir los pares fijos de campos del desglose por una tabla de detalle con una fila por

concepto liquidado, e incorporar una tabla de asociación entre el comprobante y los registros de jornada que lo componen. La estructura actual, declarada en el apartado 12.4, presenta un grupo repetitivo que obliga a alterar el esquema para admitir un concepto nuevo, produce la anomalía del campo de jornadas dominicales que mezcla días con horas y deja el comprobante sin referencia a los turnos que lo originaron. Esta última carencia es la de mayor consecuencia, porque el objetivo general compromete la trazabilidad de las operaciones y hoy esa trazabilidad se detiene en el registro de turnos: puede seguirse quién capturó cada jornada y cuándo, pero no en qué comprobante se liquidó. La corrección de ambas cuestiones llevaría el modelo a tercera forma normal en este punto y permitiría incorporar las categorías de trabajo suplementario en domingo y festivo sin modificar el esquema. Se precisa el alcance del trabajo que ello supone, de modo que quede formulado como desarrollo definido y no solo como limitación reconocida. La tabla de detalle debe registrar una fila por concepto liquidado, con el identificador del comprobante, la denominación del concepto, la cantidad expresada siempre en horas, la tarifa aplicada y el valor resultante; la inclusión de la tarifa resuelve además la imposibilidad actual de acreditar el cálculo cuando los parámetros cambian con posterioridad a la emisión, según se declara en el apartado 12.4. La tabla de asociación entre comprobante y jornadas debe registrar una fila por cada registro de turno liquidado, con las llaves foráneas correspondientes. Ambas exigen migrar los comprobantes ya emitidos, que conservan el desglose en columnas, y adaptar la plantilla de impresión y la consulta del historial; no afectan el motor de cálculo, cuyo comportamiento verificado en los doce escenarios permanece inalterado.

7. *Prioridad alta. Histórico de vigencia de los parámetros.* Incorporar una tabla de histórico que conserve, para cada parámetro, el valor anterior, el valor nuevo, el usuario que efectuó el cambio y el momento en que se produjo, y extender a ella la vista de auditoría. La versión actual sobrescribe el valor anterior y conserva únicamente la fecha de la última modificación, de modo que no permite reconstruir qué tarifa rigió en un periodo pasado. Esta es la única de las recomendaciones que atiende una carencia del propio diagnóstico: el hallazgo H-11 identificó precisamente la ausencia de constancia de la tarifa aplicable a cada periodo, y la necesidad N-11 se formuló para resolverla. Su incorporación completaría el mecanismo de trazabilidad descrito en el apartado 12.6, que hoy alcanza a los registros de turno pero no a la configuración que determina el valor liquidado.
8. *Prioridad alta. Control de la jornada máxima semanal.* Incorporar al catálogo un parámetro de jornada máxima semanal y aplicar la regla de exceso también sobre el acumulado de la semana, de modo que el sistema clasifique como trabajo suplementario las horas que superen el límite semanal aunque ninguna jornada diaria lo haya excedido. La versión actual controla únicamente el límite diario configurado, lo que deja sin advertir el supuesto más frecuente en un negocio de atención continua: seis jornadas de ocho horas suman cuarenta y ocho, seis por encima de las cuarenta y dos que rigen desde el 15 de julio de 2026. Se señala que este es el parámetro cuya reforma motivó en buena parte el planteamiento del problema, según el apartado 3.5, y que la Tabla 3 lo registra hoy como no implementado; su incorporación completaría el catálogo de parámetros.
9. *Prioridad media. Simplificación de la pantalla de configuración.* Rediseñar la sección de configuración de valores base, señalada por el usuario en la evaluación de usabilidad como la de manejo más difícil. La dificultad reportada no proviene de la disposición de los

campos sino del conocimiento contable que la pantalla presupone, de modo que el rediseño debe orientarse a asistir al usuario y no solo a reorganizar el formulario: mostrar junto a cada campo el fundamento normativo que lo justifica y el porcentaje que representa sobre la hora ordinaria, enlazar el decreto anual de salario mínimo, y advertir al guardar qué liquidaciones se verán afectadas por el cambio. Es la pantalla de la que depende la vigencia del sistema en el tiempo y, según la evaluación de usabilidad, la que más exige a un usuario sin formación en la materia.

10. *Prioridad media. Repetición de la medición de tiempos en condiciones simétricas.* La medición reportada presenta dos condiciones que conviene corregir en un ejercicio posterior. La primera es la asimetría de los ciclos comparados, descrita en el apartado 14.4: procede cronometrar por separado el registro diario y la emisión del comprobante, y contrastar cada uno con su equivalente manual, de modo que la reducción pueda atribuirse a la actividad que efectivamente la produce. La segunda es que los doce ciclos se cronometraron en una única sesión y en el mismo orden —primero los manuales y después los del sistema—, de modo que la segunda tanda pudo beneficiarse del reproceso de las mismas liquidaciones minutos antes; un ejercicio posterior debe contrabalancear el orden de las condiciones, cronometrando en la mitad de los casos primero el ciclo sobre el sistema, y ejecutarse tras varios periodos de operación, lo que permitiría además separar el efecto de aprendizaje de las características propias de cada caso.
11. *Prioridad media. Validación de los límites del trabajo suplementario.* Implementar la advertencia al usuario cuando el registro de horas extra exceda los límites de dos horas diarias y doce semanales fijados por el artículo 167-A del Código Sustantivo del Trabajo.

12. *Prioridad media. Extensión de la cobertura de pruebas automatizadas.* La suite construida cubre el módulo de liquidación, que concentra el riesgo de error. Conviene extenderla al registro de turnos, a la emisión de comprobantes y al control de acceso, de modo que la verificación automática alcance la totalidad del sistema y no solo su núcleo de cálculo.
13. *Condición previa a la puesta en operación. Contratación de un plan de infraestructura pago.* Contratar un plan que elimine la suspensión por inactividad y provea copias de seguridad automáticas de la base de datos. Es la condición sin la cual el sistema no puede pasar de la verificación a la operación cotidiana, y por tanto el primer paso de cualquier decisión del negocio sobre su adopción.
14. *Prioridad baja. Cálculo de prestaciones sociales.* Incorporar el cálculo de prima de servicios, cesantías, intereses sobre cesantías y vacaciones.
15. *Prioridad baja. Integración con obligaciones de reporte.* Evaluar la generación de archivos para el pago integrado de aportes a la seguridad social y la emisión del documento soporte de nómina electrónica ante la autoridad tributaria.
16. *Prioridad baja. Funcionalidades complementarias.* Desarrollar un tablero de indicadores de gestión, el envío automático del comprobante al trabajador tras su emisión y la administración por trabajador de la entidad promotora de salud y del fondo de cesantías, campos que el formato del comprobante ya contempla.

Referencias

- Ahmed, A. M., Mohammed, C. N., y Ahmad, A. M. (2023). Web-based payroll management system: Design, implementation, and evaluation. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 10(1), Artículo 17. <https://doi.org/10.1186/s43067-023-00082-5>
- Alegra. (2026). *Planes de nómina electrónica. Precios de Alegra Colombia*. Consultado el 21 de agosto de 2026. <https://www.alegra.com/colombia/nomina-electronica/planes/>
- Booch, G., Rumbaugh, J., y Jacobson, I. (2005). *El lenguaje unificado de modelado: guía del usuario* (2.^a ed.). Addison-Wesley.
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester y I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). Taylor y Francis.
- Cadena Flores, C. A., Gallo Colcha, D. M., Morán Zambrano, I. A., Moreno Alvarado, G., y Vega Abarca, R. (2025). *Transformación digital: análisis de la digitalización y automatización de los procesos empresariales*. ASCE MAGAZINE, 4(4), 277–297.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2023, octubre). *La Cámara de Comercio de Bogotá y Adepan realizan evento para los más de 5.540 panaderos de Bogotá y la región* [Comunicado de prensa]. <https://www.ccb.org.co/es/de-interes/comunicados/evento-para-los-mas-de-5540-panaderos-de-bogota-y-la-region>
- Cárcamo Cervantes, G. L., y Pazmiño Manzaba, M. S. (2018). *Desarrollo de aplicación web para la gestión de nómina del local "Máquinas Hidalgo"* [Proyecto técnico de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16768>

- Chen, P. P. (1976). The entity-relationship model: Toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1), 9-36. <https://doi.org/10.1145/320434.320440>
- Cohn, M. (2004). *User stories applied: For agile software development*. Addison-Wesley.
- Congreso de la República de Colombia. (1983, 6 de diciembre). *Ley 51 de 1983, por la cual se traslada el descanso remunerado de algunos días festivos*. Diario Oficial n.º 36.428.
- Congreso de la República de Colombia. (1990, 28 de diciembre). *Ley 50 de 1990, por la cual se introducen reformas al Código Sustantivo del Trabajo y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial n.º 39.618.
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 23 de diciembre). *Ley 100 de 1993, por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial n.º 41.148.
- Congreso de la República de Colombia. (2003, 29 de enero). *Ley 797 de 2003, por la cual se reforman algunas disposiciones del sistema general de pensiones previsto en la Ley 100 de 1993*. Diario Oficial n.º 45.079.
- Congreso de la República de Colombia. (2007, 9 de enero). *Ley 1122 de 2007, por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud*. Diario Oficial n.º 46.506.
- Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). *Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Diario Oficial n.º 48.587.
- Congreso de la República de Colombia. (2021, 15 de julio). *Ley 2101 de 2021, por medio de la cual se reduce la jornada laboral semanal de manera gradual*. Diario Oficial n.º 51.734.

- Congreso de la República de Colombia. (2025, 25 de junio). *Ley 2466 de 2025, por medio de la cual se adoptan medidas para la reforma laboral*. Diario Oficial n.º 53.153.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). *Encuesta de Micronegocios (EMICRON) 2024*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/micronegocios>
- Fitria, Iryanie, E., y Heldalina. (2025). Design and build a web-based employee payroll application to increase efficiency at KACE Stores. *International Journal of Educational and Life Sciences*, 3(2), 1811-1818. <https://doi.org/10.59890/ijels.v3i2.318>
- Grinberg, M. (2018). *Flask web development: Developing web applications with Python* (2.^a ed.). O'Reilly Media.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Krasner, G. E., y Pope, S. T. (1988). A cookbook for using the model-view-controller user interface paradigm in Smalltalk-80. *Journal of Object-Oriented Programming*, 1(3), 26-49.
- Larman, C. (2004). *Applying UML and patterns: An introduction to object-oriented analysis and design and iterative development* (3.^a ed.). Prentice Hall.
- Martínez Ramírez, V., Martínez Rabanales, S., Osorio Ramírez, E. A., Luciano Machorro, T., y Ruiz Rojas, I. (2025). *C# .NET y su presencia en el control digital de nómina en MIPYME*. IPSUMTEC, 8(2), 83–91. <https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v8i2.419>
- Mayor Ravines, M. G., Mayor Gamero, J. G., Velásquez Vásquez, J. A., y Mayuri Barrón, J. V. (2025). *Transformación digital en PYMEs: revisión sistemática de factores, barreras y resultados*. Revista InveCom, 6(3), 1–9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17656442>

- Myers, G. J., Sandler, C., y Badgett, T. (2011). *The art of software testing* (3.^a ed.). Wiley.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Object Management Group. (2017). *OMG Unified Modeling Language (OMG UML), version 2.5.1*. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/>
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 9241-11:2018. Ergonomics of human-system interaction. Part 11: Usability. Definitions and concepts*.
- Organización Internacional de Normalización y Comisión Electrotécnica Internacional. (2011). *ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering. SQuaRE. System and software quality models*.
- OWASP Foundation. (2021). *OWASP Top 10:2021. The ten most critical web application security risks*. <https://owasp.org/Top10/>
- Presidencia de la República de Colombia. (1950). *Decreto Ley 2663 de 1950. Código Sustantivo del Trabajo*. Diario Oficial n.º 27.407.
- Presidencia de la República de Colombia. (2013, 27 de junio). *Decreto 1377 de 2013, por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012*. Diario Oficial n.º 48.834.
- Presidencia de la República de Colombia. (2025, 29 de diciembre). *Decreto 1469 de 2025, por el cual se fija el salario mínimo legal mensual vigente para el año 2026*.
- Presidencia de la República de Colombia. (2025, 29 de diciembre). *Decreto 1470 de 2025, por el cual se establece el auxilio de transporte para el año 2026*.
- Presidencia de la República de Colombia. (2026, 19 de febrero). *Decreto 0159 de 2026, por el cual se fija de manera transitoria el salario mínimo legal mensual vigente para el año 2026*.

- Pressman, R. S., y Maxim, B. R. (2021). *Ingeniería del software: un enfoque práctico* (9.^a ed.). McGraw-Hill.
- Putra, R. R., y Maria, E. (2025). Automating a web-based employee management information system using Agile Scrum. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 14(4), 1937-1951.
<https://doi.org/10.32520/stmsi.v14i4.5301>
- Reenskaug, T. (1979). *Thing-model-view-editor: An example from a planning system* [Nota técnica]. Xerox Palo Alto Research Center.
- Rumetna, M. S., Lina, T. N., Rajagukguk, I. S., Pormes, F. S., y Santoso, A. B. (2022). Payroll information system design using waterfall method. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.25008/ijadis.v3i1.1227>
- Siigo. (2026). *Planes y precios*. Consultado el 21 de agosto de 2026.
<https://www.siigo.com/precios-siigo/>
- Sommerville, I. (2016). *Ingeniería de software* (10.^a ed.). Pearson Educación.
- Varela Muñoz, R. A., Sánchez Muñiz, J. C., Cusme Zambrano, V. E., y García Zambrano, M. A. (2025). *Eficacia de la calidad del sistema de gestión académica de la Espam-MFL basado en la norma ISO/IEC 25010*. Revista Científica de Informática ENCRYPTAR, 8(15), 85–104. <https://doi.org/10.56124/encryptar.v8i15.005>
- Wiegers, K., y Beatty, J. (2013). *Software requirements* (3.^a ed.). Microsoft Press.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6.^a ed.). Sage.

Apéndice A. URL pública del sistema desplegado

El sistema se desplegó en una dirección pública con canal cifrado asignada por la plataforma de despliegue: <https://sistema-gestion-nomina.onrender.com>

El despliegue se realizó sobre el plan gratuito del proveedor. Una vez concluidas las pruebas funcionales el servicio fue suspendido, y se reactiva para la sustentación junto con las credenciales de acceso que se detallan en el Apéndice B. Las restricciones de disponibilidad asociadas a esta modalidad de plan se declaran en los apartados 7 y 13.4.

Apéndice B. Credenciales de acceso para la sustentación

Con el fin de facilitar la revisión del sistema por parte del jurado evaluador, se habilitaron dos cuentas de demostración, una con rol de administrador y otra con rol de encargado. Las credenciales se entregan por separado al jurado y no se reproducen en el cuerpo del documento.

Esta decisión responde a una precaución elemental de seguridad: el presente documento se deposita en el repositorio institucional, de acceso público, y el sistema desplegado opera sobre una base de datos real. Publicar en él un usuario y una contraseña activos expondría el sistema a cualquier lector. Las credenciales se restablecen una vez concluida la sustentación.

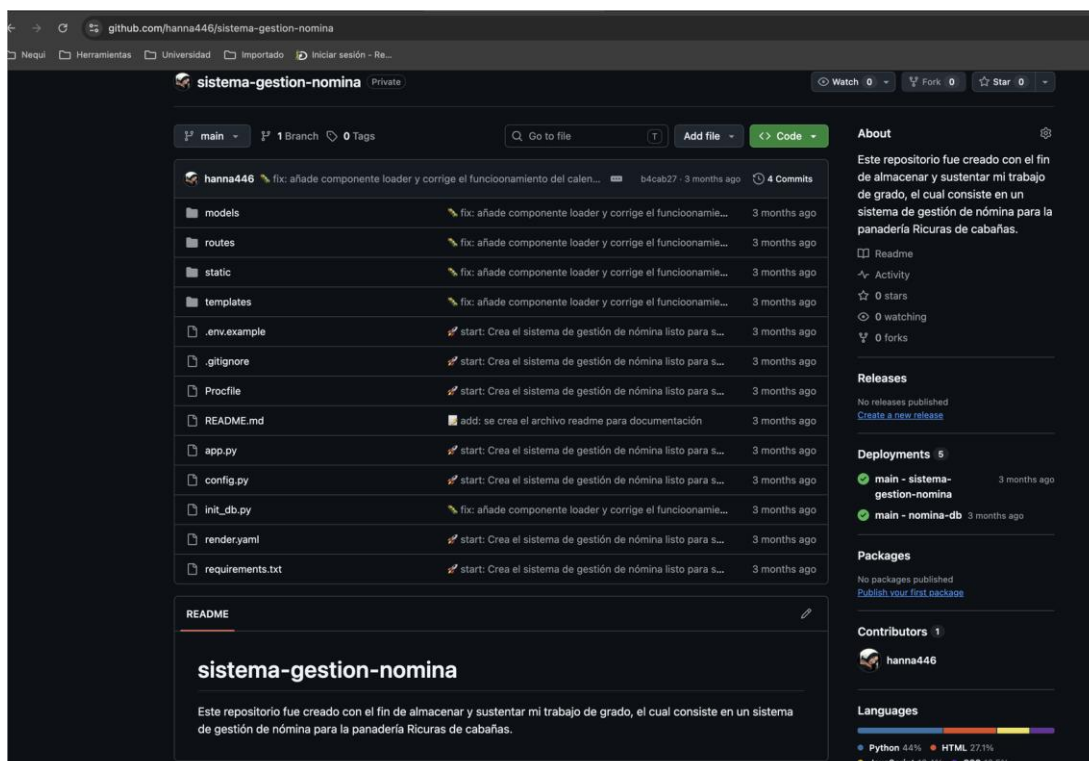
Estas cuentas operan exclusivamente sobre datos de demostración y son de uso restringido a la evaluación. En operación real el sistema exige el cambio de la clave temporal en el primer ingreso, conforme al requerimiento RF-03.

Apéndice C. Repositorio de código fuente

El código fuente completo del sistema se encuentra en un repositorio privado de GitHub, cuyo acceso puede otorgarse al jurado evaluador a solicitud. El repositorio contiene el código de la aplicación, los guiones de inicialización de la base de datos, los archivos de configuración para el despliegue y la documentación técnica del proyecto. El historial de confirmaciones acredita que la construcción fue incremental y no el resultado de una entrega única.

Figura C1

Repositorio de código fuente en GitHub



a) Repositorio y estructura del proyecto

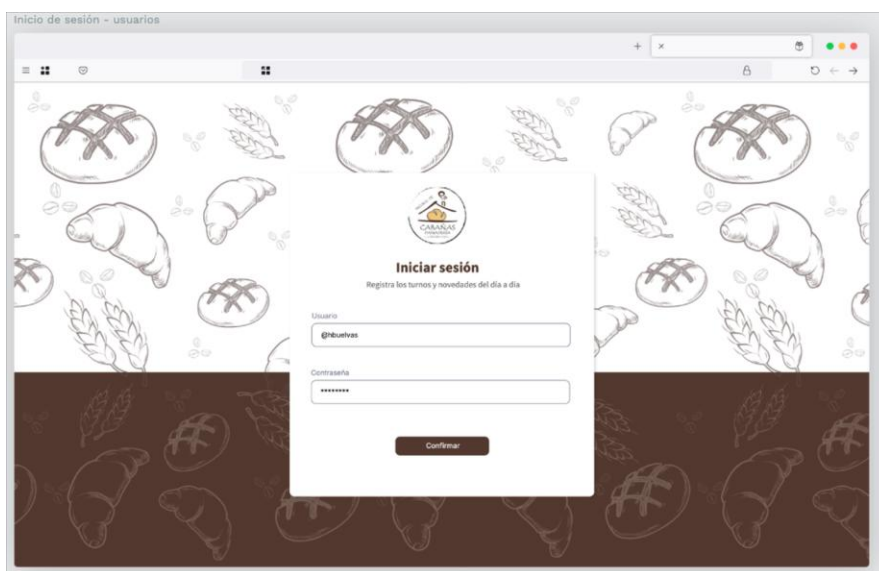
Nota. Repositorio privado del proyecto, rama principal.

Apéndice D. Diseño de interfaz: mockups del sistema

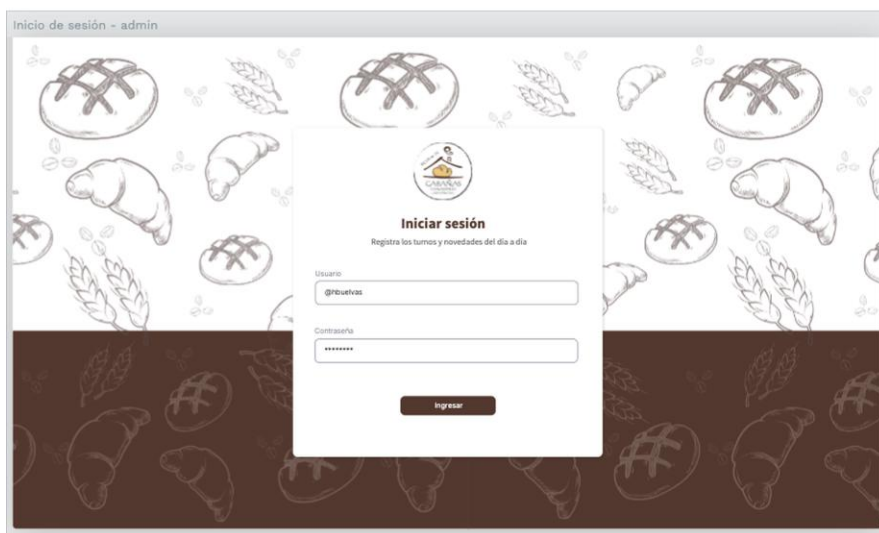
Las figuras siguientes corresponden al diseño de las pantallas elaborado durante la fase de diseño, con anterioridad a la programación de la interfaz. Se presentan agrupadas por módulo funcional. Estos diseños fueron los presentados al administrador en la reunión del 27 de abril de 2026 y aprobados, con los ajustes solicitados, en la reunión del 4 de mayo de 2026.

Figura D1

Mockups del inicio de sesión



a) Inicio de sesión del encargado

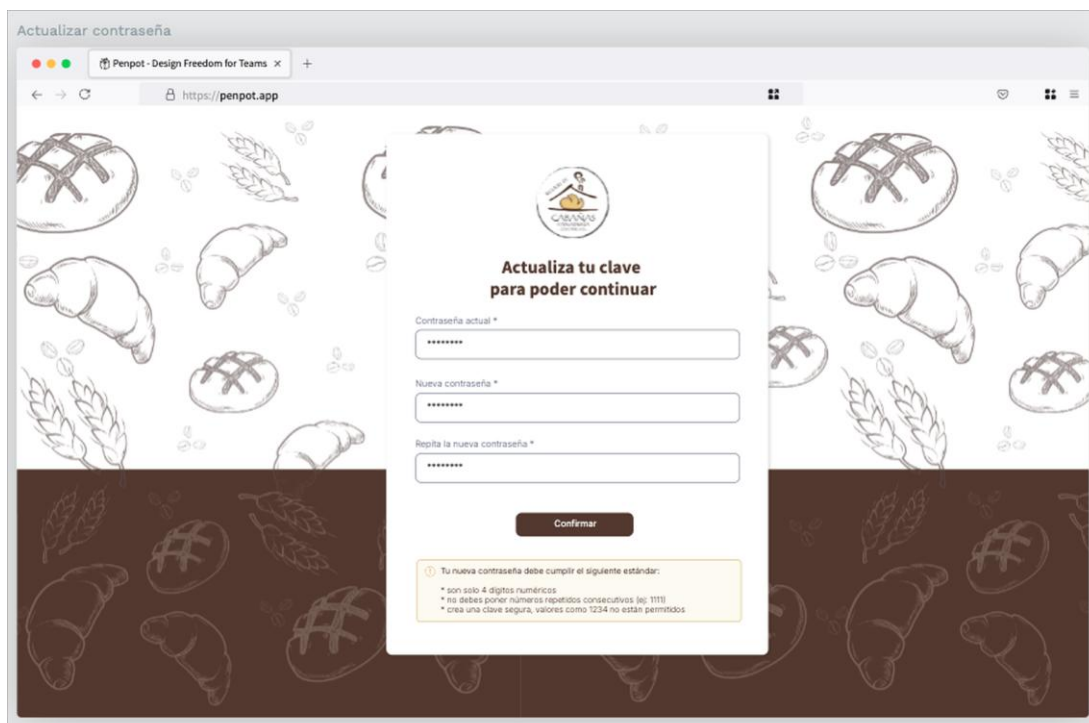


b) Inicio de sesión del administrador

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D2

Mockup del cambio de clave obligatorio



The image shows a web browser window with the title 'Actualizar contraseña' and the URL 'https://penpot.app'. The background features a pattern of hand-drawn breads and wheat. A central white modal form is displayed with the title 'Actualiza tu clave para poder continuar'. The form contains three input fields: 'Contraseña actual *', 'Nueva contraseña *', and 'Repita la nueva contraseña *'. Each field has a password mask (dots). Below the fields is a 'Confirmar' button. At the bottom of the modal, there is a yellow box with a warning icon and the text: 'Tu nueva contraseña debe cumplir el siguiente estándar: * son solo 4 dígitos numéricos * no debes poner números repetidos consecutivos (ej: 1111) * crea una clave segura, valores como 1234 no están permitidos'.

a) Formulario de actualización de contraseña

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D3

Mockups del registro de turnos

Registro de turnos - turno completo

Nuevo registro
Completa el formulario para registrar la información del empleado.

Registrando para: 14 de mayo 2026

Empleado
Selecciona el empleado *

Maria Perez

Tipo de turno
Selecciona un turno *

Turno completo

Mañana (8:00 AM - 12:30 PM)

Selecciona el turno que trabajó el empleado

Préstamos y abonos
Indica si el empleado solicitó algún préstamo o realizó un abono a su deuda.

¿Se realizó algún préstamo al empleado? ☒

¿El empleado hizo un abono a su deuda? ☐

Ingresar el monto prestado: *

\$ 200.000

Agregar registro

Registros agregados
Visualiza, edita o elimina los registros que agregaste.

Total de registros: 2

Hanna Maria Buelvas Maya

Horas trabajadas	Préstamo	Abono
3.5 h 6:00 AM - 9:30 AM	\$250.000	\$0

Anderson Naranjo Ruiz

Horas trabajadas	Préstamo	Abono
7.5 h Mañana (8:00 AM - 12:30 PM)	\$0	\$10.000

Cancelar registro Guardar registro

a) Registro de turno completo

Registro de turnos - turno parcial

Nuevo registro
Completa el formulario para registrar la información del empleado.

Registrando para: 14 de mayo 2026

Empleado
Selecciona el empleado *

Maria Perez

Tipo de turno
Selecciona un rango de horas

Desde: * 10:00 AM Hasta: * 10:00 AM

Selecciona las horas que trabajó el empleado

Préstamos y abonos
Indica si el empleado solicitó algún préstamo o realizó un abono a su deuda.

¿Se realizó algún préstamo al empleado? ☒

¿El empleado hizo un abono a su deuda? ☐

Ingresar el monto prestado: *

\$ 200.000

Agregar registro

Registros agregados
Visualiza, edita o elimina los registros que agregaste.

Total de registros: 2

Hanna Maria Buelvas Maya

Horas trabajadas	Préstamo	Abono
3.5 h 6:00 AM - 9:30 AM	\$250.000	\$0

Anderson Naranjo Ruiz

Horas trabajadas	Préstamo	Abono
7.5 h Mañana (8:00 AM - 12:30 PM)	\$0	\$10.000

Cancelar registro Guardar registro

b) Registro de turno parcial

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D4*Estados de validación del registro de turnos*

Registro de turnos - Error

Nuevo registro
Completa el formulario para registrar la información del empleado.

Empleado
Selecciona el empleado *

Maria Pérez

Tipo de turno
Turno completo (selected) Turno parcial

Selecciona un rango de horas
Desde * Hasta *

10:00 AM 10:00 AM

Selecciona las horas que trabajó el empleado

Préstamos y abonos
Indica si el empleado solicitó algún préstamo o realizó un abono a su deuda.

¿Se realizó algún préstamo al empleado? (turned off) ¿El empleado hizo un abono a su deuda? (turned off)

Ingresar el monto prestado *

\$ 200.000

Agregar registro

Registros agregados
Visualiza, edita o elimina los registros que agregaste.

Hubo un error, por favor intenta nuevamente.

Empleado	Horas trabajadas	Préstamo	Abono
Hanna María Buelvas Maya	3.5 h Turno parcial 6:00 AM - 9:30 AM	\$ 250.000	\$ 0
Anderson Naranjo Ruiz	7.5 h Turno completo Mañana (6:00 AM - 12:30 PM)	\$ 0	\$ 10.000

Cancelar registro Guardar registro

a) Mensaje de error de validación

Registro de turnos - Sucesos

Nuevo registro
Completa el formulario para registrar la información del empleado.

Empleado
Selecciona el empleado *

Maria Pérez

Tipo de turno
Turno completo (selected) Turno parcial

Selecciona un rango de horas
Desde * Hasta *

10:00 AM 10:00 AM

Selecciona las horas que trabajó el empleado

Préstamos y abonos
Indica si el empleado solicitó algún préstamo o realizó un abono a su deuda.

¿Se realizó algún préstamo al empleado? (turned off) ¿El empleado hizo un abono a su deuda? (turned off)

Agregar registro

Registros agregados
Visualiza, edita o elimina los registros que agregaste.

Se registró la información exitosamente.

Total de registros: 2

No hay registros agregados
Agrega un registro y comienza a organizar la información del día.

Agregar registro

b) Confirmación de registros guardados

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D5*Mockup de la cancelación de un registro*

Registro de turnos - cancelar registro

Penpot - Design Freedom for Teams

https://penpot.app

Salir

Nuevo registro
Completa el formulario para registrar la información del empleado.

1 Empleado
Selecciona el empleado *

Maria Perez

2 Tipo de turno

Turno completo

Selecciona un turno *

Mañana (6:00 AM - 12:30 PM)

Selecciona el turno que trabajó el empleado

3 Préstamos y abonos
Indica si el empleado solicitó algún préstamo o realizó un abono a su deuda.

¿Se realizó algún préstamo al empleado? ☒

¿El empleado hizo un abono a su deuda? ☐

Ingresa el monto prestado *

\$ 200.000

Agregar registro +

Registros agregados
Visualiza, edita o elimina los registros que agregaste.

Total de registros: 2

Hanna Maria Buelvas Maya

Horas trabajadas	Préstamo	Abono
3.5 h Turno parcial 6:00 AM - 9:30 AM	\$ 250.000	\$ 0
7.5 h (PH)	\$ 0	\$ 10.000

Cancelar registro Guardar registro +

¿Estás seguro de cancelar el registro?
Se borrará la información que has registrado hasta ahora y no podrás recuperarla.

Cancelar Aceptar

a) Diálogo de cancelación del registro

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D6

Mockups de la gestión de usuarios

Gestión de usuarios

Penpot - Design Freedom for Teams

https://penpot.app

Bienvenido(a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Registrar un empleado

Nombre completo *
Maria Pilar

Cédula *
100229204

E-mail *
hannamaria44@gmail.com

Selecciona un rol *
Encargado

Cargo *
Panadero

Número de contacto
3194645740

Limpiar formulario Añadir usuario

Empleados registrados

Los registros con roles de Empleado y Encargado aparecerán en la lista para gestión de nómina

Buscar por nombre

Nombre	Rol	Usuario	Cargo	Número	Estado	Acciones
Anderson Naranjo Ruiz	Administrador	@ANARANJO	Administrador	3194645740	Disponible	☒ ☐
Hanna Maria Buelvas Maya	Empleado	-	Panadero	3125946704	Ausente	☒ ☐
Anderson Naranjo Ruiz	Encargado	@ARUIZ	Cajero	3193871795	Disponible	☒ ☐

a) Listado y formulario de registro de empleados

Gestión de usuarios - editar

Penpot - Design Freedom for Teams

https://penpot.app

Anderson Naranjo
Usuario administrador

Gestión de usuarios

Registrar un empleado

Nombre completo *
Maria Pilar

Cédula *
100229204

E-mail *
hannamaria44@gmail.com

Selecciona un rol *
Encargado

Cargo *
Panadero

Número de contacto
3194645740

Limpiar formulario Añadir usuario

Empleados registrados

Los registros con roles de Empleado y Encargado aparecerán en la lista para gestión de nómina

Buscar por nombre

Editar información del empleado

Nombre
Anderson Naranjo Ruiz

Cédula
1020454581

E-mail
hannamaria@gmail.com

Número de contacto
370982341

Selecciona un rol
Empleado

☐ ¿El empleado está disponible actualmente?
Desmarca este check cuando el empleado esté ausente por vacaciones, incapacidades o cualquier otra razón.

Cancelar Editar

Nombre	Rol	Usuario	Cargo	Número	Estado	Acciones
Anderson Naranjo Ruiz	Administrador	@ANARANJO	Administrador	3194645740	Disponible	☒ ☐
Hanna Maria Buelvas Maya	Empleado	-	Panadero	3125946704	Ausente	☒ ☐
Anderson Naranjo Ruiz	Encargado	@ARUIZ	Cajero	3193871795	Disponible	☒ ☐

b) Edición de un empleado

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D7*Mockup de la eliminación de un empleado*

The mockup shows a web application titled "Gestión de usuarios" (User Management) running on "penpot.app". The user is logged in as "Anderson Naranjo" (Administrator). The interface has a sidebar with options: "Gestión de usuarios", "Generar un recibo de nómina", "Configuración de valores", and "Cerrar sesión".

The main content area is divided into two sections:

- Registrar un empleado** (Register an employee): A form with fields for "Nombre completo" (Maria Pilar), "Cédula" (1001229204), "E-mail" (hannamaria44@gmail.com), "Selecciona un rol" (Encargado), "Cargo" (Panadero), and "Número de contacto" (3194645740). Buttons include "Limpiar formulario" and "Añadir usuario".
- Empleados registrados** (Registered employees): A table listing employees with columns for Name, Role, Username, Position, Number, Status, and Actions. A search bar "Buscar por nombre" is present.

A confirmation dialog is displayed in the center, asking: "¿Estás seguro de eliminar el registro?" (Are you sure you want to delete the record?). It explains: "Se borrará la información del empleado y no podrás recuperarla." (The employee's information will be deleted and you will not be able to recover it.). The dialog has "Cancelar" (Cancel) and "Eliminar" (Delete) buttons.

Nombre	Rol	Usuario	Cargo	Número	Estado	Acciones
Anderson Naranjo Ruiz	Administrador	@ANARANJO	Administrador	3194645740	Disponible	[Edit] [Delete]
Hanna María Buelvas Maya	Empleado	-	Panadero	3125946704	Ausente	[Edit] [Delete]
Anderson Naranjo Ruiz	Encargado	@ARUIZ	Cajero	3193871795	Disponible	[Edit] [Delete]

a) Diálogo de confirmación de eliminación

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D8

Mockup de la configuración de valores

Configuración de valores

Anderson Naranjo
Usuario administrador

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Configuración de valores

Cerrar sesión

Configuración de valores
En esta sección debes configurar los valores en los que se van a basar los cálculos de la nómina de cada empleado.

Ingresar el valor de una hora laboral diurna *

\$ 43.990

Ingresar el valor de una hora laboral nocturna *

\$ 43.990

Ingresar el valor de una hora laboral de domingo *

\$ 43.990

Ingresar el valor de una hora laboral de festivo *

\$ 43.990

Ingresar el valor de una hora laboral diurna extra *

\$ 43.990

Ingresar el valor de una hora laboral nocturna extra *

\$ 43.990

Ingresar el valor del descuento por salud *

\$ 43.990

Ingresar el valor del descuento por pensión *

\$ 43.990

Parámetros laborales
Estos valores se aplican al cálculo automático de horas extra cuando un empleado supera la jornada en turnos parciales.

Horas por jornada laboral legal *

8

Guardar configuración

a) Parámetros monetarios y de jornada laboral

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D9

Mockups de la generación de comprobantes

Anderson Naranjo

Usuario administrador

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Configuración de valores

Cerrar sesión

Generar un comprobante

Seleccione un empleado

Maria del pilar Correa

Seleccione un rango de fechas *

12 de Mayo 2026 al 15 de Mayo 2026

Generar comprobante

Nombre: Hanna María Buelvas Maya

Días trabajados: 20

Cédula de Ciudadanía: 1.001.229.204

Cesantía: Protección

Cargo: Panadero

EPS: EPS Sura

DEVENGOS PRESTACIONALES	\$ 2.000.000	DESCUENTOS LEGALES	\$ 400.000
Salario	\$ 1.700.000	Salud empleado	\$ 200.000
Auxilio de transporte	\$ 200.000	Pensión empleado	\$ 200.000
Vacaciones disfrutadas	\$ 100.000	OTROS DESCUENTOS	\$ 100.000
		Préstamo empresarial	\$ 100.000
TOTAL DEVENGOS: \$ 200.000		TOTAL DESCUENTOS: \$ 400.000	
NETO A RECIBIR: \$ 1.600.000			

Imprimir

a) Comprobante generado en pantalla

Anderson Naranjo

Usuario administrador

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Configuración de valores

Cerrar sesión

Generar un comprobante

Seleccione un empleado

Maria del pilar Correa

Seleccione un rango de fechas *

12 de Mayo 2026 al 15 de Mayo 2026

Visualizar comprobante

<

>

Mayo 2026

LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIÉ	SAB	DOM
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

Aún no se ha gene

Seleccione un empleado y e

cuente para el comprobante

b) Selección del periodo a liquidar

Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño, previo a la implementación de la pantalla.

Figura D10*Mockup del comprobante impreso*

Formato de comprobante impreso

Comprobante de Nómina

Empleador: Panadería Ricuras de Cabañas

Periodo: Del 1 Mayo 2026 al 15 de Mayo 2026



Nombre: Hanna María Buelvas Maya **Días trabajados:** 20

Cédula de Ciudadanía: 1.001.229.204 **Cesantía:** Protección

Cargo: Panadero **EPS:** EPS Sura

DEVENGOS PRESTACIONALES		DESCUENTOS LEGALES	
Salario	\$ 1.700.000	Salud empleado	\$ 200.000
Auxilio de transporte	\$ 200.000	Pensión empleado	\$ 200.000
Vacaciones disfrutadas	\$ 100.000		
TOTAL DEVENGOS:	\$ 2.000.000	TOTAL DESCUENTOS:	\$ 400.000
NETO A RECIBIR: \$ 1.600.000			

Certifico que he recibido de PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS (901.633.276-0) a mi entera satisfacción el saldo indicado en el presente Comprobante y no tengo cargo ni cobro posterior que hacer.

FIRMA CONFORME

a) *Diseño del comprobante para impresión*

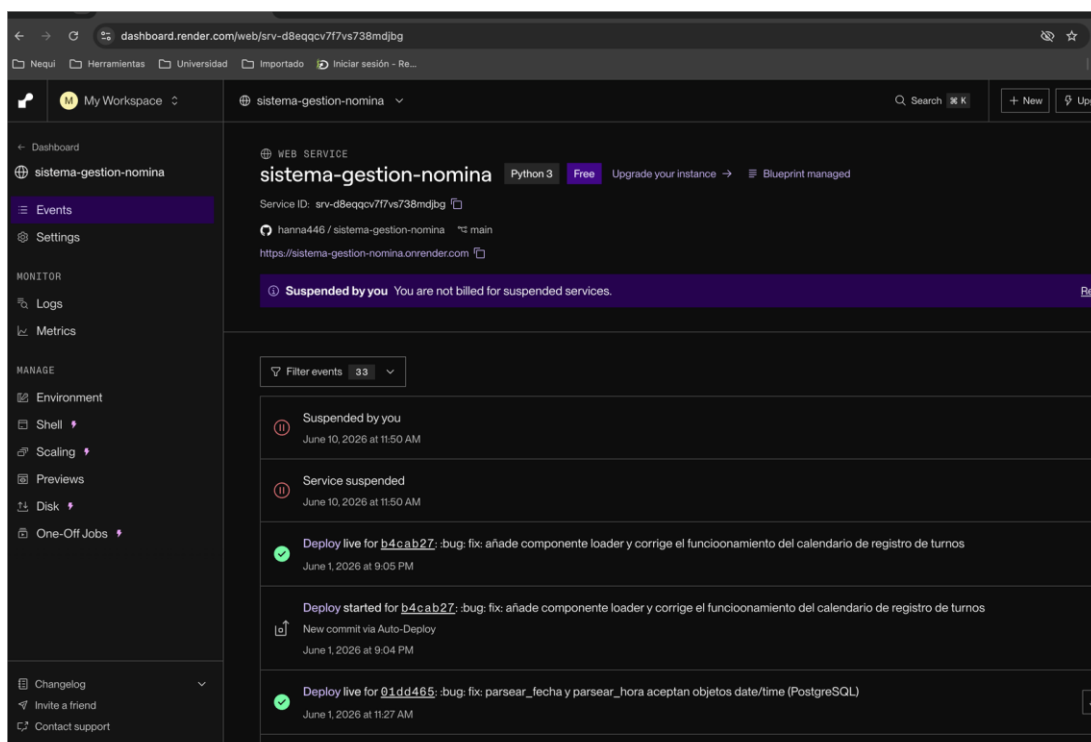
Nota. Diseño elaborado durante la fase de diseño. El formato contempla los campos de entidad promotora de salud y fondo de cesantías del trabajador; su captura individual no quedó implementada en esta versión y se recoge como recomendación en el apartado 15.1.

Apéndice E. Evidencia de despliegue y persistencia en producción

Las capturas siguientes documentan el despliegue del sistema en la plataforma de producción y la persistencia de la información en la base de datos gestionada.

Figura E1

Historial de despliegues en la plataforma de producción

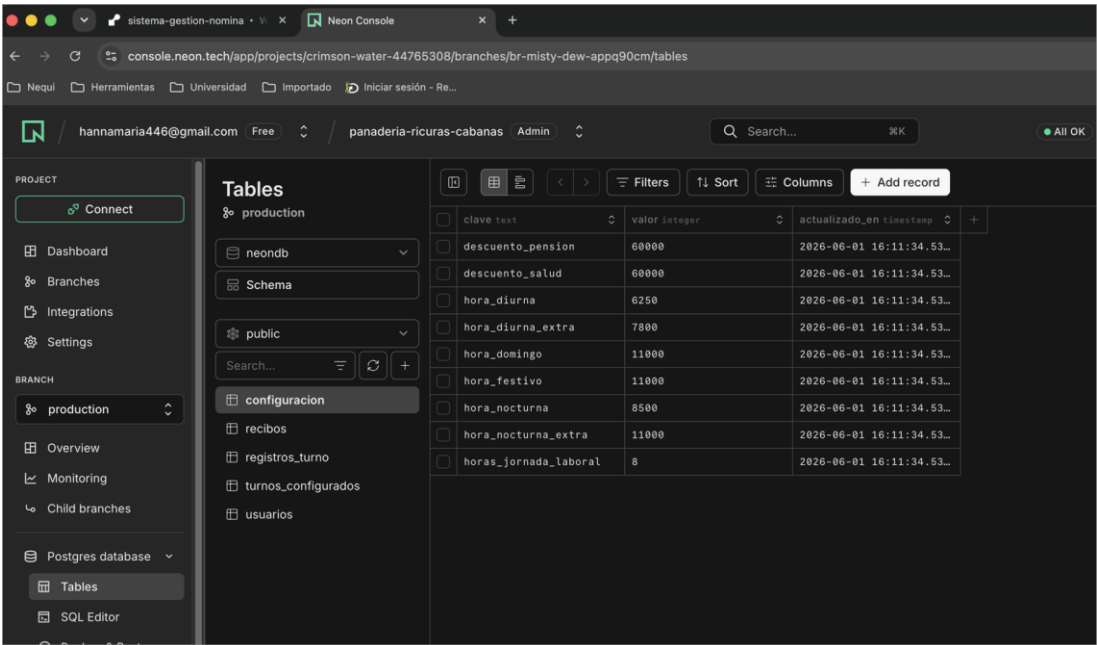


a) Servicio web e historial de despliegues

Nota. Registro de eventos del servicio web, con los despliegues automáticos disparados por cada envío de cambios al repositorio.

Figura E2

Estructura de la base de datos en producción

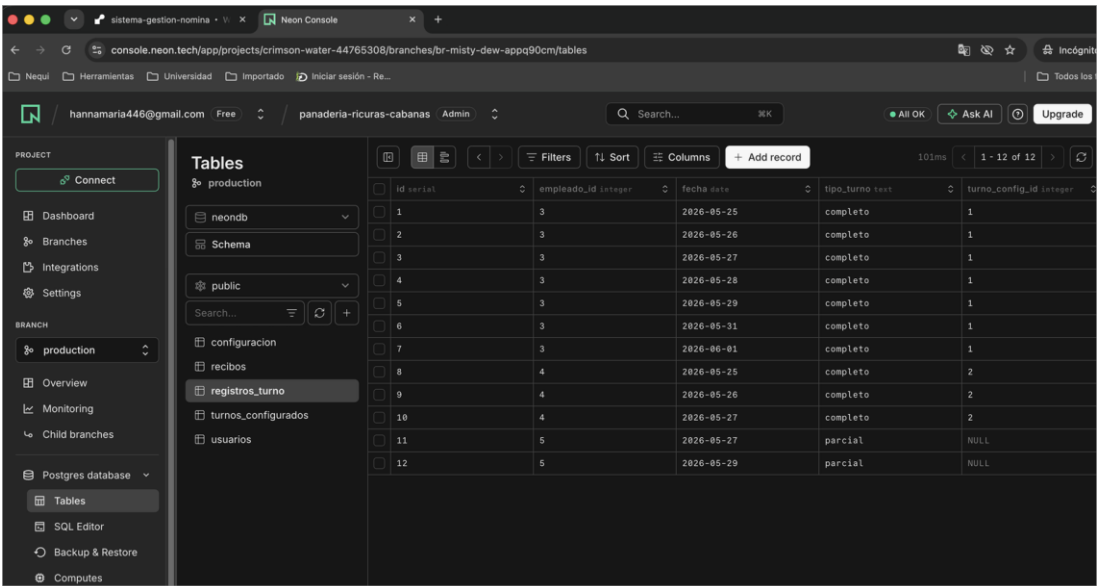


a) Tablas y parámetros de configuración

Nota. Consola de administración del proveedor de base de datos, con las cinco tablas del sistema y los parámetros de la tabla de configuración.

Figura E3

Registros de turno almacenados en producción



a) Registros de turno almacenados

Nota. Registros de turno correspondientes a las pruebas funcionales. Los nombres y documentos que figuran en la captura son datos ficticios contruidos para la verificación del sistema y no corresponden a personas identificables, conforme a lo declarado en el apartado 8.3.

Apéndice F. Instrumento de entrevista para el levantamiento de requerimientos

Se presenta a continuación el instrumento aplicado al administrador de la panadería durante la fase de análisis. Se trata de una entrevista semiestructurada: las preguntas orientaron la conversación, pero se admitió que el entrevistado ampliara cada tema y planteara necesidades no previstas. Su ficha técnica se presenta igualmente en el apartado 10.3.

Tabla F1

Ficha técnica del instrumento de entrevista

Elemento	Descripción
Objetivo	Identificar cómo se liquida actualmente la nómina en la panadería y qué reglas de negocio debe reproducir el sistema
Tipo de instrumento	Entrevista semiestructurada de respuesta abierta
Dirigido a	Administrador del establecimiento de la panadería Ricuras de Cabañas
Modalidad	Presencial, en las instalaciones de la panadería
Fecha de aplicación	Lunes 13 de abril de 2026
Duración aproximada	Una hora
Responsable	Hanna María Buelvas Maya
Validación	No sometido a validación estadística; validez de contenido y triangulación de fuentes (apartado 10.3)

Tabla F2

Guion de preguntas de la entrevista semiestructurada

Categoría	N.º	Pregunta
Contexto del negocio y proceso actual	P1	¿Cuántas personas trabajan actualmente en la panadería y en qué cargos?

Categoría	N.º	Pregunta
Jornada y turnos	P2	¿Quién registra hoy los turnos trabajados y quién liquida la nómina?
	P3	¿Cada cuánto se liquida y se paga la nómina?
	P4	¿En qué se apoya actualmente para hacer ese cálculo?
	P5	¿Cuánto tiempo le toma liquidar el pago de un empleado?
	P6	¿Qué inconvenientes o reclamos se han presentado con los pagos?
	P7	¿Qué turnos maneja la panadería y en qué horarios?
	P8	¿Todos los empleados cumplen turnos completos o también hay turnos parciales?
	P9	¿Cuántas horas tiene la jornada laboral ordinaria en la panadería?
	P10	¿A partir de qué momento considera que un empleado trabajó horas extra?
	P11	¿Desde qué hora se cuenta la jornada como nocturna?
Valores de liquidación	P12	¿Se trabaja los domingos y festivos? ¿Con qué frecuencia?
	P13	¿Cuánto se paga la hora ordinaria diurna?
	P14	¿Cuánto se paga la hora nocturna?
	P15	¿Cuánto se paga la hora dominical y cuánto la hora festiva?
	P16	¿Cuánto se paga la hora extra diurna y cuánto la extra nocturna?
	P17	¿Qué descuentos se le aplican al empleado y por qué valor?
	P18	¿Se reconoce auxilio de transporte? ¿Bajo qué condición?
	P19	¿Se pagan vacaciones disfrutadas dentro del periodo liquidado?
Préstamos y abonos	P20	¿Con qué frecuencia cambian estos valores y quién debería poder actualizarlos?
	P21	¿La panadería otorga préstamos o adelantos a los empleados?
	P22	¿Cómo se descuenta un préstamo y cómo se registra un abono?

Categoría	N.º	Pregunta
Comprobante de pago	P23	¿Cómo lleva hoy el control de lo que cada empleado debe?
	P24	¿Se le entrega algún soporte de pago al empleado?
	P25	¿Qué información debe aparecer en ese comprobante?
	P26	¿Necesita imprimirlo y que el empleado lo firme?
	P27	¿Requiere consultar o reimprimir comprobantes de periodos anteriores?
Usuarios y seguridad	P28	¿El comprobante debe conservar los datos del empleado tal como estaban al momento del pago?
	P29	¿Quiénes deben poder ingresar al sistema y qué debe poder hacer cada uno?
	P30	¿Quién debe crear y administrar las cuentas de acceso?
	P31	¿Qué debe ocurrir si alguien olvida la clave o falla varias veces al ingresar?
	P32	¿Desde qué dispositivos necesita usar el sistema?
Cierre	P33	¿Qué es lo más importante que el sistema debe resolverle?
	P34	¿Hay alguna otra necesidad que no hayamos cubierto en esta conversación?

Nota. Las preguntas se agruparon en siete categorías. Al tratarse de una entrevista semiestructurada, el orden pudo variar según el curso de la conversación y se formularon repreguntas cuando una respuesta lo requirió. Los hallazgos derivados de este instrumento se sistematizan en el apartado 10.5. Las preguntas P1 y P19 no generaron hallazgo consignado en esa matriz: la primera cumple una función de apertura y contextualización, y la segunda indaga por el régimen de vacaciones, materia excluida del alcance del trabajo según el apartado 6.3.

Apéndice G. Actas de las reuniones con el administrador

Las tres reuniones se realizaron de forma presencial en la panadería Ricuras de Cabañas. La primera sirvió para levantar los requerimientos y las dos siguientes para revisar y aprobar el diseño de la interfaz antes de iniciar el desarrollo. Se precisa el estatuto probatorio de estos documentos: las tres actas fueron elaboradas por la estudiante a partir de sus notas de campo, y los acuerdos que consignan se validaron verbalmente con el administrador al cierre de cada sesión, pero no fueron suscritas por él. Constituyen, por tanto, un registro de gestión del proyecto y no una constancia firmada por la contraparte. Ello es relevante para dos afirmaciones que se apoyan en ellas: la aceptación de las cuatro funcionalidades propuestas por la estudiante, consignada en la Tabla G1, y la aprobación del diseño de la interfaz, consignada en la Tabla G3. La autorización escrita y suscrita por el administrador que se recoge en el Apéndice J respalda la realización del estudio en su conjunto, pero no sustituye la suscripción de cada acta.

Tabla G1

Acta de la reunión de levantamiento de requerimientos

Elemento	Contenido
Fecha	Lunes 13 de abril de 2026
Lugar	Panadería Ricuras de Cabañas (reunión presencial)
Duración aproximada	Una hora
Asistentes	El administrador de la panadería, informante principal del estudio; Hanna María Buelvas Maya, estudiante responsable del proyecto
Objetivo	Comprender cómo se liquida actualmente la nómina y levantar los requerimientos del sistema
Temas tratados	Proceso manual vigente y tiempo que toma liquidar a cada trabajador; cargos y número de trabajadores; turnos y horarios; valores pagados por hora ordinaria, nocturna, dominical, festiva y extra; descuentos aplicados; manejo de préstamos y abonos; contenido del soporte de

Elemento	Contenido
	pago que se entrega al trabajador; personas que deben acceder al sistema
Acuerdos	El sistema tendrá dos roles con permisos distintos: administrador y encargado. Los valores monetarios y la jornada laboral serán parametrizables desde la aplicación, sin intervenir el código. La estudiante preparará los diseños de las pantallas y los presentará en una próxima reunión antes de iniciar el desarrollo
Funcionalidades propuestas	Además de lo solicitado, la estudiante propuso cuatro funcionalidades que el administrador aceptó incorporar: gestión de los comprobantes emitidos, con historial y reimpresión; liquidación por rangos de fechas; un rol de encargado que asuma el registro diario de turnos; y un control sobre los turnos registrados fuera de fecha para evitar que se agreguen jornadas vencidas sin dejar rastro

Tabla G2

Acta de la reunión de presentación del diseño

Elemento	Contenido
Fecha	Lunes 27 de abril de 2026
Lugar	Panadería Ricuras de Cabañas (reunión presencial)
Duración aproximada	Una hora
Asistentes	El administrador de la panadería, informante principal del estudio; Hanna María Buelvas Maya, estudiante responsable del proyecto
Objetivo	Presentar los mockups de la interfaz y recoger las observaciones del administrador
Temas tratados	Recorrido por las pantallas diseñadas: inicio de sesión y cambio de clave, registro de turnos completos y parciales, gestión de usuarios, configuración de valores y generación del comprobante de nómina
Observaciones del administrador	Sobre el contenido del comprobante solicitó que se incluyeran el auxilio de transporte y el descuento por las obligaciones que el trabajador tenga con la panadería. Sobre el diseño solicitó un tamaño tipográfico mayor, para poder leer las pantallas con comodidad

Elemento	Contenido
Acuerdos	La estudiante aplicará los ajustes solicitados sobre los mockups y presentará una versión corregida para aprobación

Tabla G3

Acta de la reunión de aprobación del diseño

Elemento	Contenido
Fecha	Lunes 4 de mayo de 2026
Lugar	Panadería Ricuras de Cabañas (reunión presencial)
Duración aproximada	Una hora
Asistentes	El administrador de la panadería, informante principal del estudio; Hanna María Buelvas Maya, estudiante responsable del proyecto
Objetivo	Revisar los ajustes aplicados y aprobar el diseño para iniciar el desarrollo
Temas tratados	Verificación pantalla por pantalla de que las observaciones de la reunión anterior quedaron resueltas: el comprobante incluye el auxilio de transporte y el descuento por obligaciones con la panadería, y se aumentó el tamaño de la tipografía en toda la interfaz
Acuerdos	El administrador aprueba el diseño de la interfaz y autoriza el inicio de la construcción del sistema. Los entregables se irán mostrando a medida que cada módulo quede funcional

Nota. Los hallazgos consignados en estas actas se sistematizan en la matriz del apartado 10.5 y constituyen la fuente documentada del origen de los requerimientos del apartado 10.12.

Apéndice H. Evidencia del código fuente por módulo

Se recogen fragmentos representativos del código, tomados de los archivos del proyecto e identificados con su ruta y su número de línea. No se reproduce el código completo, sino los mecanismos que el marco de referencia menciona y cuya verificación resulta necesaria. Las seis primeras figuras corresponden a capturas de pantalla del editor; las cinco últimas, a fragmentos del código fuente compuestos tipográficamente para su lectura, con la numeración de línea correspondiente a su archivo.

Figura H1

Estructura de carpetas del proyecto

Estructura del proyecto	
sistema_gestion_nomina/	
├─ app.py	# arranque, CSRF y control de acceso global
├─ config.py	# configuración y variables de entorno
├─ init_db.py	# esquema de la base de datos
├─ models/	# ---- MODELO ----
│ ├─ usuario.py	# autenticación, roles y bloqueo de cuenta
│ ├─ configuracion.py	# parámetros monetarios y de jornada
│ ├─ registro_turno.py	# turnos trabajados y novedades
│ ├─ recibo.py	# liquidación y comprobantes
│ ├─ tiempo.py	# utilidades de fecha y hora
│ └─ db_adapter.py	# compatibilidad SQLite / PostgreSQL
├─ routes/	# ---- CONTROLADOR ----
│ ├─ auth.py	# inicio de sesión y cambio de clave
│ ├─ dashboard.py	# enrutamiento según el rol
│ ├─ admin.py	# rutas /admin/*
│ └─ encargado.py	# rutas /encargado/*
├─ templates/	# ---- VISTA ----
│ ├─ base.html	
│ ├─ auth/	# login y cambio de clave
│ ├─ admin/	# usuarios, configuración, recibos, auditoría
│ └─ encargado/	# registro de turnos
├─ static/	# hojas de estilo, scripts e imágenes
├─ Procfile	# comando de arranque en producción
├─ render.yaml	# infraestructura como código
└─ requirements.txt	# dependencias

Nota. La separación entre los directorios de modelos, rutas y plantillas refleja las tres capas del patrón Modelo-Vista-Controlador descritas en el apartado 12.1.

Figura H2

Control de acceso por rol

```

app.py – prefijos de ruta protegidos por rol
40  # =====
41  # Rutas que NO requieren autenticación (login screen y estáticos)
42  RUTAS_PUBLICAS = ("/login", "/static/")
43  # Rutas accesibles para cualquier usuario autenticado
44  RUTAS_AUTENTICADAS_LIBRES = ("/logout", "/cambio-clave")
45  # Rutas restringidas por rol (path prefix → rol exigido)
46  RUTAS_ADMIN_PREFIX = ("/admin/", "/dashboard/admin")
47  RUTAS_ENCARGADO_PREFIX = ("/encargado/", "/dashboard/encargado")

app.py – verificación del rol en before_request
84  rol = session.get("rol")
85  if any(path.startswith(p) for p in RUTAS_ADMIN_PREFIX) and rol != "administrador":
86      flash("No tienes permiso para acceder a esa sección.", "error")
87      return redirect(url_for("auth.login"))
88  if any(path.startswith(p) for p in RUTAS_ENCARGADO_PREFIX) and rol != "encargado":
89      flash("No tienes permiso para acceder a esa sección.", "error")
90      return redirect(url_for("auth.login"))
91
92  return None

routes/auth.py – decorador login_requerido
63  def login_requerido(rol_requerido=None):
64      """Decorador para proteger vistas. Si se pasa un rol, también verifica el rol."""
65      def decorador(funcion):
66          @wraps(funcion)
67          def envoltura(*args, **kwargs):
68              if "usuario_id" not in session:
69                  flash("Debes iniciar sesión para acceder.", "error")
70                  return redirect(url_for("auth.login"))
71              if rol_requerido and session.get("rol") != rol_requerido:
72                  flash("No tienes permisos para acceder a esta sección.", "error")
73                  return redirect(url_for("auth.login"))
74              return funcion(*args, **kwargs)
75          return envoltura
76      return decorador

```

Nota. El control opera en dos niveles: un filtro global sobre cada petición y un decorador aplicado a las vistas que exigen un rol determinado. Acredita el requerimiento RNF-05.

Figura H3

Cifrado de contraseñas y bloqueo de la cuenta

```

models/usuario.py – verificación del hash de la contraseña
99         if check_password_hash(fila["clave_hash"], clave):
100             conexion.execute(
101                 "UPDATE usuarios SET intentos_fallidos = 0, bloqueado_hasta = NULL WHERE id = ?",
102                 (fila["id"],),
103             )
104             conexion.commit()

models/usuario.py – bloqueo temporal tras varios intentos fallidos
113         nuevos_intentos = fila["intentos_fallidos"] + 1
114         bloqueado_hasta = None
115         if nuevos_intentos >= Config.MAX_INTENTOS_FALLIDOS:
116             bloqueado_hasta = ahora + timedelta(minutes=Config.MINUTOS_BLOQUEO)
117             conexion.execute(
118                 "UPDATE usuarios SET intentos_fallidos = 0, bloqueado_hasta = ? WHERE id = ?",
119                 (bloqueado_hasta.isoformat(sep=" ", timespec="seconds"), fila["id"]),
120             )
121         else:
122             conexion.execute(
123                 "UPDATE usuarios SET intentos_fallidos = ? WHERE id = ?",
124                 (nuevos_intentos, fila["id"]),
125             )
126             conexion.commit()
127
128         if bloqueado_hasta:
129             return AUTH_BLOQUEADO, bloqueado_hasta
130         return AUTH_CLAVE_INCORRECTA, Config.MAX_INTENTOS_FALLIDOS - nuevos_intentos

models/usuario.py – almacenamiento del nuevo hash
213         conexion.execute(
214             "UPDATE usuarios SET clave_hash = ?, clave_temporal = 0 WHERE id = ?",
215             (generate_password_hash(nueva_clave), id_usuario),
216         )

```

Nota. Las contraseñas se comparan contra su resumen almacenado; alcanzado el número configurado de intentos fallidos la cuenta queda bloqueada durante el tiempo definido. Acredita los requerimientos RNF-01 y RF-02.

Figura H4

Protección frente a la falsificación de peticiones en sitios cruzados

```
app.py – inicialización de CSRFProtect
15 # Protección CSRF global
16 csrf = CSRFProtect()
17

app.py – activación sobre la aplicación
21 app.config.from_object(Config)
22
23 csrf.init_app(app)

templates/auth/login.html – token en el formulario
46 <form method="POST" action="{{ url_for('auth.login') }}" id="form-login" novalidate>
47 <input type="hidden" name="csrf_token" value="{{ csrf_token() }}">
48

static/js/registro_turnos.js – token en las peticiones asíncronas
130 // ----- API -----
131 function api(method, url, body) {
132     const opts = { method: method, headers: { "X-CSRFToken": csrfToken } };
133     if (body) {
```

Nota. El testigo se emite en los formularios y viaja igualmente en la cabecera de las peticiones asíncronas del registro de turnos. Acredita el requerimiento RNF-02.

Figura H5

Rutas de la aplicación por módulo funcional

```

routes/admin.py – gestión de usuarios
30 @admin_bp.route("/usuarios", methods=["GET"])
31 @admin_requerido
32 def gestion_usuarios():
33     # Filtros: ?rol=administrador&rol=empleado&estado=disponible&q=hanna

routes/admin.py – emisión del comprobante
203 @admin_bp.route("/recibo/emitir", methods=["POST"])
204 @admin_requerido
205 def emitir_recibo():
206     """

routes/admin.py – configuración de valores
313 @admin_bp.route("/configuracion", methods=["GET"])
314 @admin_requerido
315 def configuracion():
316     """Vista del módulo de configuración de valores de nómina."""

routes/encargado.py – registro de turnos en borrador
93 @encargado_bp.route("/turnos/borrador", methods=["POST"])
94 @encargado_requerido
95 def crear_borrador_registro():
96     """Persiste un registro como borrador. Devuelve {ok, id, con_retraso, error?}."""

routes/encargado.py – confirmación de los registros del día
218 @encargado_bp.route("/turnos/guardar", methods=["POST"])
219 @encargado_requerido
220 def guardar_registros():
221     """Promueve los borradores del día a registros confirmados."""

```

Nota. Cada ruta queda protegida por el decorador correspondiente al rol autorizado para ejecutarla.

Figura H6

Control de los turnos registrados fuera de fecha

```

models/registro_turno.py – límite de días hacia atrás
16 # Límite duro: cuántos días hacia atrás puede registrar el encargado
17 MAX_DIAS_ATRAS = 7

models/registro_turno.py – marca de registro con retraso
131     """
132     Inserta un borrador y devuelve su id. Marca registrado_con_retraso si fecha < hoy.
133     Las horas extra se reciben como rango horario y se calculan internamente.
134     """
135     if fecha is None:
136         fecha = _hoy()
137     con_retraso = 1 if fecha < _hoy() else 0

```

Nota. El encargado puede registrar jornadas de hasta siete días atrás; el sistema las marca para que el administrador las identifique en la vista de auditoría. Acredita el requerimiento RF-12.

Figura H7

Catálogo de parámetros configurables

```

12 CLAVES = (
13     "hora_diurna",
14     "hora_nocturna",
15     "hora_domingo",
16     "hora_festivo",
17     "hora_domingo_nocturna",
18     "hora_festivo_nocturna",
19     "hora_diurna_extra",
20     "hora_nocturna_extra",
21     "descuento_salud",
22     "descuento_pension",
23     "auxilio_transporte",
24 )
25
26 # Claves de parámetros laborales (no monetarios)
27 CLAVES_PARAMETROS = (
28     "horas_jornada_laboral",
29     "hora_inicio_nocturna",
30 )

```

Nota. Fragmento de `models/configuracion.py`. Las trece claves del catálogo determinan los campos que la pantalla de configuración presenta al administrador, de modo que incorporar un parámetro nuevo no exige modificar la interfaz. Acredita el requerimiento RF-07.

Figura H8

Lectura de la hora de inicio nocturna desde la configuración

```

83 def obtener_hora_inicio_nocturna():
84     """Devuelve la hora (int, 0-23) en que inicia la jornada nocturna, o el default."""
85     with obtener_conexion() as conexion:
86         fila = conexion.execute(
87             "SELECT valor FROM configuracion WHERE clave = 'hora_inicio_nocturna'"
88         ).fetchone()
89     if fila is None or not fila["valor"]:
90         return HORA_INICIO_NOCTURNA_DEFAULT
91     return int(fila["valor"])

```

Nota. Fragmento de `models/configuracion.py`. La hora de inicio de la franja nocturna se lee de la base de datos y no de una constante del código; el valor por omisión corresponde a la franja establecida por el artículo 10 de la Ley 2466 de 2025. Acredita los requerimientos RF-07 y RNF-09.

Figura H9

Reparto de las horas del turno entre franja diurna y nocturna

```

97 def repartir_por_franja(hora_desde_str, hora_hasta_str, hora_inicio_nocturna):
98     """Reparte un intervalo 'HH:MM'-'HH:MM' entre franja diurna y nocturna.
99
100     Franja nocturna: [hora_inicio_nocturna, 24) u [0, 6)
101     Franja diurna: [6, hora_inicio_nocturna)
102     Devuelve (horas_diurnas, horas_nocturnas) como floats.
103     Si hora_hasta <= hora_desde, el turno cruza la medianoche.
104
105     El recorrido es minuto a minuto (1440 iteraciones como máximo): es exacto y
106     evita la aritmética de intervalos con sus casos borde.
107     """
108     inicio = _a_minutos(hora_desde_str)
109     duracion = _duracion_en_minutos(hora_desde_str, hora_hasta_str)
110     if inicio is None or duracion <= 0:
111         return 0.0, 0.0
112
113     minutos_nocturnos = 0
114     for desplazamiento in range(duracion):
115         if _es_minuto_nocturno(inicio + desplazamiento, hora_inicio_nocturna):
116             minutos_nocturnos += 1
117
118     minutos_diurnos = duracion - minutos_nocturnos
119     return minutos_diurnos / 60.0, minutos_nocturnos / 60.0

```

Nota. Fragmento de `models/recibo.py`. El recorrido minuto a minuto reparte el intervalo entre ambas franjas y resuelve sin casos especiales los turnos que cruzan la medianoche o el fin de la franja nocturna. Acredita los requerimientos RF-14 y RF-15.

Figura H10

Cálculo del Domingo de Pascua y traslado por la Ley Emiliani

```

56 def domingo_de_pascua(anio):
57     """Domingo de Pascua del año dado (algoritmo gregoriano anónimo, Meeus/Butcher)."""
58     a = anio % 19
59     b, c = divmod(anio, 100)
60     d, e = divmod(b, 4)
61     f = (b + 8) // 25
62     g = (b - f + 1) // 3
63     h = (19 * a + b - d - g + 15) % 30
64     i, k = divmod(c, 4)
65     l = (32 + 2 * e + 2 * i - h - k) % 7
66     m = (a + 11 * h + 22 * l) // 451
67     mes, dia = divmod(h + l - 7 * m + 114, 31)
68     return date(anio, mes, dia + 1)
69
70
71 def _trasladar_a_lunes(fecha):
72     """Ley Emiliani: si la fecha no cae en lunes, se corre al lunes siguiente."""
73     dias_hasta_lunes = (7 - fecha.weekday()) % 7 # 0 = lunes
74     return fecha + timedelta(days=dias_hasta_lunes)

```

Nota. Fragmento de `models/festivos.py`. El algoritmo gregoriano determina la fecha de la Pascua de cualquier año, de la cual se derivan los cinco festivos móviles; la segunda función aplica el traslado al lunes siguiente dispuesto por la Ley 51 de 1983.

Figura H11*Construcción del calendario anual de festivos*

```

77 @lru_cache(maxsize=32)
78 def _conjunto_festivos(anio):
79     """Conjunto inmutable con las 18 fechas festivas del año (cacheado)."""
80     fechas = set()
81
82     for mes, dia in FESTIVOS_FIJS:
83         fechas.add(date(anio, mes, dia))
84
85     for mes, dia in FESTIVOS_TRASLADABLES:
86         fechas.add(_trasladar_a_lunes(date(anio, mes, dia)))
87
88     pascua = domingo_de_pascua(anio)
89
90     for _nombre, desfase in PASCUALES_FIJS:
91         fechas.add(pascua + timedelta(days=desfase))
92
93     for _nombre, desfase in PASCUALES_TRASLADABLES:
94         fechas.add(_trasladar_a_lunes(pascua + timedelta(days=desfase)))
95
96     return frozenset(fechas)

```

Nota. Fragmento de `models/festivos.py`. Las dieciocho fechas se calculan para el año consultado y se conservan en memoria, dado que la verificación se ejecuta una vez por cada registro de turno del periodo liquidado. Acredita el requerimiento RF-14.

Apéndice I. Plan de pruebas funcionales

Cada escenario se ejecutó sobre el sistema con una configuración de tarifas derivada del salario mínimo legal mensual vigente para 2026 y de los porcentajes de recargo establecidos en el Código Sustantivo del Trabajo, conforme a lo declarado en el apartado 6.4. La derivación de cada valor se presenta a continuación, de modo que la configuración empleada sea verificable y reproducible.

Tabla I1

Configuración de parámetros empleada en el plan de pruebas y su derivación legal

Parámetro configurado	Valor	Derivación	Fundamento
Hora ordinaria diurna	\$7.296	$\$1.750.905 \div 240$ horas mensuales = \$7.295,44, redondeado al alza	Decreto 1469 de 2025, vigente a la fecha de las pruebas; práctica de liquidación con divisor de 240 horas
Hora nocturna	\$9.850	Hora ordinaria más recargo del 35 %	Art. 168 CST
Hora dominical	\$13.133	Hora ordinaria más recargo del 80 %	Art. 179 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025
Hora dominical nocturna	\$15.687	Hora ordinaria más recargo del 80 % y del 35 %, acumulados	Arts. 168 y 179 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025
Hora festiva	\$13.133	Hora ordinaria más recargo del 80 %	Art. 179 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025
Hora festiva nocturna	\$15.687	Hora ordinaria más recargo del 80 % y del 35 %, acumulados	Arts. 168 y 179 CST; art. 14 Ley 2466 de 2025
Hora extra diurna	\$9.120	Hora ordinaria más recargo del 25 %	Art. 168 CST

Parámetro configurado	Valor	Derivación	Fundamento
Hora extra nocturna	\$12.768	Hora ordinaria más recargo del 75 %	Art. 168 CST
Inicio de la franja nocturna	7:00 p. m.	Franja vigente desde el 25 de diciembre de 2025	Art. 160 CST, mod. art. 10 Ley 2466 de 2025
Calendario de festivos (valor derivado, no parámetro configurable)	18 festivos anuales	Fijos, trasladados al lunes y derivados de la Pascua	Art. 179 CST; Ley 51 de 1983
Jornada ordinaria diaria	8 horas	Jornada diaria aplicada por el negocio	Art. 161 CST
Auxilio de transporte por quincena	\$124.548	$\$249.095 \div 2$	Decreto 1470 de 2025
Descuento de salud	\$35.018	4 % del ingreso base de cotización quincenal de un trabajador con salario mínimo	Ley 100 de 1993
Descuento de pensión	\$35.018	4 % del ingreso base de cotización quincenal de un trabajador con salario mínimo	Ley 100 de 1993

Nota. Elaboración propia. Los valores de esta tabla corresponden a la configuración empleada en los escenarios E01 a E10, que se fechan en el primer semestre de 2026, periodo en el que el recargo dominical y festivo aplicable era del 80 %. A partir del 1 de julio de 2026 ese parámetro asciende al 90 %, con lo que la hora dominical pasa a \$13.863 y la hora dominical nocturna a \$16.416; a partir del 1 de julio de 2027 asciende al 100 %, con lo que la hora dominical pasa a \$14.592. El escenario E11 se ejecutó con esa segunda configuración, actualizada desde la pantalla de configuración sin modificar el código fuente. El escenario E12 se ejecutó con una tercera configuración, en la que la hora ordinaria se recalculó sobre el divisor de doscientas diez horas correspondiente a la jornada de cuarenta y dos horas semanales, con lo que asciende a \$8.338, y las siete tarifas restantes se derivaron de ella con el mismo criterio; sus valores se recogen en la Figura I15. Ambos escenarios constituyen la ilustración práctica del mantenimiento evolutivo descrito en el apartado 13.5. Cada tarifa se obtiene multiplicando el valor de la hora ordinaria —a su vez redondeado al peso superior— por el factor acumulado de sus recargos, y redondeando el producto al peso superior: $7.296 \times 2,15 = 15.686,4$ para la hora dominical nocturna al 80 %, y $7.296 \times 2,25 = 16.416$ para la misma hora al 90 %, valor este último que resulta entero y no requiere redondeo. El auxilio de transporte y los descuentos siguen un criterio distinto, de redondeo al peso más próximo. El redondeo del producto entre horas y tarifa que ejecuta el sistema durante la

liquidación se rige por la regla RN-13. Los dos descuentos se configuran como valores fijos por periodo y no como porcentaje calculado por el sistema sobre el ingreso base de cotización efectivo de cada trabajador, limitación declarada en el apartado 6.4.

El resultado esperado de cada escenario se calculó de forma independiente aplicando la tarifa correspondiente a las horas de cada caso, con anterioridad a su ejecución en el sistema, conforme al principio enunciado por Myers et al. (2011).

Se precisa la convención de redondeo empleada, por incidir en dos de los escenarios. El sistema expresa todos los valores en pesos enteros y resuelve los empates —los casos en que el resultado termina exactamente en cincuenta centavos— hacia el entero par más próximo, criterio conocido como redondeo bancario y que corresponde al comportamiento por omisión del lenguaje de programación empleado. Los escenarios E03 y E04 son los únicos cuyo producto no es exacto: 6,5 horas por la tarifa dominical arrojan \$85.364,50, que bajo esta convención se liquidan como \$85.364. Los nueve escenarios restantes producen valores enteros y no se ven afectados. La diferencia máxima que esta convención puede introducir en un concepto es de un peso, y su efecto no es sistemáticamente favorable ni desfavorable al trabajador, dado que los empates se resuelven alternativamente hacia arriba y hacia abajo según la paridad del resultado. Los escenarios corresponden a casos de prueba contruados para verificar el comportamiento del motor de liquidación y no a liquidaciones efectivamente pagadas por el negocio.

Tabla I2

Plan y resultados de las pruebas funcionales de liquidación

ID	Escenario	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido en el sistema	Estado
E01	Turno diurno ordinario	Turno de 6,5 h de 06:00 a 12:30	6,5 h diurnas a \$7.296: salario \$47.424; devengos \$171.972;	6,5 h diurnas a \$7.296: salario \$47.424; devengos \$171.972; descuentos	Conforme

ID	Escenario	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido en el sistema	Estado
			descuentos \$70.036; neto \$101.936	\$70.036; neto \$101.936	
E02	Turno nocturno completo	Turno de 2 h de 21:00 a 23:00	2 h nocturnas a \$9.850: salario \$19.700; devengos \$144.248; descuentos \$70.036; neto \$74.212	2 h nocturnas a \$9.850: salario \$19.700; devengos \$144.248; descuentos \$70.036; neto \$74.212	Conforme
E03	Turno dominical	Turno de 6,5 h en domingo 31 de mayo	6,5 h a \$13.133 = \$85.364,50, redondeado a \$85.364: salario \$85.364; devengos \$209.912; descuentos \$70.036; neto \$139.876	1 día dominical: salario \$85.364; devengos \$209.912; descuentos \$70.036; neto \$139.876	Conforme
E04	Turno en día festivo	Turno de 6,5 h el 1 de mayo	6,5 h a \$13.133 = \$85.364,50, redondeado a \$85.364: salario \$85.364; devengos \$209.912; descuentos \$70.036; neto \$139.876	1 día festivo: salario \$85.364; devengos \$209.912; descuentos \$70.036; neto \$139.876	Conforme
E05	Horas extra diurnas	Turno de 8 h con 2 h extra diurnas declaradas	8 h a \$7.296 más 2 h a \$9.120: salario \$76.608; devengos \$201.156; descuentos \$70.036; neto \$131.120	8 h a \$58.368 más 2 h extra diurnas a \$18.240: salario \$76.608; devengos \$201.156; descuentos \$70.036; neto \$131.120	Conforme
E06	Horas extra nocturnas	Turno de 8 h con 2 h extra nocturnas declaradas	8 h a \$7.296 más 2 h a \$12.768: salario \$83.904; devengos \$208.452;	8 h a \$58.368 más 2 h extra nocturnas a \$25.536: salario \$83.904; devengos \$208.452; descuentos	Conforme

ID	Escenario	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido en el sistema	Estado
			descuentos \$70.036; neto \$138.416	\$70.036; neto \$138.416	
E07	Turnos parciales que exceden la jornada	Dos turnos parciales el mismo día: 6 h y 4 h, 10 h en total	8 h ordinarias y 2 h extra diurnas: salario \$76.608; devengos \$201.156; descuentos \$70.036; neto \$131.120	8 h ordinarias a \$58.368 más 2 h extra diurnas a \$18.240: salario \$76.608; devengos \$201.156; descuentos \$70.036; neto \$131.120	Conforme
E08	Préstamo y abono en el periodo	Turno de 6,5 h con préstamo de \$100.000 y abono de \$30.000	Salario \$47.424; devengos \$171.972; a los descuentos legales de \$70.036 se suma el saldo de \$70.000: descuentos \$140.036; neto \$31.936	Salario \$47.424; devengos \$171.972; préstamo de \$70.000 sumado a las deducciones legales: descuentos \$140.036; neto \$31.936	Conforme
E09	Turno que cruza el inicio de la franja nocturna	Turno de 4 h de 18:00 a 22:00 en día ordinario	1 h diurna a \$7.296 y 3 h nocturnas a \$9.850: salario \$36.846; devengos \$161.394; descuentos \$70.036; neto \$91.358	1 h diurna a \$7.296 más 3 h nocturnas a \$29.550: salario \$36.846; devengos \$161.394; descuentos \$70.036; neto \$91.358	Conforme
E10	Recargos concurrentes en domingo	Turno de 6 h de 16:00 a 22:00 en domingo	3 h dominicales diurnas a \$13.133 (\$39.399) y 3 h dominicales nocturnas a \$15.687 (\$47.061): salario \$86.460; devengos \$211.008; descuentos	1 día dominical diurno a \$39.399 más 3 h dominicales nocturnas a \$47.061: salario \$86.460; devengos \$211.008; descuentos \$70.036; neto \$140.972	Conforme

ID	Escenario	Datos de entrada	Resultado esperado	Resultado obtenido en el sistema	Estado
			\$70.036; neto \$140.972		
E11	Recargo dominical al 90 %, vigente desde julio de 2026	Turno de 6 h de 16:00 a 22:00 en domingo 5 de julio de 2026, con las tarifas del art. 179 actualizadas al 90 %	3 h dominicales diurnas a \$13.863 (\$41.589) y 3 h dominicales nocturnas a \$16.416 (\$49.248): salario \$90.837; devengos \$215.385; descuentos \$70.036; neto \$145.349	1 día dominical diurno a \$41.589 más 3 h dominicales nocturnas a \$49.248: salario \$90.837; devengos \$215.385; descuentos \$70.036; neto \$145.349	Conforme
E12	Hora ordinaria derivada del divisor de 210 horas (jornada de 42 h, vigente desde julio de 2026)	Turno de 6,5 h de 06:00 a 12:30 el lunes 3 de agosto de 2026, con la hora ordinaria recalculada sobre el divisor de 210 horas	6,5 h diurnas ordinarias a \$8.338: salario \$54.197; devengos \$178.745; descuentos \$70.036; neto \$108.709	6,5 h de salario básico a \$8.338: salario \$54.197; devengos \$178.745; descuentos \$70.036; neto \$108.709	Conforme

Nota. Elaboración propia. Los escenarios E01 a E10 se ejecutan sobre el módulo de liquidación con la configuración de la Tabla I1; el escenario E11 se ejecuta con esa misma configuración actualizada al recargo dominical del 90 %, conforme se indica en la nota de dicha tabla. Los devengos incluyen el auxilio de transporte y los descuentos corresponden a los aportes de salud y pensión configurados. El escenario E10 verifica la concurrencia de recargos descrita en el apartado 11.3: bajo la implementación anterior, que aplicaba una precedencia excluyente, las seis horas se habrían liquidado a tarifa dominical por \$78.798, con pérdida del recargo nocturno de las tres últimas. El escenario E09 se incorpora para verificar dos comportamientos: la aplicación de la franja nocturna vigente desde el 25 de diciembre de 2025 y el reparto de las horas de un mismo turno entre ambas franjas. Bajo la implementación anterior, que situaba el inicio de la franja a las 9:00 p. m. y clasificaba el turno completo según su hora de inicio, las cuatro horas se habrían liquidado como diurnas. El escenario E12 responde a la constancia dejada en el apartado 2.4.5 sobre el divisor empleado en la configuración de pruebas. Repite exactamente el turno del escenario E01 —seis horas y media en jornada diurna ordinaria— fechado con posterioridad a la entrada en vigencia de la jornada de cuarenta y dos horas, y varía únicamente el divisor con que

se deriva la hora ordinaria: esta pasa de \$7.296 a \$8.338, el salario del periodo de \$47.424 a \$54.197 y el neto de \$101.936 a \$108.709. Acredita que la corrección del divisor se resuelve editando los parámetros de la pantalla de configuración, sin intervenir el código fuente ni recompilar el sistema. El escenario E11, por su parte, repite exactamente el turno de E10 y varía únicamente la tarifa aplicable, de modo que aísla el efecto del incremento del recargo dominical previsto en el artículo 14 de la Ley 2466 de 2025: el salario del periodo pasa de \$86.460 a \$90.837 y el neto, de \$140.972 a \$145.349. Su valor probatorio es doble, pues acredita que el sistema liquida conforme al porcentaje vigente y que la reforma se absorbió editando dos parámetros desde la pantalla de configuración, sin modificar el código fuente. Los doce escenarios se ejecutaron sobre el sistema desplegado y en los doce el resultado obtenido coincidió con el calculado de forma independiente. Se advierte que los escenarios verifican el motor de liquidación sobre jornadas aisladas y no reproducen quincenas completas de trabajo. Por esa razón, y por la simplificación declarada en el apartado 6.4 —según la cual el auxilio de transporte y los descuentos de salud y pensión se aplican como valores fijos por periodo y no como porcentajes sobre el ingreso base de cotización—, la relación entre devengos y deducciones de estos comprobantes no corresponde a la de una liquidación real: en escenarios como E01 y E02 las deducciones superan el salario devengado por la jornada verificada. Los valores acreditan la corrección del cálculo de recargos y no la verosimilitud contable del periodo. Las capturas del comprobante emitido en cada escenario se presentan a continuación.

Figura I1

Pantalla de configuración con los parámetros empleados en las pruebas

 Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

 **Configuración de valores**

En esta sección debes configurar los valores en los que se van a basar los cálculos de la nómina de cada empleado.

Ingresar el valor de una hora laboral diurna *

\$ 7.296

Ingresar el valor de una hora laboral nocturna *

\$ 9.850

Ingresar el valor de una hora laboral de domingo *

\$ 13.133

Ingresar el valor de una hora laboral de festivo *

\$ 13.133

Ingresar el valor de una hora nocturna en domingo *

\$ 15.687

Ingresar el valor de una hora nocturna en día festivo *

\$ 15.687

Ingresar el valor de una hora laboral diurna extra *

\$ 9.120

Ingresar el valor de una hora laboral nocturna extra *

\$ 12.768

Ingresar el valor del descuento por salud *

\$ 35.018

Ingresar el valor del descuento por pensión *

\$ 35.018

Valor del auxilio de transporte por periodo *

\$ 124.548

Parámetros laborales

Estos valores se aplican al cálculo automático de horas extra cuando un empleado supera la jornada, y a la separación de cada turno entre franja diurna y nocturna.

Horas por jornada laboral legal *

8

Hora en que inicia la jornada nocturna (formato 24 horas) *

19

Guardar configuración

 **Turnos disponibles**

Estos turnos aparecen como opciones cuando el encargado registra un "Turno completo" de un empleado.

Nombre del turno *

Ej: Mañana, Tarde, Noche

Hora inicio *

--:--

Hora fin *

--:--

+ Añadir

Nombre	Rango horario	Acciones
Mañana	Mañana (6:00 AM - 12:30 PM)	
Tarde	Tarde (1:00 PM - 7:30 PM)	

Nota. Captura de la pantalla de configuración del sistema desplegado, con los trece parámetros de la Tabla I1 cargados. La sección inferior corresponde al catálogo de turnos disponibles para el registro diario.

Figura I2

Comprobante del escenario E01, turno diurno ordinario

Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial

PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS

Nit: 901.633.276-0

DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-001

Periodo de pago: Del 4 de Mayo 2026 al 4 de Mayo 2026

Comprobante: CN-2026-001

Nombre: Ana Rueda Perez

Cargo: Panadero

Identificación cc: 1.009.876.543

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	6.5 h	\$ 47.424
Subtotal		\$ 47.424
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 171.972

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 101.936

🖨 Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. El desglose presenta 6,5 horas de salario básico.

Figura I3

Comprobante del escenario E02, turno nocturno completo



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

Periodo de pago: Del 5 de Mayo 2026 al 5 de Mayo 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-002
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	0.0 h	\$ 0
Recargo Nocturno (Hora)	2.0 h	\$ 19.700
Subtotal		\$ 19.700
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 144.248

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 74.212

Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. La totalidad de las horas se clasifica como recargo nocturno.

Figura I4

Comprobante del escenario E03, turno dominical

Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial

PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-003

Periodo de pago: Del 31 de Mayo 2026 al 31 de Mayo 2026

Comprobante: CN-2026-003

Nombre: Ana Rueda Perez

Cargo: Panadero

Identificación cc: 1.009.876.543

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	0.0 h	\$ 0
Recargos Dominicales / Festivos (Día)	1 día(s)	\$ 85.364
Subtotal		\$ 85.364
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 209.912

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 139.876

🖨 Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. El valor de \$85.364 refleja la convención de redondeo declarada al inicio de este apéndice.

Figura I5

Comprobante del escenario E04, turno en día festivo

Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial

PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS

Nit: 901.633.276-0

DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-004

Periodo de pago: Del 1 de Mayo 2026 al 1 de Mayo 2026

Comprobante: CN-2026-004

Nombre: Ana Rueda Perez

Cargo: Panadero

Identificación cc: 1.009.876.543

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	0.0 h	\$ 0
Recargos Dominicales / Festivos (Día)	1 día(s)	\$ 85.364
Subtotal		\$ 85.364
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 209.912

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 139.876

🖨 Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema para una jornada del 1 de mayo, reconocida como festivo por el calendario del apartado 11.4.

Figura I6

Comprobante del escenario E05, horas extra diurnas



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS

Nit: 901.633.276-0

DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-005

Periodo de pago: Del 6 de Mayo 2026 al 6 de Mayo 2026

Nombre: Ana Rueda Perez

Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-005

Cargo: Panadero

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	8.0 h	\$ 58.368
Horas extra diurnas (Hora)	2.0 h	\$ 18.240
Subtotal		\$ 76.608
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 201.156

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 131.120

🖨 Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. El desglose discrimina las ocho horas ordinarias de las dos horas suplementarias diurnas.

Figura I7*Comprobante del escenario E06, horas extra nocturnas*



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

[← Generar otro comprobante](#)
[Ver historial](#)



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-006

Periodo de pago: Del 7 de Mayo 2026 al 7 de Mayo 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-006
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	8.0 h	\$ 58.368
Horas extra nocturnas (Hora)	2.0 h	\$ 25.536
Subtotal		\$ 83.904
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 208.452

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 138.416


[Imprimir](#)

Nota. Comprobante emitido por el sistema. Las dos horas suplementarias se liquidan a la tarifa de extra nocturna.

Figura I8

Comprobante del escenario E07, turnos parciales que exceden la jornada



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

← Generar otro comprobante

Ver historial



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-007

Periodo de pago: Del 8 de Mayo 2026 al 8 de Mayo 2026

Nombre: Ana Rueda Perez

Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-007

Cargo: Panadero

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	8.0 h	\$ 58.368
Horas extra diurnas (Hora)	2.0 h	\$ 18.240
Subtotal		\$ 76.608
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 201.156

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 131.120

Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. Las diez horas registradas en dos turnos parciales del mismo día se resuelven en ocho ordinarias y dos suplementarias, conforme a la regla RN-05.

Figura I9*Comprobante del escenario E08, préstamo y abono*



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

[← Generar otro comprobante](#)
[Ver historial](#)



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-008

Periodo de pago: Del 11 de Mayo 2026 al 11 de Mayo 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-008
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	6.5 h	\$ 47.424
Subtotal		\$ 47.424
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 171.972

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
Préstamo empresarial	\$ 70.000
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 140.036

NETO A PAGAR

\$ 31.936


[Imprimir](#)

Nota. Comprobante emitido por el sistema. El saldo de \$70.000, resultante del préstamo menos el abono, se suma a las deducciones legales.

Figura I10

Comprobante del escenario E09, turno que cruza el inicio de la franja nocturna

Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

Gestión de usuarios

Generar un recibo de nómina

Historial de comprobantes

Auditoría de registros

Configuración de valores

Cerrar sesión

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial

PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS

Nit: 901.633.276-0

DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-009

Periodo de pago: Del 12 de Mayo 2026 al 12 de Mayo 2026

Nombre: Ana Rueda Perez

Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-009

Cargo: Panadero

Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	1.0 h	\$ 7.296
Recargo Nocturno (Hora)	3.0 h	\$ 29.550
Subtotal		\$ 36.846
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 161.394

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 91.358

🖨 Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. El turno de 18:00 a 22:00 se reparte en una hora diurna y tres nocturnas, conforme a la franja establecida por el artículo 10 de la Ley 2466 de 2025. Bajo la regulación anterior las cuatro horas se habrían liquidado como diurnas.

Figura I11

Comprobante del escenario E10, recargos concurrentes en domingo



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

← Generar otro comprobante

🕒 Ver historial



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

Periodo de pago: Del 24 de Mayo 2026 al 24 de Mayo 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-010
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	0.0 h	\$ 0
Recargos Dominicales / Festivos (Día)	1 día(s)	\$ 39.399
Recargos Dominicales / Festivos Nocturnos (Hora)	3.0 h	\$ 47.061
Subtotal		\$ 86.460
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 211.008

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 140.972

Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. Es la evidencia central de la concurrencia de recargos descrita en el apartado 11.3: el desglose presenta como conceptos separados el recargo dominical diurno, por \$39.399, y el recargo dominical nocturno, por \$47.061. Bajo la implementación anterior las seis horas se habrían liquidado a tarifa dominical por \$78.798, con pérdida del recargo nocturno de las tres últimas.

Figura I12

Comprobante del escenario E11, recargo dominical al 90 %



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

[← Generar otro comprobante](#)
[Ver historial](#)



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-011

Periodo de pago: Del 5 de Julio 2026 al 5 de Julio 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-011
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	0.0 h	\$ 0
Recargos Dominicales / Festivos (Día)	1 día(s)	\$ 41.589
Recargos Dominicales / Festivos Nocturnos (Hora)	3.0 h	\$ 49.248
Subtotal		\$ 90.837
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 215.385

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR

\$ 145.349

 **Imprimir**

Nota. Comprobante emitido por el sistema. Acredita la aplicación del recargo dominical del 90 %, vigente desde el 1 de julio de 2026: el desglose presenta el recargo dominical diurno por \$41.589 y el recargo dominical nocturno por \$49.248, frente a los \$39.399 y \$47.061 que arroja el mismo turno bajo el porcentaje anterior, según la Figura I11.

Figura I13

Pantalla de configuración con las tarifas actualizadas al recargo del 90 %



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

- Gestión de usuarios
- Generar un recibo de nómina
- Historial de comprobantes
- Auditoría de registros
- Configuración de valores**
- Cerrar sesión

Configuración de valores

En esta sección debes configurar los valores en los que se van a basar los cálculos de la nómina de cada empleado.

Ingresar el valor de una hora laboral diurna *	Ingresar el valor de una hora laboral nocturna *	Ingresar el valor de una hora laboral de domingo *
\$ 7.296	\$ 9.850	\$ 13.863
Ingresar el valor de una hora laboral de festivo *	Ingresar el valor de una hora nocturna en domingo *	Ingresar el valor de una hora nocturna en día festivo *
\$ 13.863	\$ 16.416	\$ 16.416
Ingresar el valor de una hora laboral diurna extra *	Ingresar el valor de una hora laboral nocturna extra *	Ingresar el valor del descuento por salud *
\$ 9.120	\$ 12.768	\$ 35.018
Ingresar el valor del descuento por pensión *	Valor del auxilio de transporte por periodo *	
\$ 35.018	\$ 124.548	

Parámetros laborales

Estos valores se aplican al cálculo automático de horas extra cuando un empleado supera la jornada, y a la separación de cada turno entre franja diurna y nocturna.

Horas por jornada laboral legal *	Hora en que inicia la jornada nocturna (formato 24 horas) *
8	19

Guardar configuración

Turnos disponibles

Estos turnos aparecen como opciones cuando el encargado registra un "Turno completo" de un empleado.

Nombre del turno *	Hora inicio *	Hora fin *	
Ej: Mañana, Tarde, Noche	--:--	--:--	+ Añadir

Nombre	Rango horario	Acciones
Mañana	Mañana (6:00 AM - 12:30 PM)	Eliminar
Tarde	Tarde (1:00 PM - 7:30 PM)	Eliminar

Nota. Captura de la pantalla de configuración del sistema desplegado, con la hora dominical en \$13.863 y la hora dominical nocturna en \$16.416. Acredita que la actualización del recargo previsto en el artículo 14 de la Ley 2466 de 2025 se resolvió editando dos parámetros desde la aplicación, sin intervenir el código fuente.

Figura I14

Comprobante del escenario E12, hora ordinaria derivada del divisor 210



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

[← Generar otro comprobante](#)
[Ver historial](#)



PANADERÍA RICURAS DE CABAÑAS
Nit: 901.633.276-0
DOCUMENTO SOPORTE DE PAGO NÓMINA

CN-2026-012

Periodo de pago: Del 3 de Agosto 2026 al 3 de Agosto 2026
Nombre: Ana Rueda Perez
Identificación cc: 1.009.876.543

Comprobante: CN-2026-012
Cargo: Panadero
Días trabajados: 1

DEVENGADOS		
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
Salario Básico	6.5 h	\$ 54.197
Subtotal		\$ 54.197
Auxilio de transporte		\$ 124.548
TOTAL		\$ 178.745

DEDUCCIONES	
CONCEPTO	VALOR
Fondo salud	\$ 35.018
Fondo pensión	\$ 35.018
TOTAL DEDUCCIONES	\$ 70.036

NETO A PAGAR
\$ 108.709


Imprimir

Nota. Comprobante emitido por el sistema. Acredita la liquidación del mismo turno del escenario E01 —seis horas y media en jornada diurna ordinaria— con la hora ordinaria recalculada sobre el divisor de doscientas diez horas correspondiente a la jornada de cuarenta y dos horas semanales: el salario del periodo asciende a \$54.197 frente a los \$47.424 que arroja el mismo turno con el divisor de doscientas cuarenta, y el neto, a \$108.709 frente a \$101.936.

Figura I15

Pantalla de configuración con las tarifas derivadas del divisor 210



Bienvenido (a) al sistema
Anderson Naranjo

- Gestión de usuarios
- Generar un recibo de nómina
- Historial de comprobantes
- Auditoría de registros
- Configuración de valores**
- Cerrar sesión

Configuración de valores

En esta sección debes configurar los valores en los que se van a basar los cálculos de la nómina de cada empleado.

Ingresar el valor de una hora laboral diurna *	Ingresar el valor de una hora laboral nocturna *	Ingresar el valor de una hora laboral de domingo *
\$ 8.338	\$ 11.257	\$ 15.843
Ingresar el valor de una hora laboral de festivo *	Ingresar el valor de una hora nocturna en domingo *	Ingresar el valor de una hora nocturna en día festivo *
\$ 15.843	\$ 18.761	\$ 18.761
Ingresar el valor de una hora laboral diurna extra *	Ingresar el valor de una hora laboral nocturna extra *	Ingresar el valor del descuento por salud *
\$ 10.423	\$ 14.592	\$ 35.018
Ingresar el valor del descuento por pensión *	Valor del auxilio de transporte por periodo *	
\$ 35.018	\$ 124.548	

Parámetros laborales

Estos valores se aplican al cálculo automático de horas extra cuando un empleado supera la jornada, y a la separación de cada turno entre franja diurna y nocturna.

Horas por jornada laboral legal *	Hora en que inicia la jornada nocturna (formato 24 horas) *
7	19

Guardar configuración

Turnos disponibles

Estos turnos aparecen como opciones cuando el encargado registra un "Turno completo" de un empleado.

Nombre del turno *	Hora inicio *	Hora fin *	
Ej: Mañana, Tarde, Noche	--:--	--:--	+ Añadir

Nombre	Rango horario	Acciones
Mañana	Mañana (6:00 AM - 12:30 PM)	
Tarde	Tarde (1:00 PM - 7:30 PM)	

Nota. Captura de la pantalla de configuración del sistema desplegado, con la hora ordinaria en \$8.338 y las siete tarifas restantes recalculadas sobre ella conforme al criterio de la Tabla I1. La jornada ordinaria diaria se ajustó a siete horas, cociente de las cuarenta y dos horas semanales entre los seis días de la semana laboral del negocio. Acredita que la actualización del divisor se resolvió editando los parámetros desde la aplicación, sin intervenir el código fuente.

Apéndice J. Autorización del estudio e instrumento de usabilidad diligenciado

Este apéndice recoge la constancia documental de la autorización obtenida para la realización del estudio, conforme a lo declarado en el apartado 7.

Se reitera que las pruebas funcionales del sistema se ejecutaron con datos ficticios y no con datos personales de trabajadores, razón por la cual no se requirió consentimiento informado de estos últimos. La autorización que aquí se recoge comprende la realización del estudio en el establecimiento, la aplicación de los instrumentos de recolección, el acceso a los registros históricos del negocio y el uso de la información del proceso, del nombre del establecimiento y de los datos de quienes participaron como informantes, con fines exclusivamente académicos.

La autorización fue suscrita el 17 de agosto de 2026 por el administrador del establecimiento, en su calidad de informante principal del estudio, responsable de la operación diaria y facultado para autorizar su realización en el negocio. Se deja constancia de que el documento se suscribió con posterioridad al inicio del trabajo de campo. El estudio se inició sobre la autorización verbal otorgada en la reunión del 13 de abril de 2026, cuya acta se recoge en la Tabla G1, y la constancia escrita se formalizó al practicarse las sesiones de evaluación de agosto, cuando se hizo necesario documentar de manera expresa el consentimiento para el uso de la denominación del establecimiento y de la información recolectada en el presente informe. La propietaria del establecimiento conoció y avaló el otorgamiento de esa autorización. El documento consigna la identificación de quien autoriza y la calidad en que lo hace, la identificación del establecimiento, de la estudiante y de la institución, la descripción de las actividades autorizadas, la finalidad exclusivamente académica y el destino del documento, la declaración sobre el carácter ficticio de los datos empleados en las pruebas, los derechos que asisten a quien autoriza y el canal para su ejercicio, y el lugar, la fecha y la firma. Se reproduce a continuación.

Figura J1

Autorización para la realización del trabajo de grado, primera página

AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

Panadería Ricuras de Cabañas

Yo, Anderson [REDACTED], identificado con cédula de ciudadanía número [REDACTED] de Bello, obrando en calidad de administrador del establecimiento de comercio Panadería Ricuras de Cabañas, ubicado en Calle [REDACTED], y debidamente facultado para ello, autorizo de manera libre, expresa e informada a la estudiante Hanna María Buelvas Maya, identificada con cédula de ciudadanía número [REDACTED], del programa de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Remington, para desarrollar en este establecimiento el trabajo de grado titulado «Sistema web para la gestión y liquidación parametrizable de la nómina en la panadería Ricuras de Cabañas».

Actividades que autorizo

- Aplicarme la entrevista sobre el procedimiento de liquidación de nómina y observar dicho procedimiento en las instalaciones del establecimiento.
- Consultar los registros históricos de turnos y de liquidación conservados por el negocio, con el fin exclusivo de caracterizar el proceso y medir sus tiempos.
- Utilizar la información del proceso —procedimiento, reglas de liquidación, tiempos y dificultades identificadas— en la elaboración del documento de trabajo de grado.
- Emplear el nombre del establecimiento, mi nombre y mi cargo en el documento, en calidad de informante principal del estudio, así como incorporar las actas de las reuniones en las que participé.
- Presentarme los diseños y los entregables del sistema para su validación, poner a prueba el sistema desarrollado y aplicarme un instrumento de evaluación de su facilidad de uso.

Declaraciones

- Declaro que he sido informado de que la finalidad de este trabajo es exclusivamente académica y que el documento resultante será presentado ante un jurado evaluador y conservado por la Corporación Universitaria Remington.
- Declaro que se me informó que las pruebas del sistema se realizaron con datos ficticios, contruados para ese fin, y que en el documento no se incorporan datos personales de los trabajadores del establecimiento.
- Declaro que se me informó que de la revisión de los registros históricos se extrajeron únicamente mediciones de tiempo y conteos de enmendaduras, sin transcribir ni conservar datos personales de los trabajadores.

Nota. Documento suscrito el 17 de agosto de 2026 en el municipio de Bello. Los números de documento de identidad fueron enmascarados para su incorporación al presente documento, dado que este se deposita en un repositorio de acceso público; el original íntegro reposa en poder de la autora y queda a disposición del jurado evaluador.

Figura J2*Autorización para la realización del trabajo de grado, segunda página*

• Declaro que conozco mis derechos como titular de datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012 y al Decreto 1377 de 2013, entre ellos los de conocer, actualizar, rectificar y solicitar la supresión de mis datos, así como revocar esta autorización, los cuales puedo ejercer comunicándome con la estudiante o con el programa de Ingeniería de Sistemas de la institución.

• Declaro que otorgo esta autorización de manera voluntaria, sin que medie remuneración ni contraprestación alguna.

Para constancia se firma en Bello, a los 17 días del mes de Agosto de 2026.

Nombre: Anderson [REDACTED]
Administrador — Panadería Ricuras de Cabañas

C. C. n.º [REDACTED] Teléfono: [REDACTED]

Nota. Segunda página del documento suscrito el 17 de agosto de 2026, con las declaraciones finales y la firma. El número de documento de identidad y el de contacto fueron enmascarados por la razón indicada en la figura anterior.

Figura J3

Instrumento de usabilidad diligenciado

Cuestionario de usabilidad del sistema
Escala SUS — System Usability Scale (Brooke, 1996)

Sistema evaluado: Sistema web de gestión y liquidación de nómina — Panadería Ricuras de Cabañas

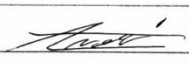
Nombre de quien responde Anderson	Cargo Administrador
Fecha 17/08/2026	Tareas realizadas antes de responder

Marque con una X qué tan de acuerdo está con cada enunciado, donde 1 es «totalmente en desacuerdo» y 5 es «totalmente de acuerdo». Responda con lo primero que se le venga a la mente. Si duda, marque 3. Por favor no deje ningún enunciado sin responder.

N.º	Enunciado	1	2	3	4	5
1	Creo que usaría este sistema con frecuencia.					X
2	Encontré el sistema innecesariamente complejo.		X			
3	Me pareció fácil de usar.				X	
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder usarlo.	X				
5	Las distintas funciones del sistema están bien integradas entre sí.					X
6	Me pareció que el sistema tiene demasiadas inconsistencias.	X				
7	Imagino que la mayoría de las personas aprendería a usarlo muy rápido.					X
8	Me resultó muy incómodo de usar.	X				
9	Me sentí segura al usarlo.					X
10	Necesité aprender muchas cosas antes de poder manejarlo con el sistema.		X			

Comentario abierto (opcional). ¿Qué le costó más trabajo y qué le pareció más útil?

- Me pareció un poco difícil la sección de configuración de valores base.
- Me gustó y me pareció muy útil que se diferencien los turnos que los encargados registran en fechas diferentes a la actual.

Firma de quien responde: 

Nota. Escala System Usability Scale diligenciada por el administrador del negocio el 17 de agosto de 2026, con posterioridad a la ejecución de las tareas propias de su rol sobre el sistema desplegado y con anterioridad a la medición cronometrada del ciclo, que se realizó al día siguiente. Su conversión a puntaje y el análisis de las dos observaciones abiertas se presentan en el apartado 14.6.

Apéndice K. Instrumentos de observación y de revisión documental

Este apéndice recoge los registros de campo de los dos instrumentos que, junto con la entrevista del Apéndice F, sustentan el levantamiento del primer objetivo específico. Sus fichas técnicas se presentan en el apartado 10.3 y los resultados consolidados, en el apartado 10.6.

Tabla K1

Registro de la observación estructurada cronometrada

Medición	Periodo	Trabajador	Tiempo (minutos)	Condiciones registradas
M-01	Quincena 1	T-01	10	Sin préstamos ni novedades de nómina
M-02	Quincena 1	T-02	17	Préstamo vigente y adelanto de quincena
M-03	Quincena 1	T-03	24	Vinculación con pago por horas, sin préstamos
M-04	Quincena 2	T-01	14	Un préstamo registrado en el periodo
M-05	Quincena 2	T-02	12	Cancelación del préstamo pendiente
M-06	Quincena 2	T-03	19	Vinculación con pago por horas, sin préstamos

Nota. Registro de campo de la observación estructurada. El cronómetro se activó al iniciar la consulta de los turnos anotados y se detuvo al concluir la elaboración del soporte de pago. La observación fue no participante: la estudiante no intervino en la ejecución del procedimiento. Los estadísticos derivados de estas mediciones se presentan en el apartado 10.6.1.

Tabla K2*Matriz de revisión de los registros del negocio*

Alcance de la revisión	Periodos cubiertos	Ourrencias	Categoría registrada
Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación	Tres quincenas	5	Anotaciones sin hora de inicio y fin
Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación	Tres quincenas	3	Turnos registrados fuera de la fecha de la jornada
Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación	Tres quincenas	0	Jornadas omitidas
Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación	Tres quincenas	11	Cifras enmendadas o poco legibles
Cuadernos de registro de turnos y planillas de liquidación	Tres quincenas	4	Préstamos o abonos sin fecha o sin trabajador
Soportes de pago entregados	Tres quincenas	0	Soportes sin numeración consecutiva

Tabla K3*Registro de la medición cronometrada del ciclo sobre el sistema*

Medición	Periodo	Trabajador	Tiempo (minutos)	Condiciones registradas
S-01	Quincena 1	T-01	4	Sin préstamos ni novedades de nómina
S-02	Quincena 1	T-02	6	Préstamo vigente y adelanto de quincena
S-03	Quincena 1	T-03	9	Vinculación con pago por horas, sin préstamos

Medición	Periodo	Trabajador	Tiempo (minutos)	Condiciones registradas
S-04	Quincena 2	T-01	6	Un préstamo registrado en el periodo
S-05	Quincena 2	T-02	6	Cancelación del préstamo pendiente
S-06	Quincena 2	T-03	9	Vinculación con pago por horas, sin préstamos

Apéndice L. Guía de operación del sistema por rol

Esta guía reúne el procedimiento de operación del sistema para los dos roles que intervienen en el proceso. Se apoya en las pantallas aprobadas que se recogen en el Apéndice D y su alcance es el del sistema verificado, con las limitaciones declaradas en el apartado 6.4.

L1. Procedimiento común a ambos roles

Ingreso al sistema. Abrir la dirección del sistema en un navegador, digitar el nombre de usuario y la contraseña asignados y confirmar. El sistema conduce al panel que corresponde al rol de la cuenta. La pantalla se reproduce en la Figura D1.

Cambio de clave en el primer ingreso. Si la cuenta se acaba de crear, el sistema exige cambiar la clave temporal antes de permitir cualquier otra operación y no habilita ninguna pantalla hasta que el cambio se complete. Debe digitarse la clave temporal, la nueva clave y su confirmación. La pantalla se reproduce en la Figura D2. El cambio de clave puede repetirse después en cualquier momento desde la misma opción.

Cierre de sesión. Debe usarse la opción de cerrar sesión del menú lateral al terminar la jornada, en particular cuando el equipo es compartido, dado que la auditoría atribuye cada registro a la cuenta con la que se efectuó.

L2. Operación del encargado

El encargado dispone de una sola pantalla operativa: el registro de los turnos trabajados.

El procedimiento diario es el siguiente.

- Abrir la pantalla de registro de turnos desde el panel de inicio.
- Seleccionar el trabajador, la fecha de la jornada y el turno. Si se trata de un turno completo, elegirlo del catálogo; si es parcial, digitar la hora de inicio y la hora de fin. Ambas horas son obligatorias.
- Si la jornada incluye horas extra, registrarlas en el campo correspondiente. Si hay préstamo o abono, capturarlo en la misma jornada.
- Repetir la operación para cada trabajador del día. Los registros quedan en estado de borrador y pueden editarse o eliminarse mientras permanezcan en ese estado.
- Al terminar, confirmar los registros del día. Desde ese momento entran en el cálculo de la liquidación y ya no admiten modificación.

Registro de una jornada pasada. El sistema admite registrar una jornada de hasta siete días de antigüedad y la marca automáticamente como registro con retraso, lo que queda visible en la auditoría. Una jornada de mayor antigüedad no puede capturarse, según se declara en el apartado 6.4.

L3. Operación del administrador

Configuración de los valores. Antes de la primera liquidación de cada año, y cada vez que cambie una disposición legal, deben actualizarse los trece parámetros desde la pantalla de configuración de valores, que se reproduce en la Figura D8. Los once valores monetarios y los dos parámetros de jornada se digitan directamente y rigen para las liquidaciones emitidas con posterioridad al cambio; los comprobantes ya emitidos conservan los valores con que se

calcularon. Se advierte que el sistema no verifica que los valores digitados correspondan a los legalmente vigentes: esa responsabilidad es del empleador.

Emisión de un comprobante. El procedimiento es el siguiente.

- Abrir la pantalla de generación de comprobantes desde el panel de inicio.
- Seleccionar el trabajador y el rango de fechas del periodo que se va a liquidar.
- Revisar la vista previa, que presenta el desglose completo sin persistir nada todavía. Si algún valor no corresponde, el error está en el registro del turno y debe corregirse allí antes de continuar.
- Confirmar la emisión. El sistema asigna el número consecutivo y conserva una copia inmutable de los datos del trabajador.
- Imprimir o entregar el comprobante. Puede reimprimirse en cualquier momento desde el historial.

Consulta del historial y de la auditoría. El historial de comprobantes permite recuperar y reimprimir cualquier documento emitido. La auditoría de registros muestra, para cada turno capturado, quién lo registró, cuándo lo hizo y si se registró con retraso.

Gestión de trabajadores. Al vincular a una persona se registran sus datos y, si va a operar el sistema, se genera automáticamente su usuario y una clave temporal que deberá cambiar en el primer ingreso.

L4. Procedimiento cuando el encargado se ausenta

El registro de turnos está reservado al rol de encargado y el administrador no tiene acceso a esa pantalla, según se declara en el apartado 6.4. Cuando un cajero no asiste y su función la asume el administrador o la propietaria, el procedimiento es el siguiente: ingresar al sistema con una cuenta que tenga rol de encargado —bien la del cajero ausente, bien una habilitada para

suplencias—, registrar y confirmar las jornadas del día, cerrar la sesión y volver a ingresar con la cuenta de administrador para las demás operaciones. Se recomienda mantener una cuenta de suplencia con rol de encargado, en lugar de compartir credenciales, para que la auditoría refleje con fidelidad quién efectuó cada registro. La habilitación del registro de turnos al rol de administrador se formula como recomendación en el apartado 15.1.

Nota. Registro de campo de la medición cronometrada sobre el sistema desplegado, tomada el 18 de agosto de 2026 en la misma sesión que la medición del procedimiento manual y con posterioridad a ella. Replica el diseño de la Tabla K1: los mismos tres trabajadores, los mismos dos periodos quincenales recreados y las mismas condiciones de préstamo, de modo que cada medición de esta tabla es directamente comparable con la de igual identificador de aquella. El cronómetro se activó al iniciar el registro de los turnos del periodo y se detuvo al obtener el comprobante emitido; el ciclo comprende el cambio de sesión que impone la separación de roles, según se detalla en el apartado 14.4. Los estadísticos derivados de estas mediciones se presentan en el apartado 14.4 y su contraste con la línea base, en la Tabla 49.

Apéndice M. Acta de aceptación del producto

El acta que se reproduce a continuación deja constancia de la aceptación del sistema por parte del administrador del establecimiento, en el alcance declarado en el apartado 6.4 e incluida la advertencia de que la puesta en operación permanente depende de la contratación de un plan de infraestructura pago. Es el artefacto que cierra el ciclo de vida del proyecto. Se precisa que el documento formaliza por escrito una aceptación que se sustenta en el conocimiento del sistema adquirido por el administrador durante las revisiones del desarrollo, la sesión de prueba guiada y las sesiones de evaluación de agosto de 2026, y no en una presentación única celebrada en la fecha de la firma. El acta fue suscrita el 12 de septiembre de 2026 por el administrador y por la estudiante responsable del desarrollo, y se reproduce a continuación en sus dos páginas.

Figura M1*Acta de aceptación del producto, primera página***ACTA DE ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO**

Proyecto	Sistema web para la gestión y liquidación parametrizable de la nómina
Establecimiento	Panadería Ricuras de Cabañas
Responsable del desarrollo	Hanna María Buelvas Maya
Recibe	Administrador del establecimiento
Lugar	Instalaciones de la panadería Ricuras de Cabañas
Fecha	12 de Septiembre de 2026

1. Objeto del acta

Dejar constancia de la entrega del sistema terminado por parte de la estudiante responsable del desarrollo, de la verificación de su funcionamiento en presencia del administrador del establecimiento y de su aceptación en el alcance que a continuación se declara.

2. Presentación y verificación

En la fecha señalada se presentó al administrador el sistema desplegado y se verificó en su presencia el funcionamiento de los siguientes módulos: ingreso y control de acceso por rol; registro y confirmación de los turnos trabajados; configuración de los valores de liquidación; cálculo y emisión del comprobante de pago; consulta del historial de comprobantes; y consulta de la auditoría de los registros de turno.

3. Alcance aceptado

El administrador manifiesta haber recibido el sistema y declara conocer y aceptar las siguientes condiciones, que delimitan lo entregado:

a) El sistema aplica de forma consistente y trazable las reglas de liquidación con los parámetros que el establecimiento configure, pero no verifica que dichos parámetros correspondan a los valores legalmente vigentes. La responsabilidad sobre la conformidad legal de los valores configurados recae en el empleador.

b) La puesta en operación permanente del sistema depende de la contratación de un plan de infraestructura pago, dado que el plan gratuito sobre el que se desplegó suspende el servicio por inactividad y no incluye copias de seguridad automáticas.

Nota. Documento suscrito el 12 de septiembre de 2026 en las instalaciones de la panadería Ricuras de Cabañas. Recoge la identificación del proyecto, el objeto del acta, la relación de los módulos

cuyo funcionamiento el administrador verificó durante el desarrollo y la evaluación del sistema, y las tres condiciones que delimitan el alcance de lo aceptado.

Figura M2

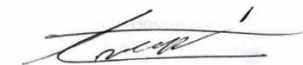
Acta de aceptación del producto, segunda página

c) El sistema presenta las limitaciones funcionales declaradas en el documento del trabajo de grado, entre ellas la ausencia de histórico de los parámetros configurados, la ausencia de control sobre la jornada máxima semanal y la imposibilidad de que una sola cuenta ejecute el ciclo completo de liquidación.

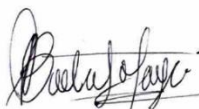
4. Declaración de aceptación

Con las condiciones anteriores, el administrador del establecimiento declara que recibe a satisfacción el sistema entregado y que este corresponde a lo acordado en las reuniones de levantamiento y de validación del diseño celebradas durante el desarrollo del proyecto.

En constancia se firma:



Administrador de la panadería Ricuras de Cabañas



Hanna María Buelvas Maya
Estudiante responsable del desarrollo

Nota. Segunda página del mismo documento. Contiene la tercera condición del alcance aceptado, la declaración de recepción a satisfacción y las firmas del administrador del establecimiento y de

la estudiante responsable del desarrollo. El nombre del administrador se omite conforme al criterio de anonimización declarado en el apartado 8.3.