

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA
LA GESTIÓN DEL RIESGO AGROALIMENTARIO**

PRESENTADO POR:

PATRICIA CAROLINA MEJÍA CONTRERAS

RODRIGO ERNESTO VÁSQUEZ ESCALANTE

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**MAESTRO(A) EN INGENIERÍA PARA LA INDUSTRIA CON
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LCDO. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

MSc. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO:

ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE POSGRADO

DIRECTOR:

MSc. ELMER ARTURO CARBALLO RUÍZ

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**MAESTRO(A) EN INGENIERÍA PARA LA INDUSTRIA
CON ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN**

Título:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA
LA GESTIÓN DEL RIESGO AGROALIMENTARIO**

Presentado por:

**PATRICIA CAROLINA MEJÍA CONTRERAS
RODRIGO ERNESTO VÁSQUEZ ESCALANTE**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor(a):

MSC. RENÉ FABRICIO QUINTANILLA GÓMEZ

SAN SALVADOR, SEPTIEMBRE 2025

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

MSC. RENÉ FABRICIO QUINTANILLA GÓMEZ

Índice

ANTEPROYECTO	12
INTRODUCCIÓN	12
ANTECEDENTES	13
OBJETIVOS	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
ALCANCES	19
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA SAT	19
Contexto de la situación actual del proyecto	19
Comunicación de alertas (App).....	20
DESCRIPCIÓN Y ALCANCES POR COMPONENTES	21
LIMITACIONES	26
IMPORTANCIA	26
JUSTIFICACIÓN	27
RESULTADOS ESPERADOS	29
MARCO TEÓRICO.....	30
FACTIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA.....	38
METODOLOGÍA.....	40
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	44
PLANIFICACIÓN DEL RECURSO A UTILIZAR	46
SOLUCIÓN PROPUESTA	51
Enfoque de Sistemas de la solución propuesta	51
Descripción de entradas	52
Descripción de salidas	53
Descripción de procesos.....	54
Control del Sistema.....	55
La frontera del SAT	56
ANÁLISIS DEL SISTEMA	57
Introducción.....	57

Objetivos de la fase	58
General	58
Objetivos específicos	58
Lista de actor objetivo.....	59
Modelado UML	62
Gestionar acceso al SAT	64
Gestionar Productor	83
Gestionar Área Cultivable	93
Gestionar configuración de cultivos MIAF	103
Gestionar la producción agrícola.....	115
Gestionar parametrización de alertas.....	125
Monitoreo de la variabilidad climática.....	133
Generación y comunicación de alertas	143
Gestionar la visualización del SAT	151
Generar reportes del SAT	163
Modelo de Dominio.....	179
DISEÑO DEL SISTEMA.....	180
Introducción.....	180
Objetivos de la Fase.....	181
General	181
Objetivos específicos	181
Estándares de programación.....	182
Especificaciones de Hardware	190
Diagrama de Componente.....	193
Diagrama de Despliegue	194
Especificaciones de Software	195
Modelo Entidad Relación.....	196
Diccionario de Datos	197
Elementos del diseño de interfaces	209
Diseño UI/UX.....	214
Componente Móvil.....	216
Componente Web	224

INFORME DE PRUEBAS DE REALIZADAS A CONJUNTO DE DATOS DE MEDICIONES	
VARIABLES CLIMÁTICAS.....	238
Objetivos	238
Metodología: CRISP-DM	238
Desarrollo.....	241
CONCLUSIÓN.....	272
RECOMENDACIONES.....	273
BIBLIOGRAFÍA.....	274
ANEXOS.....	277

Índice de Figuras

Figura 1. Sistema de Organización de la Investigación Científica de la Universidad de El Salvador.....	16
Figura 2. Componentes del Sistema de Alerta Temprana.....	21
Figura 3 Enfoque de Sistemas de la Solución Propuesta.....	51
Figura 4. Caso de Uso General SAT.....	62
Figura 5. Caso de Uso General SAT Nivel 1.....	63
Figura 6. Caso de Uso Gestionar Acceso.....	64
Figura 7. Diagrama de Actividad Gestionar Acceso.....	66
Figura 8. Diagrama de Actividad: Gestionar Roles.....	67
Figura 9. Diagrama de Actividad: Asignar Rol.....	69
Figura 10. Diagrama de Actividad: Modificar Rol.....	71
Figura 11. Diagrama de Actividad: Consultar Rol.....	73
Figura 12. Diagrama de Actividad: Asignar Permisos.....	75
Figura 13. Diagrama de Actividad: Gestionar Usuarios.....	76
Figura 14. Diagrama de Actividad: Crear Usuario.....	78
Figura 15. Diagrama de Actividad: Modificar Usuario.....	80
Figura 16. Diagrama de Actividad: Consultar Usuario.....	82
Figura 17. Caso de Uso: Gestionar Productor.....	83
Figura 18. Diagrama de Actividad: Gestionar Productor.....	84
Figura 19. Diagrama de Actividad: Registrar Generales de Productor.....	86
Figura 20. Diagrama de Actividad: Registrar domicilio y contacto.....	88
Figura 21. Diagrama de Actividad: Actualizar Productor.....	90
Figura 22. Diagrama de Actividad: Consultar Productor.....	92
Figura 23. Caso de Uso: Gestionar Área Cultivable.....	93
Figura 24. Diagrama de Actividad: Gestionar Área Cultivable.....	94
Figura 25. Diagrama de actividad: Registrar ubicación y dimensiones.....	96
Figura 26. Diagrama de actividad: Registro de imágenes área cultivable.....	98
Figura 27. Diagrama de actividad: Modificar ubicación y dimensiones.....	100
Figura 28. Diagrama de actividad: Consultar área cultivable.....	102
Figura 29. Caso de Uso: Gestionar Configuración de Cultivos.....	103
Figura 30. Diagrama de actividad: Gestionar configuración de cultivos.....	104
Figura 31. Diagrama de actividad: Registrar tipos de cultivos y combinación.....	106
Figura 32. Diagrama de actividad: Distribución de imágenes de distribución de cultivos.....	108
Figura 33. Diagrama de actividad: Registro de especificaciones de cultivos.....	110
Figura 34. Diagrama de actividad: Actualizar tipos de cultivos y combinación.....	112
Figura 35. Diagrama de actividad: Consultar configuración de cultivos.....	114
Figura 36. Caso de Uso: Gestionar la producción agrícola.....	115
Figura 37. Diagrama de actividad: Gestionar producción agrícola.....	116
Figura 38. Diagrama de actividad: Registrar la producción agrícola.....	118
Figura 39. Diagrama de actividad: Registrar imágenes de la producción obtenida.....	120
Figura 40. Diagrama de actividad: Modificar la producción agrícola.....	122

Figura 41. Diagrama de actividad: Consultar producción obtenida.....	124
Figura 42. Caso de Uso: Gestionar Parametrización de Alertas.....	125
Figura 43. Diagrama de actividad: Gestionar parametrización de alertas.....	126
Figura 44. Diagrama de actividad Registrar alertas.....	128
Figura 45. Diagrama de actividad: Actualizar alertas	130
Figura 46. Diagrama de actividad: Consultar alertas.....	132
Figura 47. Caso de Uso: Gestionar monitoreo de variabilidad climática.....	133
Figura 48. Diagrama de actividad: Monitoreo de la variabilidad climática.....	134
Figura 49. Diagrama de actividad: Extraer mediciones de variables climáticas.....	136
Figura 50. Diagrama de actividad: Extraer mediciones de variables climáticas automáticamente.....	138
Figura 51. Diagrama de actividad: Extraer especificaciones de cultivos.....	140
Figura 52. Diagrama de actividad: Identificar cambios extremos en variables climáticas	142
Figura 53. Caso de uso: Generación y comunicación de alertas.....	143
Figura 54. Diagrama de caso de actividad: Gestionar la generación y comunicación de alertas.....	144
Figura 55. Diagrama de actividad: Generar alertas	146
Figura 56. Diagrama de actividad: Consultar alertas generadas	148
Figura 57. Diagrama de actividad: Comunicar alerta.....	150
Figura 58. Caso de uso: Gestionar la visualización del SAT	151
Figura 59. Diagrama de actividad: Gestionar la visualización de alertas	152
Figura 60. Diagrama de actividad: visualizar tablas de alertas	154
Figura 61. Diagrama de actividad: Generar gráficos de variabilidad climática	156
Figura 62. Diagrama de actividad: Mostrar el estado de las variables climáticas	158
Figura 63. Diagrama de actividad: Mostrar elementos visuales.....	160
Figura 64. Diagrama de actividad: Mostrar mapa MIAF	162
Figura 65. Caso de uso: generar reportes del SAT	163
Figura 66. Diagrama de actividad: Generar reportes del SAT	164
Figura 67. Diagrama de actividad: Lista de contactos de productores.....	166
Figura 68. Diagrama de actividad: terrenos donde se implementa una MIAF.....	168
Figura 69. Diagrama de actividad: alertas generadas y frecuencia	170
Figura 70. Diagrama de actividad: Alertas emitidas por variable climática	172
Figura 71. Diagrama de actividad: MIAF implementadas con mayor frecuencia.....	174
Figura 72. Diagrama de actividad: Producción agrícola obtenida por MIAF	176
Figura 73. Diagrama de actividad: Consolidado de la producción agrícola.....	178
Figura 74. Modelo de Dominio	179
Figura 75. Rangos de alertas para el cultivo del maíz.....	189
Figura 76. Diagrama de Componentes	193
Figura 77. Diagrama de Despliegue.....	194
Figura 78. Diagrama de Despliegue Extendido	194
Figura 79. Modelo Entidad Relación	196
Figura 80. Gama Cromática	210
Figura 81. Tipografía.....	210
Figura 82. Logo SIC-UES Formato Horizontal.....	211

Figura 83. Logo SIC-UES Formato Vertical.....	211
Figura 84. Componente Móvil: Pantallas de Inicio de Sesión.....	216
Figura 85. Componente Móvil: Pantallas Gestión de Usuario.....	217
Figura 86. Componente Móvil: Pantallas de Gestión de Usuario cont.	218
Figura 87. Componente Móvil: Gestión de Productores.....	219
Figura 88. Componente Móvil: Gestionar Área Cultivable.....	220
Figura 89. Componente Móvil: Galeria de Imagenes.....	221
Figura 90. Componente Móvil: Pantallas Manejo de Variables Climáticas.....	222
Figura 91. Componente Móvil: Pantallas para los graficas de las Variables Climáticas.....	223
Figura 92. Componente Web: Inicio de sesión.....	224
Figura 93. Componente Web: Página de Inicio.....	225
Figura 94. Componente Web: Nuevo Usuario.....	226
Figura 95. Componente Web: Gestionar Usuario.....	227
Figura 96. Componente Web: Ingresar Productor.....	228
Figura 97. Componente Web: Gestionar Productores.....	229
Figura 98. Componente Web: Agregar Variables Climáticas.....	230
Figura 99. Componente Web: Parametrizar Alertas.....	231
Figura 100. Componente Web: Ingresar Imágenes.....	232
Figura 101. Componente Web: Registrar Área Cultivable.....	233
Figura 102. Componente Web: Gráfico 1.....	234
Figura 103. Componente Web: Gráfico 2.....	235
Figura 104. Componente Web: Mensaje Emergentes.....	236
Figura 105. Componente Web: Galería de Imágenes.....	237
Figura 106. Tipos de datos del conjunto.....	244
Figura 107. Conversiones de tipos de datos.....	245
Figura 108. Conteo de datos nulos.....	247
Figura 109. Valores faltantes.....	248
Figura 110. Formatos de fechas del conjunto de datos.....	248
Figura 111. Código para la generación de gráficos.....	253
Figura 112. Detección de valores atípicos en Excel.....	255
Figura 113. Detección de valores atípicos en Python.....	256
Figura 114. Conteo de valores atípicos.....	257
Figura 115. Conteo de valores atípicos después de análisis.....	257
Figura 116. Temperaturas promedio.....	259
Figura 117. Comparación de cuantiles.....	261
Figura 118. Resultados de la prueba de Dickey-Fuller.....	264
Figura 119. Construcción del modelo.....	266
Figura 120. Línea base.....	267
Figura 121. Modelo mejorado.....	267
Figura 122. Parámetros del modelo.....	270
Figura 123. Función auto ARIMA.....	271
Figura 124. Notación para los casos de uso.....	290
Figura 125. Ejemplo Caso de uso.....	290
Figura 126. Ejemplo Diagrama de actividad.....	296

Figura 127. Ejemplo Diagrama de Componentes.....	298
Figura 128. Ejemplo Diagrama de Despliegue	300

Índice de Tablas

Tabla 1. Porcentaje de pobreza rural de los países que conforman el Corredor Seco	27
Tabla 2. Detalle de Inseguridad Alimentaria por país que conforman el Corredor Seco	28
Tabla 3. Clasificación del Aprendizaje Máquina	33
Tabla 4. Aplicaciones de Aprendizaje de Máquina	34
Tabla 5. Algoritmos de Aprendizaje Máquina aplicados a las variables climáticas	37
Tabla 6. Cronograma de Actividades	45
Tabla 7. Costo del Recurso Humano	46
Tabla 8. Costo de Recurso Tecnológico Hardware	46
Tabla 9. Costo del Recurso Tecnológicos Software	47
Tabla 10. Recursos Materiales Costo Fijo	48
Tabla 11. Costo del Recurso Humano para 3 meses	48
Tabla 12. Recursos Materiales Costo Fijo para 3 meses	48
Tabla 13. Costo del proyecto con imprevistos calculados para 3 meses	49
Tabla 14. Costo del proyecto con imprevistos calculados para 1 meses	50
Tabla 15. Lista de Actor Objetivo	61
Tabla 16. Descripción del caso de uso gestionar acceso	65
Tabla 17. Descripción del caso de uso Gestionar Roles	67
Tabla 18. Descripción del caso de uso Asignar Rol	68
Tabla 19. Descripción del caso de uso Modificar Rol	70
Tabla 20. Descripción del caso de uso Consultar Rol	72
Tabla 21. Descripción del caso de uso Asignar Permisos	74
Tabla 22. Descripción del caso de uso Asignar Usuarios	76
Tabla 23. Descripción del caso de uso Crear Usuario	77
Tabla 24. Descripción del caso de uso Modificar Usuario	79
Tabla 25. Descripción del caso de uso Consultar Usuario	81
Tabla 26. Descripción del caso de uso Gestionar Productor	84
Tabla 27. Descripción del caso de uso Registrar Generales del Productor	85
Tabla 28. Descripción del caso de uso Registrar domicilio y contacto	87
Tabla 29. Descripción del caso de uso Actualizar Productor	89
Tabla 30. Descripción del caso de uso Consultar Productor	91
Tabla 31. Descripción del caso de uso Gestionar Área Cultivable	94
Tabla 32. Descripción del caso de uso Registrar Ubicación y Dimensiones	95
Tabla 33. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes del Área Cultivable	97
Tabla 34. Descripción del caso de uso Modificar Área Cultivable	99
Tabla 35. Descripción del caso de uso Consultar Área Cultivable	101
Tabla 36. Descripción del caso de uso Gestionar Configuraciones de Cultivos MIAF	104
Tabla 37. Descripción del caso de uso Registrar Tipos de Cultivos y Combinación	105
Tabla 38. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes de Distribución de Cultivos	107
Tabla 39. Descripción del caso de uso Registrar Especificaciones del Tipo de Cultivo	109
Tabla 40. Descripción del caso de uso Actualizar tipo de Cultivos y Combinación	111
Tabla 41. Descripción del caso de uso Consultar Configuración de Cultivos	113

Tabla 42. Descripción del caso de uso Gestionar la Producción Agrícola	116
Tabla 43. Descripción del caso de uso Registrar la Producción Agrícola	117
Tabla 44. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes de la Producción.....	119
Tabla 45. Descripción del caso de uso Modificar la producción Agrícola.....	121
Tabla 46. Descripción del caso de uso Consultar Producción Agrícola	123
Tabla 47. Descripción del caso de uso Gestionar Parametrización de Alertas	126
Tabla 48. Descripción del caso de uso Registrar Alertas	127
Tabla 49. Descripción del caso de uso Actualizar Alertas	129
Tabla 50. Descripción del caso de uso Consultar Alertas.....	131
Tabla 51. Descripción del caso de uso Monitoreo de Variabilidad Climática	134
Tabla 52. Descripción del caso de uso Extraer datos de mediciones de Variables Climáticas	135
Tabla 53. Descripción del caso de uso Extraer Datos de Mediciones de Variables Climáticas Automáticamente	137
Tabla 54. Descripción del caso de uso Extraer Especificaciones de Cultivo	139
Tabla 55. Descripción del caso de uso Identificar Cambios Extremos en la Variables Climáticas	141
Tabla 56. Descripción del caso de uso Gestionar la Generación y Comunicación de Alertas..	144
Tabla 57. Descripción del caso de uso Generar Alertas.....	145
Tabla 58. Descripción del caso de uso Consultar Alertas Generadas	147
Tabla 59. Descripción del caso de uso Comunicar Alertas.....	149
Tabla 60. Descripción del caso de uso Gestionar la Visualización SAT	152
Tabla 61. Descripción del caso de uso Visualizar Tablas de Alertas	153
Tabla 62. Descripción del caso de uso Generar Gráficos de Variabilidad Climática	155
Tabla 63. Descripción del caso de uso Mostrar el Estado de las Variables Climáticas.....	157
Tabla 64. Descripción del caso de uso Mostrar Elementos Visuales	159
Tabla 65. Descripción del caso de uso Mostrar Mapa MIAF.....	161
Tabla 66. Descripción del caso de uso Generar Reportes del SAT	164
Tabla 67. Descripción del caso de uso Lista de Contactos de Productores.....	165
Tabla 68. Descripción del caso de uso Terrenos donde se implementa una MIAF.....	167
Tabla 69. Descripción del caso de uso Alertas Generadas y Frecuencia	169
Tabla 70. Descripción del caso de uso Alertas emitidas por variables Climáticas	171
Tabla 71. Descripción del caso de uso MIAF implementadas con mayor frecuencia.....	173
Tabla 72. Descripción del caso de uso Producción Agrícola obtenida por MIAF	175
Tabla 73. Descripción del caso de uso Consolidado de la Producción Agrícola	177
Tabla 74. Descripción de las Principales Variables Climáticas	187
Tabla 75. Requerimientos climáticos de principales Cultivos en El Salvador	188
Tabla 76. Software recomendado	195
Tabla 77. Diccionario de Datos	208
Tabla 78. Plan de trabajo	242
Tabla 79. Datos del conjunto.....	246
Tabla 80. Resumen de los datos.....	246
Tabla 81. Correlación entre variables climáticas	251
Tabla 82. Diferencia entre los valores actuales y predichos	267
Tabla 83. Parámetros para la Evaluación.....	269

Tabla 84. Formato Lista de Actor - Objetivo	289
Tabla 85. Formato para la Descripción de los Casos de Uso	291
Tabla 86. Simbología Básica para los diagramas de Actividad	295
Tabla 87. Notación Diagrama de Componente.....	298
Tabla 88. Notación Diagrama de Despliegue	300

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Ausencia de mediciones de precipitación	249
Gráfico 2. Humedad relativa.....	250
Gráfico 3. Cajas y bigotes de temperatura	254
Gráfico 4. Cajas y bigotes Humedad relativa y precipitación pluvial	254
Gráfico 5. Temperaturas	258
Gráfico 6. Temperaturas promedio.....	258
Gráfico 7. Temperatura máxima por estación	259
Gráfico 8. Temperatura máxima versus humedad relativa	260
Gráfico 9. Comparación de cuantiles	260
Gráfico 10. Media móvil	263
Gráfico 11. Tendencia, estacionalidad y residuos	263
Gráfico 12. Estacionalidad mensual	265
Gráfico 13. Auto correlación.....	266
Gráfico 14. Resultados del modelo	268
Gráfico 15. Evaluación de resultados.....	270

ANTEPROYECTO

INTRODUCCIÓN

Los cambios climáticos que están afectando a nivel global ponen en riesgo la seguridad alimentaria, por lo que se han desarrollado proyectos de investigación que su objetivo principal es paliar el riesgo alimentario

El presente trabajo se enmarca como parte del proyecto de investigación denominado: “Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2025.”, dentro de los objetivos está realizar un sistema de alerta temprana que ayude a los productores a tomar decisiones que le ayude a tomar medidas preventivas y tener una producción óptima.

Además, se quiere ayudar a los productores mejorando la producción utilizando la configuración MIAF que son Milpas Intercaladas con Árboles Frutales, una de las vitrinas se encontrará en el campo experimental para que los productores puedan llegar a observar cómo funciona esta nueva técnica.

Para obtener información de los datos de la variabilidad climática se están haciendo gestiones para la compra de las estaciones meteorológicas, con esta información se pretende alimentar el sistema de alerta temprana que va a hacer comparaciones por medio de los valores normales del crecimiento de las plantas vs valores extremos que podrían afectar la cosechas.

El objetivo principal de este trabajo es realizar el diseño de un sistema de alerta temprana en donde se permita disparar en base a los datos de la variabilidad climática, como también hay auge por la predicción se está estudiando qué algoritmos proponer para el sistema y con esto dar robustez a la parte de análisis y predicción de datos, además incluir la información de los proveedores que están participando en el proyecto junto con las parcelas asociadas y también que les permita consultar los reportes desde algún dispositivo móvil.

ANTECEDENTES

La Secretaría de investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador SIC-UES es la unidad responsable de fomentar, organizar y dirigir las actividades vinculadas a las investigaciones científicas que se realizan en la Universidad de El Salvador por medio de sus Facultades, Centros, Institutos y Unidades de investigación. Cada una de las investigaciones científicas que se ejecutan son orientadas a contribuir al desarrollo del bienestar social y económico del país (SIC-UES, 2023)

En ese contexto, se articulan esfuerzos con distintos actores nacionales e internacionales, especialmente con academias de la región de la mano con entidades financieras miembros de la cooperación internacional quienes constantemente apoyan el desarrollo de proyectos de investigación, como sucede con el proyecto denominado **“Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2025”**, el cual dentro de sus objetivos busca desarrollar un sistema de alerta temprana para la gestión del riesgo agroalimentario. *Ver Anexo 1.*

Con el desarrollo del sistema informático de alerta temprana para el monitoreo de cultivos, se busca prevenir la pérdida de cultivos producto del impacto del cambio climático en la región. A la vez que se construya un registro de datos que permita en un futuro próximo elaborar predicciones orientadas a optimizar la producción agrícola de las zonas cultivables, favoreciendo a los agricultores y habitantes en la medida que se garantice el abastecimiento de productos obtenidos de la producción agrícola.

El sistema de alerta busca monitorear áreas cultivables en la cual se intercalan plantas de maíz con árboles frutales tales como, arrayán, jocotes, limón, u otros como el ajonjolí, la pitahaya, la soya, entre otros. Estas áreas y configuraciones de cultivos son conocidas como MIAF (Milpas Intercalada con Árboles Frutales) que albergan sistemas agroecológicos para adaptarse al cambio climático.

Hoy en día existe tecnología que facilita el desarrollo de diversos sistemas, en el caso de un sistema de alerta temprana, no hay excepción ya que en el mercado ofrece redes de sensores, y estaciones meteorológicas para monitorear las zonas de interés y registrar mediciones que pueden llevar a generar alertas respecto a la variabilidad de clima entre otras variables.

Es importante mencionar que, entre los miembros del equipo de investigadores que forman parte del proyecto, existen expertos en las áreas de agricultura, cambio climático, y meteorología quienes han expresado interés y compromiso para brindar las

orientaciones necesarias para el desarrollo exitoso del sistema de alerta temprana para la gestión agroalimentaria.

Para el desarrollo del sistema de alerta temprana, un aspecto crítico consiste en identificar, adquirir y emplear tecnología, específicamente redes de sensores para la medición de variables y el uso de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona, lo que implica la construcción de un repositorio de datos que le permita almacenar las mediciones obtenidas de las variables meteorológicas que podrán ser explotados en un futuro, para realizar análisis posteriores con fines de predicción y optimización de los cultivos. A la fecha, se han llevado a cabo visitas técnicas para conocer las áreas o “parcelas” de interés ubicadas en el campo experimental de la Universidad de El Salvador en el municipio de San Luis Talpa departamento de la Paz.

Finalmente, el proyecto se encuentra en la fase de diagnóstico, y por el momento se está gestionando la compra de equipo tecnológico para el monitoreo de la variabilidad climática donde lo que se busca más allá de recoger datos demográficos, ubicación geográfica de parcelas, registros históricos de producción, entre otros. Es recoger las experiencias de los agricultores de la zona y las opiniones de expertos en el campo de la meteorología para efectos de sustentar y validar el proyecto.

La Secretaría de Investigación Científicas

La Secretaría de Investigaciones Científicas organiza la investigación mediante líneas prioritarias de acción que se concretan mediante *la aplicación de la Metodología de Programas de Investigación de la Universidad de El Salvador*, la cual tiene como finalidad, facilitar la organización de la investigación; motivar a la comunidad académica mediante un programa de incentivos a la investigación y lograr cumplir con la agenda de investigación del país, las cuales son expresados en las áreas de investigación mencionadas en el siguiente párrafo. La estructura básica de esta organización está jerarquizada, partiendo de las áreas de investigación, seguido por las líneas prioritarias que generan uno o varios programas de investigación, siendo la organización más pequeña representada por los grupos de investigación, aunque no se descarta la investigación individual

Las áreas de investigación que gestiona la Secretaría de Investigaciones Científicas se encuentran establecidas en la Política de Investigación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad de El Salvador (*Política de Investigación SIC UES, 2021*):

- Ciencias Naturales
- Ingeniería y Tecnología
- Ciencias Médicas y de la Salud
- Ciencias Agrícolas y Veterinarias

- Ciencias Sociales
- Humanidades y Artes

Adicionalmente, se cuenta con las siguientes líneas prioritarias de investigación¹

- Cambio climático y vulnerabilidad socio ambiental;
- Protección, conservación y manejo del medio ambiente;
- Producción y eficiencia energética;
- Seguridad alimentaria y nutricional;
- Salud Pública en prevención, vigilancia y control epidemiológico, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad;
- Memorias, identidades e interculturalidades;
- Violencia, seguridad y pobreza;
- Democracia, ciudadanía y estado de derecho;
- Educación para el desarrollo social;
- Calidad de la formación profesional;
- Desarrollo económico sustentable y sistema productivo;
- Desarrollo e innovación tecnológica.

El sistema de organización de la investigación científica divide la investigación en los siguientes componentes:

- Autoridades Universitarias
- Personal Científico de alto nivel
- Infraestructura y Equipo
- Unidades de investigación de Facultades, Centros e Institutos de Investigación y transferencia
- Actores externos
- La sociedad civil

¹ Tomado del sitio: <https://sic.ues.edu.sv/politica-investigacion>

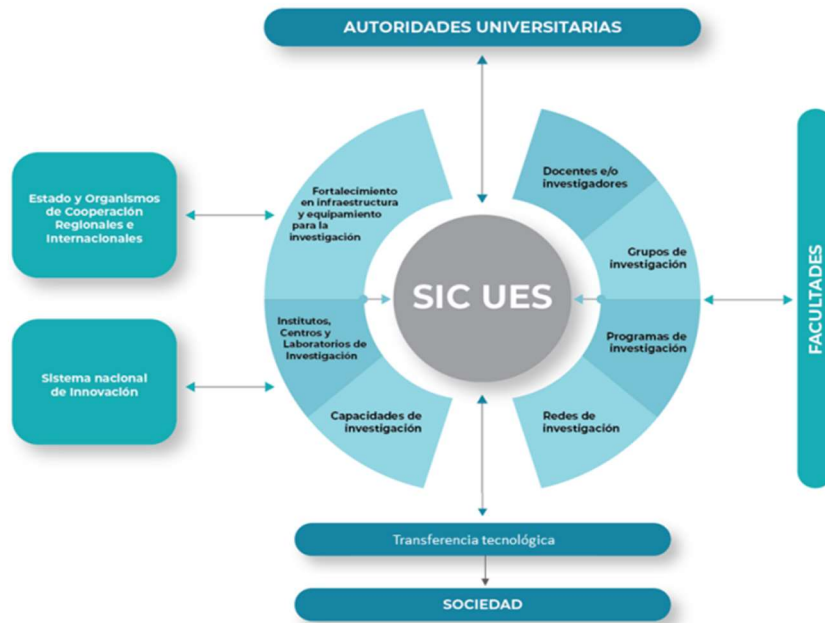


Figura 1. Sistema de Organización de la Investigación Científica de la Universidad de El Salvador

Objetivos de la Secretaría de Investigaciones Científicas

- Fortalecer la capacidad de investigación científica, tecnológica y la innovación en la Universidad de El Salvador a fin de promover la superación académica institucional e impactar en el desarrollo económico y social del país, en concordancia con la Ley de Desarrollo Científico y Tecnológico de El Salvador.
- Integrar la investigación como parte del quehacer académico de la comunidad universitaria.
- Posicionar a la UES como líder, a nivel de la Educación Superior Universitaria, en el campo de la investigación.
- Promover la conformación coordinada del tejido de investigaciones científicas de la Universidad de El Salvador, entre las Unidades de Investigación o su equivalente en las Facultades, así como con los Institutos y Centros de Investigación existentes o futuros.
- Facilitar y promover la cultura de la investigación interdisciplinaria.
- Incorporar los adelantos tecnológicos creativos e innovadores a las tareas de investigación.
- Promover la generación de respuestas científicas a las necesidades de la sociedad en el campo de la investigación.
- Garantizar que la transferencia del conocimiento a la sociedad, producto de la labor investigativa de la Universidad de El Salvador, sea pertinente, ágil, oportuna y actualizada.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un sistema de alerta temprana que contribuya a la toma de decisiones para la gestión del riesgo agroalimentario de la zona del corredor seco de El Salvador.

Objetivos Específicos

- Monitorear variables climáticas tales como temperatura, humedad, velocidad del viento, entre otras, para identificar amenazas que pongan en riesgo los cultivos del área de interés.
- Emitir alertas precisas relacionadas a cambios de una o más variables climáticas o cuando se considere que se está frente a una condición climática adversa en las zonas de monitoreo, tales como sequías, temperaturas extremas, entre otras.
- Permitir la parametrización de las condiciones ambientales o climáticas normales (parámetros agrícolas), bajo las cuales, los cultivos a analizar requieren para su desarrollo, independientemente de los tipos de plantas y árboles que se intercalan en el área cultivable.
- Diseñar un sistema de comunicación de alertas para la difusión efectiva y oportuna de mensajes críticos, considerando las necesidades y preferencias individuales de los usuarios a través de una aplicación móvil.
- Aplicar algoritmos de aprendizaje automático para el análisis predictivo en el ámbito experimental, con el fin de identificar patrones y tendencias relevantes en los datos recolectados.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Año con año, el cambio climático está afectando la producción agrícola en nuestro país, los agricultores no cuentan con herramientas que les permitan predecir condiciones climáticas favorables para el cultivo de alimentos que forman parte de la canasta básica de poblaciones ubicadas en regiones rurales, por lo tanto, esto se deriva en pérdidas de cultivos que su afectan sus condiciones de vida. En El Salvador, la región paracentral es considerada una de las más afectadas, específicamente la región de los Nonualcos. En ese sentido, es prioritario diseñar una herramienta tecnológica que permita medir y registrar variables climáticas tales como, velocidad del viento, humedad, precipitación y temperatura, con fines de dar seguimiento a los cultivos y en un futuro cercano predecir sus comportamientos a partir de la construcción de un repositorio de datos.

Preguntas directrices

1. ¿El desarrollo e implementación de un sistema de alerta contribuirá a reducir el riesgo de pérdida de la producción agrícola del corredor seco de la zona paracentral del país?
2. ¿Qué metodología de desarrollo podría adecuarse a la construcción de un sistema de alerta temprana orientado a la seguridad alimentaria?
3. ¿Qué tecnología será necesaria para el monitoreo de las variables climáticas a medir a través del sistema?
4. ¿Cuáles componentes de software será necesario diseñar para construir un sistema de alerta temprana que sea capaz de contribuir con la gestión de riesgo producto del cambio climático de la zona?
5. ¿Cuáles podrían ser las alertas que más impacten en la seguridad de los cultivos y quienes son los actores que las demandan?
6. ¿Existen repositorios de datos con mediciones históricas de las variables climáticas de interés en la zona paracentral?
7. ¿Cuál debe ser la base de datos idónea y su arquitectura para garantizar el almacenamiento y acceso eficiente a los datos que surjan como productos de las mediciones de las variables climáticas?

ALCANCES

El sistema de alerta temprana tiene como alcance medir, registrar, y emitir alertas para mitigar riesgos en la gestión agroalimentaria de tal forma que los actores involucrados en la producción agrícola cuenten con una herramienta que, haciendo uso de la tecnología y la innovación, les permita tomar decisiones oportunas ante cambios extremos en las variables climáticas que se monitorean en su región con el objetivo prioritario de evitar pérdidas en las cosechas. A posteriori, los datos registrados en el sistema y específicamente en el Data Warehouse podrán emplearse para realizar predicciones meteorológicas y optimización de la producción en las zonas de interés.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA SAT

Contexto de la situación actual del proyecto

La medición de la variabilidad climática es una actividad primordial en la producción agrícola. Sin embargo, la mayoría de los productores no realizan esta actividad empleando la instrumentación apropiada, más bien se aferran a sus conocimientos y experiencia y tratan el tema de forma empírica, lo cual hasta hace una década había funcionado, pero hoy en día el clima presenta episodios de variabilidad extrema que demandan de una mejor preparación de parte del productor para afrontar la tarea.

El impacto en la variabilidad de cualquiera de los parámetros de humedad, precipitación, radiación solar, temperatura, velocidad del viento, entre otras, puede afectar severamente el desarrollo de los cultivos, es debido a esto que resulta de mucha importancia realizar labores de monitoreo para controlar los valores de las variables físicas mencionadas. En tal sentido, para esta actividad, se requiere de equipos especiales o redes de sensores que miden dichos cambios o en su defecto de estaciones meteorológicas. En el caso de este proyecto, paralelamente al diseño de la propuesta de sistema de alerta, se está trabajando en la adquisición de tecnología para la medición y captura de datos relacionados a la variabilidad climática, a la vez que se trabaja en un diseño de un Data Warehouse para el almacenamiento de los datos.

Estableciendo como punto de partida el hecho que se contará con los datos, producto del monitoreo de la variabilidad climática. La principal tarea del sistema es evaluar las mediciones obtenidas a través de la estación meteorológica contrastando contra los parámetros o rangos establecidos considerados como un comportamiento “normal” para el desarrollo de los cultivos en observación, a fin de identificar variaciones climáticas extremas que pongan en peligro los cultivos, de tal forma que se generen las alertas

necesarias y se comuniquen de manera efectiva a los agricultores para que éstos ejecuten las acciones pertinentes para proteger el cultivo ante una eminente variabilidad.

Comunicación de alertas (App)

Los sistemas de comunicación a emplear en el proyecto para la transmisión de información regular del comportamiento de las variables mencionadas y la comunicación de alertas se desarrollarán e implementarán mediante el uso de telefonía móvil. La aplicación especializada, se desarrollará para ejecutarse en el sistema operativo Android dada la amplia utilización de equipos con esta tecnología por parte de los agricultores de la zona de interés.

Para la definición del conjunto de alertas que generará el sistema en una fase posterior, los expertos brindarán las especificaciones de cada una indicando tipos y niveles de alerta, periodicidad y frecuencia de informes en función de la tecnología y disponibilidad de datos. A continuación, se describen los componentes que integrarán el sistema de alerta temprana y sus correspondientes alcances.

DESCRIPCIÓN Y ALCANCES POR COMPONENTES

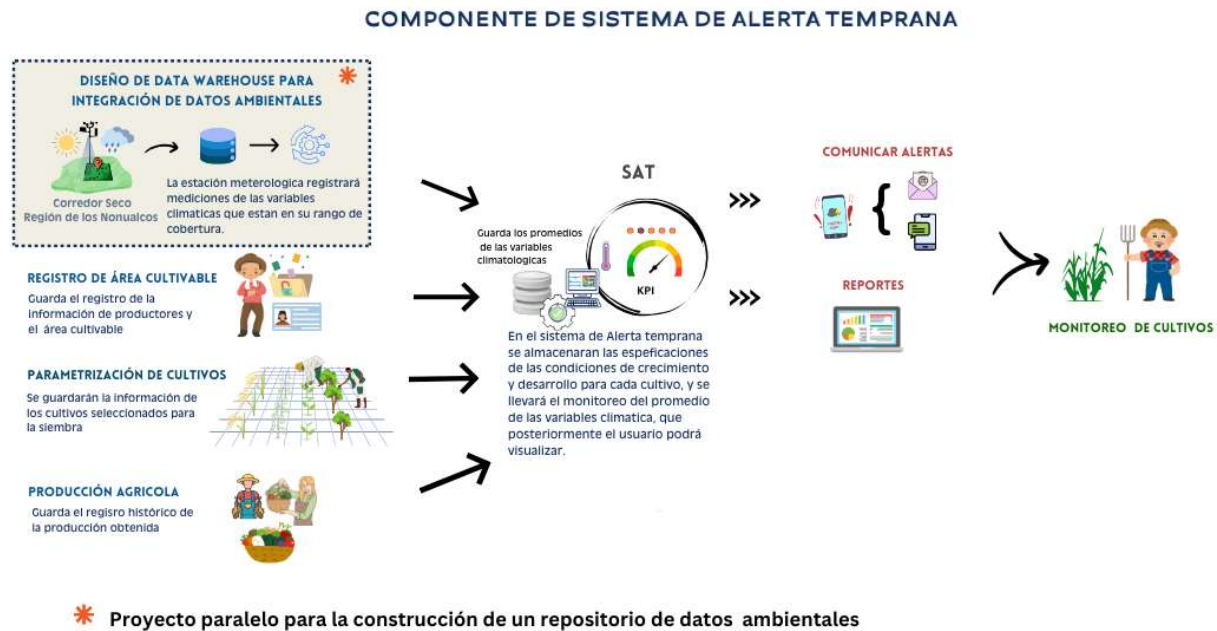


Figura 2. Componentes del Sistema de Alerta Temprana

Los componentes del sistema de alerta temprana se detallan a continuación:

1. Registro de áreas cultivables

El registro de la información de tipo general para el sistema de alerta temprana se realizará a través de este componente, el registro comprende los siguientes elementos: Generales del propietario o productor y terreno cultivable donde se implementará la configuración de cultivos asociados a las milpas intercaladas con árboles frutales MIAF.

Alcances del componente

Inicialmente el componente brindará soporte al registro los datos generales del propietario o productor incluyendo información de contacto, la ubicación física del terreno y su correspondiente coordenada geográfica, las dimensiones del área cultivable, las combinaciones de tipos de plantas a cultivar y la configuración de estas en el terreno al momento de sembrar. (parámetros según la planta, distancias entre plantas o combinaciones)

El componente permitirá el registro de las condiciones iniciales del terreno previo a la siembra mediante el registro de una descripción detallada del mismo. Además, permitirá el registro de imágenes del terreno.

2. Parametrización de cultivos

Considerando que cada tipo de cultivo independientemente, si es maíz o árbol frutal, e incluso hortaliza tienen asociadas especificaciones particulares de desarrollo respecto a las condiciones climáticas que les favorecen, se vuelve necesario parametrizar dichas especificaciones con el objetivo de poder contrastar en tiempo real con lo que está sucediendo respecto a la variabilidad climática en el campo experimental.

Alcance del componente

Considerando la importancia de la tarea de monitoreo de cultivos, el sistema permitirá registrar datos provenientes de *las especificaciones técnicas de cada planta* y sus fases de crecimiento asociadas a cada variable climática que se monitoree y que afecte su desarrollo (tales como temperatura y humedad, entre otras). Por otro lado, el componente permitirá, *el registro de la parametrización de los niveles alertas* que se diseñen para fines de monitoreo y posterior generación de alertas.

La definición de las alertas que se emplearán en el sistema será definida por un equipo de expertos formado por meteorólogos, ingenieros agrónomos e investigadores del proyecto de fortalecimiento y se parametrizan de manera independiente para cada terreno o parcela.

3. Componente comunicación de alertas

Una de las tareas más importantes del sistema es la emisión de alertas dirigidas principalmente a los productores, para la generación de acciones que minimicen el riesgo de pérdida de los cultivos. En tal sentido, inicialmente se han establecido dos grupos de alertas:

- Las automáticas, generadas por el sistema en base a criterios específicos y que se pueden comunicar de manera automática a través de notificaciones a los productores.
- Las alertas consideradas críticas requieren de una autorización para ser emitidas debido al impacto que pueden generar.

Alcance del componente

El componente se diseñará para generar dos grupos distintos de alertas asociadas a la variabilidad climática, Los datos que administre este componente y su funcionamiento estarán estrechamente vinculados a los componentes de monitoreo del clima y configuración de las combinaciones de cultivos en el terreno.

A través de este componente, se registrará el conjunto de alertas diseñadas específicamente por parcela y tipo de cultivo, podrán parametrizarse alertas independientes a cada variable climática que se requiera monitorear, también podrá configurarse alertas donde se combinen variables climáticas distintas.

El componente, además comunicará las alertas generadas, estas serán enviadas a los interesados dependiendo el tipo de alerta y el rol asignado a los usuarios del sistema (productores o investigadores). Como medio para la comunicación de alertas hará uso de tecnología móvil. En tal sentido, los usuarios contarán una app móvil para conectarse al sistema y así recibir las alertas emitidas.

4. Componente de producción agrícola

Para efectos de mantener un registro de la producción obtenida en cada parcela y con el fin de realizar estudios posteriores, ya sea de variabilidad climática en contraste con la producción obtenida por cada tipo de cultivo, es necesario incluir un componente en el sistema que facilite la tarea de generar un registro histórico de la producción obtenida en diferentes períodos por área cultivada o parcela utilizada.

Alcance del componente

Una vez obtenida la producción agrícola, los datos asociados a esta se registrarán en el sistema, indicando la cantidad y calidad del producto obtenido. Los datos serán utilizados a posterior con fines de análisis, obedecen a los registrados en el Data Warehouse sobre el comportamiento de las variables climáticas durante el período de siembra y crecimiento de las plantas hasta su producción. El componente permitirá el registro de imágenes de los productos obtenidos.

5. Componente de monitoreo y visualización

El sistema contará con un componente de visualización orientado a la consolidación de datos con el fin de orientar en la toma de decisiones. En tal sentido, se emplearán tablas, gráficos y mapas interactivos para la presentación de información relacionada a cultivos evidenciando principalmente el desarrollo de los cultivos, las variables climáticas, y la producción obtenida.

Alcance del componente

Como parte del componente de monitoreo y visualización se presentará la información específica y relevante del comportamiento de cada una de las variables climáticas monitoreadas, de tal forma que el productor comprenda fácilmente la variabilidad en su zona de interés y genere acciones oportunas y pertinentes en función de proteger el

cultivo. La información se presentará explotando las características dinámicas y visuales que proveen las herramientas de desarrollo de software, enfatizando tanto aspectos positivos y negativos del acontecer en el desarrollo de los cultivos para identificar patrones, tendencias o problemas.

6. Componente de reportes

El componente de reportes facilitará a los usuarios del sistema un conjunto de reportes que incluyen información regular del proceso de desarrollo de los cultivos y la variabilidad climática en general.

Alcance del componente

Los reportes que contendrán información regular son los siguientes: Información general de la propiedad o terreno, Cultivos monitoreados en un terreno específico (configuración MIAF), Gráficos de variabilidad climática durante el periodo de cultivo, y producción obtenida por área cultivada. (los reportes mencionados y otros se especificarán concretamente en la fase de análisis de requerimiento del SAT).

7. Componente de seguridad del sistema

El SAT contará con un componente de seguridad, que permita resguardar la información que se genere. Por el momento se han identificado algunos roles que será necesario especificar en la fase de requerimientos, entre los cuales se encuentran los siguientes: Administrador, Productor, Investigador, Meteorólogo, e invitado

Selección de algoritmos de aprendizaje de máquina

Un alcance que se incluirá como parte de los resultados de este proyecto consiste en la recomendación de al menos un algoritmo de aprendizaje de máquina no supervisado para la predicción de una variable climática. Para la identificación y selección de este algoritmo, los expertos en meteorología e ingenieros agrónomos que participan en el proyecto se priorizará una variable climática de acuerdo con el impacto que tiene en el desarrollo de los cultivos que se implementarán como parte de las MIAF en el campo experimental. Posteriormente a la selección de variables climáticas, el equipo de diseño del SAT realizará una evaluación partiendo de un conjunto de algoritmos tales como regresión lineal, regresión polinomial, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales artificiales, y series temporales.

En el proceso de evaluación de los algoritmos se empleará un conjunto de datos o set de datos obtenidos de registros históricos de variabilidad climática en la zona de los Nonualcos, para garantizar los resultados, en esta fase se aplicará además parte de la metodología CRISP-DM. Finalmente, una vez evaluados los algoritmos se seleccionará aquel que mejor se ajuste a los datos. Y se recomendará su implementación con fines de predicción.

LIMITACIONES

El proyecto de **Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentarios** está contemplado para realizarse dentro del corredor seco de Centro América y los países que están trabajando en conjunto son El Salvador, Guatemala y Honduras.

Para el diseño del sistema de alerta temprana sólo se está considerando los datos que se puedan obtener de El Salvador y específicamente las mediciones que se obtengan en el campo experimental de la Universidad de El Salvador dado que en ese lugar se realizan las pruebas piloto para la implementación de MIAF.

IMPORTANCIA

Un sistema de alerta temprana es una herramienta esencial para la gestión del riesgo, dadas las características fundamentales de la información que produce (oportuna, precisa y en tiempo real). Hoy en día, los campos de aplicación de estos sistemas son diversos. El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido ampliar su alcance. En el campo de la agricultura, el impacto del cambio climático está obligando a los agricultores aun con sus limitaciones a adoptar tecnologías que les permitan gestionar el riesgo producido por la variabilidad climática con el objetivo de asegurar la producción agrícola.

Un sistema de alerta temprana administrado correctamente puede producir información de utilidad para los distintos actores involucrados en la producción agrícola, desde agricultores, comunidades, proveedores de insumos agrícolas, etc. Por supuesto que el sistema solamente produce insumos para la toma de decisiones, todas las acciones que se realizan en función de afrontar una amenaza y la calidad o eficacia de estas es lo que determina el éxito de la gestión de riesgo.

Una vez que se genera una alerta, y ésta se comunique efectivamente para luego activar un protocolo de ejecución de medidas orientadas a afrontar una amenaza, es posible cumplir con las expectativas de producción de cada parcela cultivada. Lo cual trae consigo beneficios a los agricultores, incluyendo la estabilidad de los precios para la población.

Un valor agregado al desarrollo de un sistema de alerta temprana consiste en la posibilidad de contar con un repositorio de datos histórico, que almacene las experiencias de los agricultores en las zonas cultivadas a la vez que éste se encuentre disponible para la realización de análisis posteriores.

JUSTIFICACIÓN

Considerando las razones expuestas por los agricultores de la zona, en reuniones de campo durante las visitas técnicas respecto a la necesidad de contar con las herramientas básicas para afrontar los desafíos de la variabilidad climática en los campos de cultivo y ante el evidente impacto del cambio climático en la producción agrícola, es imperante aplicar la tecnología para desarrollar herramientas de monitoreo que faciliten a los agricultores su labor y que contribuyan a garantizar la obtención de alimentos a las poblaciones de la región minimizando el impacto negativo de la variabilidad climática en la zona.

En ese contexto, el desarrollo de un sistema de alerta temprana orientado a gestionar el riesgo agroalimentario en cualquier zona productiva o potencialmente productiva del país o la región no solo es oportuno sino necesario desde el punto de vista de su utilidad. En El Salvador, un país de por sí vulnerable y en condiciones de inseguridad alimentaria, un sistema de este tipo puede contribuir a los agricultores independientes y a las comunidades que viven en ambientes frágiles (o zonas vulnerables) a afrontar los riesgos de pérdidas de cultivos, reconociendo que cada vez la variabilidad climática presenta episodios extremos con mayor frecuencia.

Los sistemas de alerta temprana empleados para garantizar la seguridad alimentaria son herramientas valiosas para reducir el impacto del cambio climático, el cual amenaza con malograr los esfuerzos del combate a la extrema pobreza y el hambre. Según la FAO en la zona rural, nueve de cada diez familias tiene problemas para alimentarse, debido a esta situación es urgente que se promueva una producción agrícola sostenible que garantice la seguridad alimentaria.

País	Pobreza rural
El Salvador	49%
Guatemala	77%
Honduras	82%

Tabla 1. Porcentaje de pobreza rural de los países que conforman el Corredor Seco

El corredor seco Centroamericano, es considerado como una zona altamente vulnerable donde el 80% de los pequeños productores viven en pobreza. La organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en su informe de junio del 2016, estimaba los siguientes datos, relacionados al corredor seco de Centroamérica:

Detalle	Guatemala	Honduras	El Salvador	Totales
Personas en inseguridad alimentaria	915,000	416,000	190,000	1.6 millones
Personas que necesitan asistencia humanitaria (población total del corredor seco 10.5)	1.5 Millones	1.3 Millones	700,000	3.5 millones
Cosechas de granos básicos pérdidas	133.1 Millones	80% de la cosecha se perdió	60% de la cosecha se perdió	50 al 90%
Déficit de financiación	7 millones	3.4 Millones	6.6 Millones	17 millones

Tabla 2. Detalle de Inseguridad Alimentaria por país que conforman el Corredor Seco

Por otro lado, en la actualidad existe tecnología que permitiría construir el sistema de alerta temprana, mediante la adquisición de estaciones meteorológicas, redes de sensores, bases de datos, herramientas de desarrollo, analítica de datos, etc. En función de medir variables, obtener datos y desarrollar aplicaciones móviles para registrar y comunicar en tiempo real respectivamente, aquellos cambios en variables climáticas de interés en las zonas cultivadas.

Desde la óptica de la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador, el proyecto se vuelve justificable debido a que, el diseño de un sistema de alerta temprana es un paso crucial para la obtención posterior de una herramienta orientada específicamente a contribuir a la seguridad alimentaria de los pobladores de la región de los Nonualcos. Considerando, además, que los requerimientos y el diseño del sistema per se, recogen no solo la visión de expertos en el campo de la agricultura y meteorólogos sino también de los investigadores interesados en obtener registros confiables para futuras investigaciones relacionadas al cambio climático y su impacto en la agricultura.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Documento de especificaciones técnicas del diseño del sistema de alerta temprana, el cual incluirá la lista de requerimiento funcionales y no funcionales del sistema, modelo de casos de usos, diagramas de actividad, diagrama de clases, el diccionario de datos, modelo conceptual y modelo lógico de la base de datos, y el diseño de las interfaces.
2. Informe de las pruebas realizadas a set datos que contienen mediciones de variables climáticas como la humedad, temperatura, radiación solar, velocidad del viento y cantidad de lluvia empleando algoritmo de aprendizaje máquina tales como redes neuronales y series temporales.
3. Ensayo científico del trabajo de graduación.

MARCO TEÓRICO

Cambio climático y seguridad alimentaria

Hoy en día, uno de los factores que más impacta en el calentamiento global es la actividad humana, no solo por la contaminación que ésta genera, sino también por la creciente destrucción de ecosistemas y la deforestación a lo largo y ancho del planeta. En consecuencia, como reacción natural, aumenta la variabilidad climática produciendo eventos cada vez más extremos y recurrentes. El aumento de temperatura sigue creciendo y cada vez aparecen fenómenos meteorológicos más violentos. En Centroamérica, los fenómenos conocidos como el niño o la niña están afectando gran parte de la región. La agricultura, la cual es uno de los pilares importantes de subsistencia para la población, se ha visto afectada en un 70% de las cosechas y las inundaciones se han duplicado en los últimos años. Según estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, para los próximos años, solamente la variabilidad de la temperatura podría alcanzar cambios entre 3 y 3.5 grados.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el cambio climático en la región conocida como el corredor seco de Centroamérica (zona costera de aproximadamente 1,600 Km de largo por 400 Km de ancho donde habitan 10 millones de personas) está afectando directamente los cultivos de la zona, poniendo en una situación de crisis alimentaria al 90% de los habitantes. El comportamiento climatológico en la zona combina períodos de lluvias torrenciales con largos periodos de sequía. Estos escenarios evidencian la necesidad de tomar medidas urgentes en el tema de la seguridad alimentaria de forma tal, que se garantice el abastecimiento de los productos de la canasta básica y por ende se busque a priori, la protección de los cultivos.

Milpa Intercalada con Árboles Frutales – MIAF

La MIAF es un sistema de producción agroforestal policultivo, que busca optimizar el uso completo del espacio cultivable, permite combinar una diversidad de especies comestibles tales como maíz, frijol, arroz y sorgo con árboles frutales como el ajonjolí, limón, jocote entre otros y algunas hortalizas como calabaza, chile, loroco, y yuca. Las configuraciones de cultivos pueden orientarse para mejorar la conservación de agua, evitar la pérdida de humedad y de suelo, generación de semillas y servir como refugio para la biodiversidad de animales, insectos y otros seres vivos nativos de la zona. *Ver Anexo 2*

La implementación de MIAF tiene como objetivo priorizar la protección del suelo, y minimizar el impacto del cambio climático mediante el equilibrio de la producción a la vez que se mejora la adaptación de los cultivos y se genera un aumento en el intercambio de

nutrientes. En el ámbito productivo, Liebman (1999), indica que frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en un área sembrada con policultivos que en otra área equivalente, pero sembrada en forma de monocultivo. Además, puede haber una compensación productiva entre los componentes del policultivo, en el caso que un cultivo perezca producto de una variabilidad climática brusca, u otro factor adverso, se podría compensar al aumentar la productividad del otro cultivo o en su defecto se evita una pérdida total. En tal sentido también desde el punto de vista económico se reduce la dependencia de un solo cultivo.

Estado del arte de los sistemas de alerta temprana

El desarrollo de los sistemas de alerta temprana se remonta a los albores de la civilización, donde el ser humano ha buscado la forma de prepararse y alertar a la población de catástrofes naturales como incendios, inundaciones, tormentas, tornados y deslaves, eso ha comenzado desde la hoguera , luego a las campanas y desde la primer y segunda guerra mundial se desarrollaron más rápido teniendo un carácter masivo y centralizado para poder informar a tantos habitantes como fuera posible, luego pasó a desarrollarse las sirenas electromecánicas.

Entonces los sistemas de alerta temprana también se han aplicado en el área de la agricultura, eso porque se ve la necesidad de prevenir crisis alimentarias, especialmente en contextos vulnerables.

En el año 1945 nació la FAO una agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner fin al hambre, que tiene 195 miembros – 194 países y la Unión Europea, a partir de 2015 en la Conferencia de París sobre el Cambio Climático la ONU también proporcionan asistencia como socios para la implementación de la iniciativa de riesgo climático y sistemas de alerta temprana (CREWS), que fomenta la capacidad de los sistemas de alerta temprana de riesgos múltiples, y se ha implementado en 19 países de África y el Pacífico, incluidos los países menos adelantados (PMA) y pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID), que son más propensos a sufrir inundaciones y ciclones tropicales.

En El Salvador, los sistemas de alerta temprana comenzaron a implementarse en 1998 después de los daños causados por el huracán Mitch. Se han establecido sistemas de vigilancia de la sequía agrícola, como el ASIS (Siglas en inglés de Sistema de Índice de Estrés Agrícola) que fue desarrollado en colaboración de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) , que han fortalecido las capacidades nacionales para la alerta temprana y la acción ante la sequía. La implementación exitosa de estos sistemas ha permitido la protección de los medios de vida de la población rural en El Salvador, Guatemala y Honduras. El país cuenta con un sistema de alerta temprana por inundaciones en la cuenca del río Huiza. Además, se han

desarrollado guías prácticas para la formulación de planes de alerta y acción temprana ante sequía agrícola, que han orientado el desarrollo de planes de alerta y acción temprana para la prevención de impactos en medios de vida de agricultura familiar.

Monitoreo de la variabilidad climática

El monitoreo de la variabilidad climática busca afrontar de manera inteligente, los desafíos planteados por el cambio climático al que se enfrentan año tras año los agricultores y que afectan directamente los cultivos y la producción. El monitoreo no es una actividad nueva, desde tiempos antiguos estos han registrado algunos datos de variables climáticas, como la cantidad de lluvia, por ejemplo. Las mediciones se han realizado de manera manual y empírica. La frecuencia de los registros se ha limitado a mediciones esporádicas dada la limitante de tiempo de los agricultores y la falta de instrumentos. Con el tiempo y los avances tecnológicos el panorama ha cambiado radicalmente, se han desarrollado diversos tipos de tecnologías que facilitan la labor de medición generando una mayor precisión en la captura de datos.

Uso de la tecnología para el monitoreo de variables climáticas

En la actualidad, existe una diversidad de instrumentos tecnológicos que se emplean para capturar variaciones climáticas, estos instrumentos pueden utilizarse de manera independiente o en conjunto, dependiendo de la variable que se requiera medir, se pueden aplicar sensores independientes o incluso redes de sensores para generar un monitoreo completo de la región a analizar. Hoy en día, el mercado tecnológico provee instrumentos tales como las estaciones meteorológicas fijas y móviles, las cuales integran componentes de medición para una amplia gama de variables climáticas en un solo equipo. La medición de diversas variables, la precisión, confiabilidad y alcance están sujetas a los costos de estos instrumentos.

Aprendizaje de Máquina

El aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial IA que se centra en el desarrollo de algoritmos y técnicas que permiten a las computadoras aprender y mejorar su rendimiento en tareas específicas a partir de datos, sin necesidad de ser programadas explícitamente para cada tarea. *Se basa en el concepto de que las máquinas pueden aprender patrones a partir de datos y hacer predicciones o tomar decisiones basadas en esos patrones.* El aprendizaje automático se puede clasificar en tres categorías principales:

Aprendizaje Supervisado	Aprendizaje No Supervisado	Aprendizaje por Refuerzo
<p>En este tipo de aprendizaje, se entrena al algoritmo con un conjunto de datos etiquetados, es decir, <i>datos para los cuales ya se conoce la respuesta correcta</i>.</p> <p>El algoritmo aprende a hacer predicciones o tomar decisiones a partir de estos datos de entrenamiento y luego se evalúa su rendimiento utilizando un nuevo conjunto de datos.</p> <p>Ejemplos de aplicación: identificar el nivel de riesgo de otorgar crédito a un cliente, predecir el precio de un inmueble, calcular la vida útil de una máquina.</p>	<p>En este caso, el algoritmo se entrena con un conjunto de datos no etiquetados, y <i>su objetivo es encontrar patrones o estructuras dentro de esos datos</i>.</p> <p>No se proporcionan respuestas correctas, y el algoritmo debe descubrir la estructura subyacente por sí mismo.</p> <p>Ejemplos de aplicaciones incluyen la segmentación de clientes en grupos basados en sus comportamientos de compra o la detección de anomalías en datos financieros.</p>	<p>Este enfoque implica que un agente aprende a tomar decisiones secuenciales interactuando con un entorno.</p> <p>El agente recibe retroalimentación en forma de recompensas o penalizaciones en función de las acciones que realiza.</p> <p><i>El objetivo es que el agente aprenda a tomar las acciones que maximicen las recompensas a largo plazo.</i></p> <p>Ejemplos de aplicación: entrenar un agente de Inteligencia Artificial para videojuegos, en vehículos autónomos o para controlar robots en entornos físicos.</p>
<p>Ejemplos de algoritmos supervisados</p> <p>Incluyen regresión lineal, árboles de decisión, máquinas de vectores de soporte (SVM) y redes neuronales.</p>	<p>Ejemplos de algoritmos no supervisados</p> <p>Incluyen k-means clustering, análisis de componentes principales (PCA) y algoritmos de asociación.</p>	<p>Ejemplos de algoritmos de aprendizaje por refuerzo</p> <p>Q-Learning</p>

Tabla 3. Clasificación del Aprendizaje Máquina

En la actualidad, el aprendizaje automático se utiliza en el análisis de datos en una amplia gama de aplicaciones en diversos campos. Algunos de los usos generales del aprendizaje automático en el análisis de datos incluyen:

Aplicación	Descripción
<i>Predicción y Clasificación</i>	El aprendizaje automático se utiliza para predecir valores futuros o clasificar datos en categorías específicas. Esto puede incluir desde predecir el precio de las acciones hasta clasificar correos electrónicos como spam o no spam.
<i>Detección de Patrones</i>	Los algoritmos de aprendizaje automático pueden identificar patrones complejos en conjuntos de datos que pueden no ser evidentes para los humanos. Esto es útil en áreas como la detección de fraudes en transacciones financieras, la identificación de enfermedades en imágenes médicas o la segmentación de clientes en grupos basados en comportamientos de compra.
<i>Optimización y Personalización</i>	El aprendizaje automático se utiliza para optimizar procesos y tomar decisiones personalizadas. Por ejemplo, en el marketing en línea, se pueden utilizar modelos de aprendizaje automático para recomendar productos a usuarios basados en su historial de navegación y comportamiento anterior.
<i>Análisis de Texto y Procesamiento del Lenguaje Natural (PNL)</i>	En el análisis de texto, el aprendizaje automático se utiliza para extraer información significativa de grandes volúmenes de texto, como en la clasificación de documentos, la traducción automática, la generación de resúmenes y el análisis de sentimientos en redes sociales.
<i>Análisis de imágenes o visión por computadora</i>	En aplicaciones de visión por computadora, como reconocimiento de objetos, detección de rostros, conducción autónoma y diagnóstico médico basado en imágenes, el aprendizaje automático se utiliza para entrenar modelos que pueden interpretar y comprender datos visuales.
<i>Recomendación y Filtrado Colaborativo</i>	En plataformas de recomendación o servicio de streaming, la cual es una plataforma en línea que permite a los usuarios acceder y consumir contenido multimedia, el aprendizaje automático se utiliza para analizar el comportamiento del usuario y hacer recomendaciones personalizadas de películas, series, música, etc.

Tabla 4. Aplicaciones de Aprendizaje de Máquina

El aprendizaje de máquina orientado al análisis de datos meteorológicos

El aprendizaje automático provee una serie de herramientas para analizar datos meteorológicos [1], mejorar la precisión de las predicciones del tiempo, comprender mejor el clima y sus impactos, y tomar decisiones sustentadas en diversas aplicaciones relacionadas con el clima y el medio ambiente.

Predicción del tiempo: El uso más evidente del aprendizaje automático en meteorología es en la predicción del tiempo. Los modelos de aprendizaje automático pueden analizar grandes cantidades de datos históricos de condiciones atmosféricas, como temperatura, presión atmosférica, humedad, velocidad del viento, etc., para hacer predicciones más precisas sobre el clima futuro. Estos modelos pueden capturar patrones complejos en los datos que pueden pasar desapercibidos para los enfoques tradicionales.

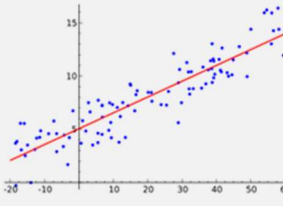
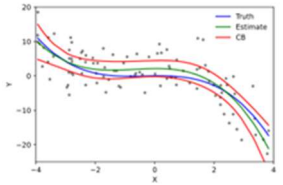
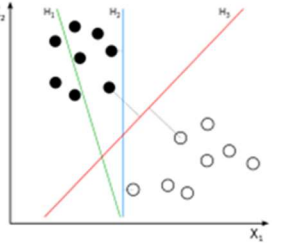
Modelado climático: Además de predecir el tiempo a corto plazo, el aprendizaje automático también se utiliza en el modelado climático a largo plazo. Los modelos de aprendizaje automático pueden ayudar a comprender mejor los patrones climáticos a largo plazo, incluidos los efectos del cambio climático.

Detección y Predicción de eventos extremos: El aprendizaje automático puede ayudar en la detección y predicción de eventos climáticos extremos, como huracanes, tornados, inundaciones, sequías, etc. Los modelos pueden identificar patrones específicos en los datos que preceden a estos eventos y emitir alertas tempranas.

Optimización de energía renovable: Para la generación de energía renovable, como la solar y la eólica, es crucial prever la disponibilidad y la intensidad de la radiación solar y del viento. El aprendizaje automático puede mejorar la precisión de estas predicciones, lo que ayuda en la planificación y gestión eficiente de la energía renovable.

Calidad del aire: El aprendizaje automático puede ayudar a predecir y monitorear la calidad del aire al analizar datos de contaminantes atmosféricos, condiciones meteorológicas y otros factores relevantes. Esto es importante para la salud pública y la toma de decisiones relacionadas con políticas ambientales.

El aprendizaje automático es una herramienta potente en el análisis de datos que permite a las empresas e instituciones extraer información valiosa, tomar decisiones sustentadas y automatizar procesos complejos en una variedad de campos donde la meteorología no es la excepción.

Variables Climáticas	Algoritmos	Descripción	
Cantidad de lluvia Cobertura de nubes	Regresión lineal	Es uno de los algoritmos más simples empleados para la predicción de variables continuas. Utiliza una relación lineal entre las variables de entrada como la temperatura, la presión atmosférica, la velocidad del viento, humedad, etc. Para hacer predicciones (Urbina & Takahahi, 2023)	
Humedad Presión atmosférica Radiación solar	Regresión polinomial	Este algoritmo extiende la regresión lineal al permitir relaciones no lineales entre las variables de entrada y la variable climática a analizar. Permite identificar patrones no lineales en los datos, lo que puede ser útil en situaciones donde la relación entre las variables no es estrictamente lineal.	
Temperatura Velocidad del viento	Máquinas de soporte vectorial SVM	SVM es un algoritmo de aprendizaje supervisado que puede ser utilizado tanto para regresión como para clasificación (Rivera Castillo, 2012). En el caso de la predicción de la variable climática a analizar, se puede utilizar una variante de SVM para ajustar una función que se adapte a los datos de entrada y prediga la variable correspondiente.	

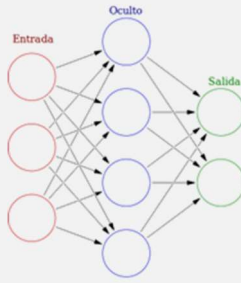
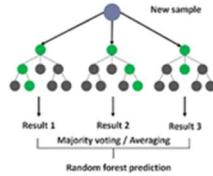
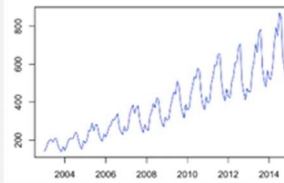
	<p>Redes neuronales artificiales</p>	<p>Las redes neuronales son algoritmos de aprendizaje profundo que pueden capturar relaciones complejas entre las variables de entrada y una variable climática específica. Pueden ser especialmente efectivas cuando se trabaja con grandes cantidades de datos y se necesita una modelización muy flexible.(Anochi et al., 2021)</p>	
	<p>Random Forest y Gradiente Boosting</p>	<p>Estos son algoritmos de conjunto que combinan múltiples modelos más simples (árboles de decisión en el caso de Random Forest y árboles de regresión en el caso de Gradient Boosting) para hacer predicciones más precisas. Son robustos y pueden manejar eficazmente datos de alta dimensionalidad</p>	
	<p>Series temporales</p>	<p>Al emplear la metodología de series temporales(Melo Morín & Santana Esparza, 2016), en el análisis de variables climáticas como la temperatura, humedad, velocidad del viento, etc. registrados a lo largo del tiempo, se pueden utilizar modelos específicos como ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) para capturar patrones temporales y hacer predicciones precisas.</p>	

Tabla 5. Algoritmos de Aprendizaje Máquina aplicados a las variables climáticas

FACTIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

El desarrollo de un sistema de alerta temprana es uno de los objetivos principales del proyecto de investigación denominado “Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2025.”, el cual es un proyecto que ha sido evaluado, aprobado y financiado por el Sistema de Integración Centroamericana SICA e International Development Research Centre - Centre de recherches pour le développement international IDRC-CRDI . Como se ha mencionado anteriormente, el proyecto es dirigido por un grupo de investigadores de la SIC UES y se encuentra en la fase de diagnóstico y adquisición de equipo,

A pesar de que, para la aprobación del financiamiento del proyecto, el SICA evaluó la factibilidad del desarrollo del sistema de alerta temprana. Cabe enfatizar que, dentro del marco del proyecto, los aspectos que se mencionan a continuación pueden llevar al éxito la construcción de un sistema de alerta temprana para la gestión del riesgo agroalimentario.

Aspectos:

- Dentro del equipo de investigadores, se cuenta con expertos en el campo de la agrometeorología quienes han expresado su total apoyo y experiencia para la construcción del sistema.
- Un aspecto relevante es la existencia de tecnología para monitorear la variabilidad climática en la zona de interés. Actualmente, se encuentra en proceso la adquisición de dos estaciones meteorológicas portátiles con capacidad para registrar variaciones climáticas en un área de 5,000 metros de diámetro, *ver Anexo 3*. Esta adquisición es financiada con fondos administrados por IDRC
- Por otro lado, paralelo al desarrollo del sistema de alerta temprana y como parte del mismo proyecto de investigación, se está construyendo un Data Warehouse para almacenar las mediciones de la variabilidad climática. El repositorio de datos estará alojado en el Data Center institucional, para lo cual la SIC UES hará las gestiones para garantizar los espacios de almacenamiento.
- Inicialmente en el repositorio de datos, se registrarán mediciones realizadas a un grupo de parcelas destinadas para el cultivo de milpas intercaladas con árboles frutales, ubicadas en la estación experimental de la Universidad de El Salvador en San Luis Talpa.
- Al contar un registro histórico de datos, es posible aplicar conocimientos de aprendizaje de máquina con el objetivo de predecir el comportamiento de variables climáticas específicas. Es importante reconocer que los algoritmos de aprendizaje

de máquina se aplican ampliamente en diversos campos y la predicción climática no es la excepción.

- En el diagnóstico del proyecto se ha identificado que los agricultores tienen acceso a tecnología móvil, lo cual facilita la comunicación de alertas.

METODOLOGÍA

El diseño de un sistema de alerta temprana se consideraría como una investigación aplicada. Este tipo de investigación se enfoca en la resolución de problemas prácticos y concretos, como el desarrollo de sistemas tecnológicos para prevenir desastres naturales. En el caso específico del diseño de sistemas de alerta temprana, se requiere investigar y aplicar conocimientos científicos y tecnológicos para desarrollar herramientas efectivas que permitan detectar y prevenir eventos adversos con anticipación. La investigación aplicada en este contexto implica la identificación de precursores, el desarrollo de técnicas de medición, el diseño de sistemas de monitoreo y alerta, y la implementación de estrategias para mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

Metodología para el diseño del Sistema de Alerta Temprana

Tipo de Investigación:

El tiempo de investigación es de tipo cualitativo por qué nos va a permitir estudiar la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema.

Con este tipo de investigación se puede analizar exclusivamente un asunto de actividad en particular, ya que se interesa más en saber cómo se da la dinámica o cómo ocurre el proceso en que se da el asunto o problema.

Población y Muestra:

La población está comprendida por los profesionales que están participando en el proyecto de *Fortalecimiento de la gestión de riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutrición para enfrentar la variabilidad climática del corredor seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2024*.

En la convocatoria de este proyecto hay 4 personas, que están registradas como coordinadores y 8 personas como colaboradores, haciendo un total de 12 personas participando entre los 3 países que están involucrados, pero como este perfil se centra en el área del El Salvador tomaremos como muestra 5 de los profesionales que están registradas en esta zona, incluyendo 2 participantes más incluidos como expertos 1 para la parte GIS y 1 para la parte de meteorología, pero como muestra de los datos solo se trabajaran con 7 pertenecen a El Salvador a medida que ese proyecto vaya avanzando se va a incorporar nuevos especialistas que trabajé en áreas específicas relacionadas al proyecto por lo tanto esta muestra esta población puede ir cambiando a lo largo del desarrollo de este proyecto

Periodo y lugar donde se desarrolla la investigación:

El diseño del perfil se llevará a cabo como un apoyo a la secretaría de investigaciones científicas de la Universidad del Salvador en el periodo de nuevo diciembre 2023 - enero 2024, esta unidad está trabajando en el proyecto “Fortalecimiento de la gestión del riesgo el sistema de agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutrición para enfrentar la variabilidad climática del corredor seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023- 2024”.

Procedimiento Metodológico

Para el diseño de del sistema de alerta temprana se ha decidido ocupar el modelo de cascada que incluye 6 fases:

1. Fase de requerimiento.
2. Etapas de diseño del sistema.
3. Etapa de desarrollo
4. Etapa de implementación.
5. Etapa de pruebas
6. Fase de mantenimiento

Dado que esta metodología se aplica cuando objetivo final bien definido, no existen restricciones de presupuesto ni de tiempo, la metodología no se aplicará completamente porque nos quedaremos hasta la fase de diseño, ya que nuestro objetivo es diseñar un sistema de alerta temprana, lo cual daría pie para que otros equipos puedan continuar con la fase de desarrollo e implementación del sistema a pesar de que sabemos que ese modelo tiene sus desventajas como que pueden afectar gravemente la aplicación de este modelo que por naturaleza es lineal, es mucho más complicado regresar a una etapa anterior y hacer cambios media vez una fase está completada pero este caso ya que solo estaríamos aplicando las primeras dos fases: etapa de fase de requerimientos y la etapa de diseño del sistema; entonces no le vemos ningún problema para para desarrollar el para aplicar esta metodología

Considerando todos estos aspectos para la fase de requerimientos, se utilizar los siguientes instrumentos para obtener información

- **Reuniones:** Se realizan reuniones con los expertos involucrados en el proyecto para tener una idea clara de sus funciones y los resultados esperados del sistema de alerta temprana. *Ver Anexo 4*
- **Entrevistas:** Para las entrevistas se pueden realizar de forma estructurada y no estructura para la elaboración del perfil se realizarán de forma híbrida, ya que esto

permite improvisar preguntas a medida se desarrolle la entrevista y poder profundizar sobre aspectos de interés.

- **Investigación documental:** Se utilizarán documentos fiables ya existentes e información disponible de proyectos similares.
- **Proceso de observación:** Este proceso de observación puede ser observación participante en donde el investigador juega un rol activo y no participante se limita a ser un observador pasivo, para el caso de esta parte se ha decidido tomar el rol de ser un observador pasivo y ver cómo se realiza el proceso de mantenimiento y recolección de los datos.
- **Visita Técnica al campo experimental:** Para esta pasantía se ha considerado este método ya que se han implementado parcelas MIAF, en el campo experimental que nos permitirían tener una idea de cómo es el proceso que se vería reflejado en el desarrollo del perfil del sistema de alerta temprana. *Ver Anexo 5.*

Para obtener información se han aplicado los siguientes métodos para la recolección de datos: reuniones con expertos e investigadores interesados en la temática del cambio climático: entrevistas a expertos en meteorología, investigación documental, proceso de observación y visitas técnicas al campo experimental; para luego llevar a cabo reuniones con el equipo de trabajo y emplear la técnica de análisis cualitativo de contenido que permite la categorización de datos verbales o de conducta de grupos que son objetivos de la empresa con la finalidad de clasificar, resumir y tabular los datos.

Además, los expertos han trabajado una herramienta de diagnóstico en donde se incluye información general hasta aspectos de producción, *ver Anexo 6*, posteriormente se procedió a validar esta herramienta con miembros de proyecto del fortalecimiento del riesgo en sistemas agroalimentario y productores de la zona para validar la herramienta y medir tiempos de toma de datos, *ver Anexo 7*, posteriormente la información recolectada también servirá de insumo para los requerimientos del diseño de alerta temprana.

Luego se utilizará el modelado de casos de uso para finalizar la definición de requerimientos.

Con toda la información recolectada nos moveremos a la siguiente fase del diseño del sistema, en esta sección estaremos ocupando diagramas de actividades.

A grandes rasgos lo que se intenta cubrir en el diseño de alerta temprana son los siguientes aspectos:

1. Identificación de riesgos y variables relevantes : Comienza por identificar los riesgos más comunes que afectan a la agricultura en tu región, como sequías, inundaciones, plagas o enfermedades. Luego, determina las variables que pueden indicar la ocurrencia de estos riesgos, como la temperatura, la humedad del suelo, la presencia de ciertas plagas o el pronóstico meteorológico.
2. Selección de tecnologías de monitoreo : Elige las tecnologías más adecuadas para monitorear las variables identificadas. Esto puede incluir estaciones meteorológicas automáticas, sensores de humedad del suelo, imágenes de satélite, drones agrícolas o incluso aplicaciones móviles para que los agricultores reporten observaciones en tiempo real.
3. Selección de algoritmos de aprendizaje máquina para la predicción de variables meteorológicas : Utiliza set de datos que contenga variables climáticas para seleccionar modelos predictivos que puedan predecir la ocurrencia de los riesgos identificados. Esto puede implicar el uso de técnicas estadísticas, machine learning o modelos basados en reglas.
4. Establecimiento de umbrales y criterios de alerta : Define umbrales o criterios que indiquen cuándo se debe emitir una alerta temprana. Estos umbrales pueden basarse en los modelos predictivos desarrollados o en recomendaciones de expertos en la materia.
5. Desarrollo de un sistema de comunicación de alertas : Diseña un sistema de comunicación que permite enviar alertas tempranas a los agricultores y otras partes interesadas de manera rápida y eficiente. Esto puede incluir mensajes de texto, correos electrónicos, aplicaciones móviles o incluso sistemas de alerta por radio

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Identificador	Nombre	Fecha de Inicio	Fecha Fin	Duración
1	Elaboración del perfil de tema de tesis	11/3/2024	21/3/2024	9
2	Entrega de perfil	22/3/2024	9/4/2024	13
3	Gestión de Oficialización de tema de tesis y asesor	10/4/2024	17/4/2024	6
4	Desarrollo del Anteproyecto	18/4/2024	16/5/2024	21
5	Reuniones Semanales	17/5/2024	14/6/2024	21
6	Presentación del Proyecto al asesor	17/5/2024	24/5/2024	6
7	Desarrollo tesis	27/5/2024	27/5/2024	1
8	Planeación y Organización	28/5/2024	3/6/2024	5
8.1	Planteamiento del Problema	28/5/2024	28/5/2024	1
8.2	Definición de Objetivos	29/5/2024	29/5/2024	1
8.3	Definición Alcance y limitaciones	30/5/2024	30/5/2024	1
8.4	Marco Teórico	31/5/2024	31/5/2024	1
8.5	Factibilidades del Proyecto	3/6/2024	3/6/2024	1
9	Requerimientos	4/6/2024	11/7/2024	28
9.1	Definición de Requerimientos	4/6/2024	10/6/2024	5

9.2	Definición de Actores	11/6/2024	13/6/2024	3
9.3	Diagrama de Casos de uso	14/6/2024	27/6/2024	10
9.4	Documentación de casos de uso	28/6/2024	11/7/2024	10
10	Análisis	12/7/2024	25/7/2024	10
10.1	Diagramas de actividad	12/7/2024	25/7/2024	10
11	Diseño	26/7/2024	3/10/2024	50
11.1	Diccionario de Datos	26/7/2024	8/8/2024	10
11.2	Definición de estándares	9/8/2024	29/8/2024	15
11.3	Diseño de Interfaz	30/8/2024	3/10/2024	25
12	Identificar Algoritmo Aprendizaje Máquina	12/6/2024	10/9/2024	65
12.1	Definir variables Climáticas	12/6/2024	23/7/2024	30
12.2	Seleccionar el set de Datos	24/7/2024	6/8/2024	10
12.3	Pruebas Algoritmos	7/8/2024	3/9/2024	20
12.4	Seleccionar Algoritmo	4/9/2024	10/9/2024	5
14	Defensa final de tesis	4/10/2024	18/10/2024	11

Tabla 6. Cronograma de Actividades

PLANIFICACIÓN DEL RECURSO A UTILIZAR

Equipo de investigación

Tomando de base el salario promedio de un científico de datos o de áreas relacionadas es de \$3600 mensuales.

Dado que se estima 4 horas de trabajo diarias por cada miembro del equipo el detalle se desglosa de la siguiente forma:

Cálculo del costo por hora del personal

$\$3,600 / 30 \text{ días} / 8 \text{ horas laborales} = \15 por hora

Cálculo del Salario Semanal

$\$15 * 4 \text{ horas trabajo} * 5 \text{ días de la semana} = \300

Cálculo Salario Mensual

$\$300 * 4 \text{ semanas} = \$1,200$

Recurso	Cantidad	Salario Mensual	Tiempo (Meses)	Subtotal
Equipo de investigación	2	\$ 1,200	6	\$ 14,400
Total				\$ 14,400

Tabla 7. Costo del Recurso Humano

El costo estimado para en salario para el equipo de investigación es de \$14,400

Recursos Tecnológicos

A continuación de se detallan los elementos de hardware y software que se utilizarían dentro del desarrollo de esta tesis

- **Hardware**

Recurso	Cantidad	Especificaciones Mínimas	Costo	Subtotal
Laptop	2	- AMD Ryzen 7 4700U con Radeon Graphics 2.00 GHz - RAM 16.0 GB - 350GB SSD - 2 Puerto USB / 1 Puerto HDMI / 1 SD card slot / 1 entrada tipo C	\$ 700.00	\$ 1,400.00
Total				\$ 1,400.00

Tabla 8. Costo de Recurso Tecnológico Hardware

- **Software**

Herramienta	Copias	Especificación	Costo
Sistema Operativo	2	Windows 10 Home* * Va incluido en el costo de la laptop	-
Diagramador	2	Draw.io	-
Navegador	2	Chrome 124.0.6367.210	-
Ofimática	2	- Microsoft 365 * - Acrobat Reader o Foxit Reader * Costo Anual	\$60
Subtotal			\$60

Tabla 9. Costo del Recurso Tecnológicos Software

En total de los recursos tecnológicos tenemos un costo de \$ 1,460.00

Recursos Materiales

- **Costo Fijo**

Se tomaron las siguientes consideraciones para el cálculo de los servicios básicos:

- En Internet se consultaron las principales compañías que ofrecen servicio de telefonía, este servicio se pagará mensualmente. *Ver Anexo 8.*
- Energía eléctrica, se prorateo según el consumo de electricidad de la laptop y el precio de tarifa de los principales proveedores de energía

El consumo en eléctrico de una computadora es de 0.720 kWh²

Tarifa según proveedor de energía eléctrica \$0.155165 por kWh, dadas las horas de trabajo del equipo, el consumo de energía se estima de la siguiente manera:

$$0.720 \text{ kWh} * \$ 0.155165 * 4 \text{ hora} = \$0.4468 \text{ al día}$$

$$\$0.4468 * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas} = \$8.93 \cong \$9 \text{ al mes}$$

² Dato tomado del sitio:

<https://copelco.coop/informacion-de-interes/energia/consumo-de-artefactos-electricos>

Recurso	Meses	Costo Mensual	Subtotal
Internet	6	\$35	\$ 210.00
Energía Eléctrica	6	\$9	\$ 54.00
Transporte	6	\$50	\$ 300.00
Telefonía	6	\$25	\$ 150.00
Subtotal			\$ 714.00

Tabla 10. Recursos Materiales Costo Fijo

Resumen

Para determinar el porcentaje imprevistos se determinó en base a que ocurriera una situación en la que tuviéramos que solicitar prórroga para la entrega de la tesis, al solicitar la prórroga automáticamente se aprueban 3 meses adicionales.

Para este cálculo solo se hará uso de los recursos que se pagan mensualmente, datos que otros recursos solo es una compra durante todo el proyecto e incluso si este se extendiera

Equipo de investigación

Recurso	Cantidad	Salario Mensual	Tiempo (Meses)	Subtotal
Equipo de investigación	2	\$ 1,200	3	\$ 7,200
Total				\$ 7,200

Tabla 11. Costo del Recurso Humano para 3 meses

Recursos Materiales

- **Costo Fijo**

Recurso	Meses	Costo Mensual	Subtotal
Internet	3	\$35	\$ 105.00
Energía Eléctrica	3	\$9	\$ 27.00
Transporte	3	\$50	\$ 150.00
Telefonía	3	\$25	\$ 75.00
Subtotal			\$ 357.00

Tabla 12. Recursos Materiales Costo Fijo para 3 meses

Sumando estos dos recursos que serían los que se pagan mensualmente el total es \$ 7,557.00, aplicando una regla se 3 con respecto al total del costo del proyecto que es de \$ 16,574

Monto (\$)		Porcentaje
16,574	-----	100
7,557	-----	x

Cálculo: $X = (7,557 * 100) / 16,574 = 45.59\%$

Tomando este porcentaje para calcular los imprevistos:

Categoría	Costo
Recurso Humano	\$ 14,400.00
Recurso Tecnológico	\$ 1,460.00
Recursos Materiales	\$ 714.00
Subtotal	\$ 16,574.00
Gastos e Imprevistos (45.59%)*	\$ 7,556.09
Total (USD)	\$ 24,130.09

Tabla 13. Costo del proyecto con imprevistos calculados para 3 meses

Consideramos que es posible tomar menos tiempo de la prórroga establecida y por eso se calcula el periodo de retraso en el proyecto de un mes.

Del costo anterior del costo del equipo de trabajo y los costos fijos que se calculó anteriormente lo dividimos entre 3 para determinar el costo de un mes:

$$\$7,557 / 3 = \$2,519$$

A este valor calculado de \$2,519 se le aplica la regla de 3, para determinar el nuevo porcentaje.

Monto (\$)		Porcentaje
16574	-----	100
2519	-----	x

Cálculo: $X = (2519 * 100) / 16574 = 15.20\%$

Con este nuevo dato, se calculará el monto de los imprevistos para determinar el nuevo costo del proyecto

Categoría	Costo
Recurso Humano	\$ 14,400.00
Recurso Tecnológico	\$ 1,460.00
Recursos Materiales	\$ 714.00
Subtotal	\$16,574.00
Gastos e Imprevistos (15.20%)*	\$ 2,519.25
Total	\$ 19,093.25

Tabla 14. Costo del proyecto con imprevistos calculados para 1 meses

Dado que si tomamos el costo de imprevistos basados en 3 meses el porcentaje se eleva demasiado por lo que consideramos que, dado que automáticamente al realizar solicitud de prórroga se otorgan 3 meses, nosotros consideramos que no se utilizarían los 3 meses, sino que en lo posible solo 1, porque el ultimo valor calculado de 15.20% es el que utilizaremos para la parte de imprevistos y así determinar el costo total del proyecto.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Enfoque de Sistemas de la solución propuesta

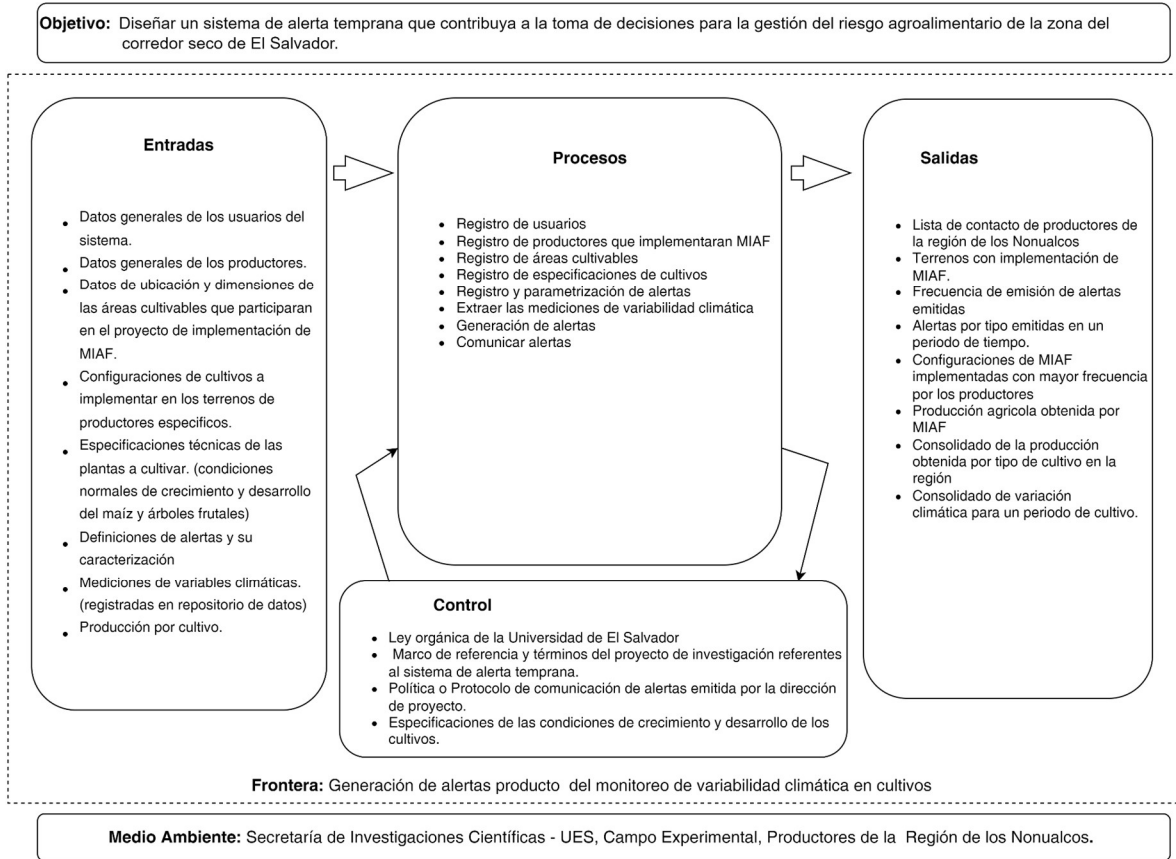


Figura 3 Enfoque de Sistemas de la Solución Propuesta.

Descripción de entradas

1. *Datos generales de los usuarios del sistema:* Se refiere a un conjunto de datos generales, propios de los usuarios que el sistema debe registrar para todos aquellos usuarios que tendrán autorización para ingresar al sistema, incluyen su nombre, apellido, departamento o unidad a la que pertenecen y correo electrónico institucional.
2. *Datos generales de los productores:* Se refiere al conjunto de datos que serán solicitados a cada productor que se integrará al proyecto de implementación de milpas intercaladas con árboles frutales.
3. *Datos de ubicación y dimensiones de las áreas cultivables:* Los datos en este caso corresponden a las generales que identifican un terreno o parcela donde se sembraran los cultivos a monitorear por el sistema. Entre estos se incluyen, el nombre del propietario, las dimensiones y algunas características descriptivas propias del área a cultivar.
4. *Configuración de cultivos a implementar:* corresponde a datos asociados a la distribución de los tipos de cultivos en la superficie y distancias físicas entre estos. Cada productor dependiendo del tipo de cultivo, podrá establecer la forma en la cual combinará los cultivos a implementar.
5. *Especificaciones técnicas de plantas a cultivar:* hace referencia a un conjunto de datos o rangos de valores propios de cada cultivo en cuanto a características específicas de desarrollo y crecimiento en condiciones ambientales ideales. Ejemplo nivel de humedad o temperatura en la cual la planta crece y se desarrolla sanamente.
6. *Definiciones de alertas y su caracterización:* Son datos o valores mínimos o máximos proporcionados por expertos en cultivos y meteorólogos que representan límites de variabilidad climática que un cultivo puede soportar antes de verse afectado en su crecimiento o desarrollo. Cuando una variable climática alcanza un límite generalmente se genera una alerta.
7. *Mediciones de variables climáticas:* Es un conjunto de datos que contiene, las mediciones de una variable climática o de un conjunto de estas, en el caso del proyecto, las mediciones se realizan a través de estaciones meteorológicas locales, instaladas en el área de cultivo y tales mediciones se almacena en un repositorio especial diseñado y dedicado para tal fin.

8. *Producción por cultivo*: cuando finaliza la cosecha, y se obtiene la producción, hay que ingresar estos datos al sistema para consolidar la producción de la región.

Descripción de salidas

1. *Lista de contacto de productores*: cuando se registran los productores que implementarán MIAF en el proyecto, y para mantener una comunicación constante, entre investigadores de SIC UES y productores, el sistema generará una lista de contactos para facilitar la tarea.
2. *Terrenos con implementación MIAF*: con el fin de tener un registro y control de aquellas áreas cultivables donde se ha combinado maíz con árboles frutales a través del proyecto, el sistema mantendrá un registro para fines de consulta y análisis.
3. *Configuraciones MIAF implementadas con más frecuencia*: El sistema generará un informe que permita a expertos e investigadores identificar cuáles cultivos le apuestan a los agricultores de la zona, ya sea durante una cosecha o durante un periodo de mayor duración.
4. *Alertas emitidas por tipo y período*: el sistema proporcionará informes de alertas emitidas para un periodo específico, o durante un periodo de cosecha, que para efectos de organización y comprensión se clasificarán por tipo de alerta.
5. *Frecuencia de emisión de alertas*: con el fin de identificar cuales variables climáticas tuvieron mayor impacto en el periodo de cosecha, el sistema generará un informe donde se evidencia en términos de frecuencia, como se han comportado las alertas emitidas asociadas a cada variable climática monitoreada.
6. *Producción agrícola producida por MIAF*: el sistema permitirá identificar de manera individual o consolidada a través de un listado, cuánto es lo producido por cada área cultivada. Especificando cada tipo de cultivo que se ha combinado.
7. *Informe de variabilidad climática*: El sistema proveerá a los usuarios un informe consolidado de variabilidad climática, en tiempo real o en una cosecha, o en tablas y gráficos u otros elementos visuales que faciliten la comprensión de los cambios en cada variable climática.

Descripción de procesos

1. *Registro de productores:* los datos de productores locales son vitales y contar con un registro de ellos es prioridad de la dirección del proyecto. Para obtener los datos requeridos del productor, los investigadores del proyecto llevarán a cabo una serie de talleres con agricultores en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES. El proceso para construir el registro con el sistema se realizará de la siguiente forma: primero se deberán ingresar los datos generales del productor (No. DUI, nombre, fecha de nacimiento, etc.), según los datos de contacto como lugar de residencia, número de teléfono y correo personal, y finalmente, se registrarán los años de experiencia en su campo cosechando mediante la siembra de cultivos que implementará como parte de las MIAF.
2. *Registro de áreas cultivables:* Los terrenos o parcelas donde se implementarán MIAF deben registrarse en el sistema y, tras la siembra de los cultivos, inicia la tarea de monitoreo. El proceso de registro de áreas cultivables implica conocer el nombre del o los propietarios, la ubicación o geolocalización del terreno, sus dimensiones y registrar un dato relevante para el posterior monitoreo de los cultivos que ahí se siembren, el dato requerido en este caso está asociado al código o número de estación meteorológica que cubra la parcela. (La parcela o terreno debe estar dentro del rango de medición de la estación meteorológica) para registrar mediciones específicas de variabilidad climática en esa parcela.
3. *Registro de especificaciones de cultivos:* Para efectos de contrastar los cambios o variaciones climáticas en zonas específicas (áreas o terrenos cultivados que están siendo monitoreados) contra condiciones ideales del crecimiento de una planta, es importante mantener un registro de las especificaciones o condiciones medio ambientales de los cultivos. El registro de especificaciones de cada cultivo requiere que se almacene en el sistema, no solo el tipo de cultivo y las condiciones ideales o rangos aceptables de humedad, temperatura, radiación solar, etc., para lo cual se busca monitoreo y generación de alertas si es necesario.
4. *Registro y parametrización de alertas:* los expertos en cultivos y los meteorólogos del proyecto definirán una serie de alertas para comunicarlas a los agricultores. El registro de las alertas es un proceso a través del cual se deben ingresar al sistema los siguientes datos: el tipo y nivel de alerta, descripción, límite inferior y límite superior de variabilidad, y variable climática a la que se asocia la alerta (humedad del suelo, temperatura, etc.). El rango de valores es un intervalo de variabilidad climática que se considera aceptable o peligroso para el desarrollo de los cultivos.

5. *Extraer mediciones de variabilidad climática:* Considerando que, de acuerdo con el diseño del proyecto de fortalecimiento para la gestión de riesgo agroalimentario, se construirá un Data Warehouse, para el almacenamiento de mediciones de variabilidad climática obtenidas a partir de una o más estaciones meteorológicas. Para extraer mediciones de variabilidad climáticas se debe comunicarse con el repositorio de datos que contiene las mediciones de variabilidad, técnicamente en el proceso se debe conectar con el repositorio y consultar para extraer datos, que se asocian a una parcela o terreno para analizarlas e identificar la posibilidad de generar alertas a través del SAT.
6. *Generación de alertas:* El proceso de generación de alertas, se ejecuta a partir de la siguiente premisa que, indica que se han extraído correctamente las mediciones de variabilidad del Data Warehouse. El proceso de generación de alertas comienza a partir de que se cuenta con las mediciones de variabilidad, luego se abre la base de datos del SAT y se extraen las especificaciones de crecimiento y desarrollo de los cultivos y las definiciones de alertas almacenadas, luego se inician las comparaciones entre las mediciones obtenidas y la especificación de las alertas para identificar en cuáles rangos están las mediciones y finalmente se decide generar una alerta o no.
7. *Comunicar una alerta:* El proceso de comunicar una alerta cuando esta la ha generado el sistema, puede darse en dos vías (según el tipo y nivel de la alerta generada), la primera es que se comunique directamente al agricultor que está implementando una MIAF en una zona específica, la segunda vía requiere autorización del director de proyecto para comunicar la alerta, generalmente se requieren medidas inmediatas para proteger el cultivo. Independientemente del tipo o clasificación de la alerta, esta se comunicará mediante una aplicación desarrollada para dispositivos móviles, la cual estará instalada en el móvil del agricultor.

Control del Sistema

En un sistema los elementos de control se encargan de transformar la información que reciben en acciones. La retroalimentación o control consiste en información que fluye a través del sistema y que da información sobre los efectos de funcionamiento, permitiéndole que no se desvíe, siga su ruta. (Dávila, 2001: 242). Por tanto, en el caso del SAT los componentes que rigen el sistema son: Ley orgánica de la Universidad de El Salvador, El marco de referencia y términos del proyecto de investigación referentes al sistema de alerta temprana, La política o Protocolo de comunicación de alertas emitida por la dirección de proyecto y Las especificaciones de las condiciones de crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La frontera del SAT

En términos operacionales, puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y define lo que pertenece al sistema y lo que queda fuera de él (Johanssen 1975, 66). En ese sentido la frontera del SAT se relaciona específicamente con el monitoreo de variabilidad climática en una región para la generación de alertas orientadas a proteger los cultivos que combinan maíz con árboles frutales.

Medio ambiente del SAT

El medio ambiente de un sistema es el lugar donde éste opera, y todo aquello que rodea al sistema, que influye en el mismo o es influenciado con él, o, dicho de otra manera, el medio ambiente, es el área de sucesos y condiciones que influyen en el comportamiento de un sistema. (Arnold Cathalifaud & Osorio, 1998). Al establecer el medio ambiente del SAT, se identifica su entorno de operación comprendido principalmente por la Secretaría de Investigaciones Científicas y su equipo de investigadores, el campo experimental y los productores de la región de los Nonualcos.

ANÁLISIS DEL SISTEMA

Introducción

Una de las fases más importantes en el proceso de desarrollo de sistemas informáticos, consiste en identificar las necesidades de información de los usuarios del sistema. Cada usuario tiene expectativas particulares sobre lo que espera del sistema en términos de sus requerimientos (de acuerdo con las funciones que desempeña en la organización, institución o proyecto). En esa vía, las herramientas de análisis que se empleen en el proceso de identificación de requerimientos juegan un rol preponderante. Por otro lado, es importante que, una vez identificados los requerimientos, los analistas revisen junto a los usuarios estos. El objetivo de esta última tarea es garantizar que las necesidades de información especificadas como requerimientos son las reales a la vez que se elimina la posibilidad de malentendidos en la definición o interpretación de los requerimientos solicitados por los usuarios.

En la presente fase, y tal como se ha mencionado antes, para la determinación de los requerimientos del SAT, se empleará, el análisis orientado a objetos, específicamente se elaborará una lista de actor-objetivo y luego se echará mano de modelado de casos de uso, *ver anexo 10*, junto a la correspondiente descripción de cada caso de uso, se hará modelado de diagramas de actividad, *ver anexo 11*, y finalmente se cerrará la fase con la construcción del modelo de dominio del sistema.

Objetivos de la fase

General

Determinar los requerimientos funcionales del sistema de alerta temprana con la participación de los interesados y miembros de la contraparte del proyecto.

Objetivos específicos

- Identificar necesidades básicas de información desde la visión y experiencia de los expertos del proyecto de investigación del SAT, específicamente abordando aquellos actores relacionados con actividades de monitoreo de cultivos y análisis de variabilidad climática.
- Identificar a los actores del sistema en reuniones de trabajo con los interesados, según su naturaleza y delimitando los campos de acción o interacción con el SAT en cuanto a necesidades y responsabilidades.
- Elaborar la lista de actor-objetivo especificando los objetivos de negocio que cada actor demanda del sistema de alerta temprana evaluando las funcionalidades específicas de éstos, a la vez que se contribuya a la definición de roles en el sistema.
- Modelar los casos de uso para determinar la funcionalidad del sistema y cómo los actores interactúan con él, para lograr sus objetivos de negocio, registrar un productor, registrar un área cultivable, registrar una MIAF o generar una alerta por un cambio extremo de variabilidad climática. Para la especificación de cada caso de uso, se deberá evidenciar como mínimo, los actores involucrados, las precondiciones, el escenario de éxito, un escenario alternativo y finalmente una post condición.
- Modelar los diagramas de actividad correspondientes a los casos de uso, con el fin de mejorar la comprensión de cada escenario en el que interactúa cada usuario con el sistema, detallando mediante un diagrama de flujo, los pasos lógicos a seguir en el proceso.
- Construir el modelo de dominio del sistema, considerando como insumo principal los resultados obtenidos en el modelado de casos de uso y sus descripciones, aplicando la abstracción para identificar unidades físicas como productores y áreas cultivables o para organizar unidades como combinaciones de milpas con árboles frutales y los niveles de alertas.

Lista de actor objetivo

Actor	Objetivo
<p>Administrador:</p> <p>Actor que se encarga de gestionar el sistema a la vez que parametriza las condiciones iniciales de funcionamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar acceso <ul style="list-style-type: none"> o Gestionar roles <ul style="list-style-type: none"> ▪ Crear roles ▪ Editar roles ▪ Consultar roles ▪ Asignar roles o Gestionar usuarios <ul style="list-style-type: none"> ▪ Crear usuarios ▪ Editar usuarios ▪ Consultar usuarios o Asignar permisos
<p>Técnico:</p> <p>Actor con conocimientos técnicos que colabora con el registro de datos considerados claves para el funcionamiento del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar cultivos <ul style="list-style-type: none"> o Crear cultivo o Editar cultivo o Consultar cultivo • Gestionar de productores <ul style="list-style-type: none"> o Registrar generales de productor o Registrar ubicación y contacto o Actualizar productor o Consultar productor • Gestionar área cultivable <ul style="list-style-type: none"> o Registrar ubicación y dimensiones <ul style="list-style-type: none"> ▪ Almacenar imágenes del área cultivable o Modificar área cultivable o Consultar área cultivable
<p>Especialista en cultivos:</p> <p>Gestiona las especificaciones de los cultivos en cuanto a condiciones ambientales de crecimiento y desarrollo. Se encarga, además, de la configuración de cultivos que se implementarán en la MIAF.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar cultivos <ul style="list-style-type: none"> o Crear cultivo o Editar cultivo o Consultar cultivo • Gestionar alertas <ul style="list-style-type: none"> o Crear alertas o Editar alertas o Consultar alertas • Gestionar especificaciones técnicas de cultivos <ul style="list-style-type: none"> o Registrar especificación

	<ul style="list-style-type: none"> o Modificar especificación o Eliminar especificación o Consultar especificación <ul style="list-style-type: none"> • Gestionar Configuración de cultivos MIAF <ul style="list-style-type: none"> o Registrar tipos de cultivos y combinación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrar imágenes de distribución de plantas o Actualizar tipos de cultivo y combinación o Consultar tipos de cultivos <ul style="list-style-type: none"> • Gestionar la producción agrícola <ul style="list-style-type: none"> o Registrar producción agrícola <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrar imágenes de la producción obtenida o Modificar la producción agrícola o Consultar la producción agrícola o
<p>Meteorólogo e investigador:</p> <p>Se encarga del Registro de variables climáticas a monitorear desde el sistema y gestiona y parametriza los tipos y niveles de alertas que genera el sistema.</p> <p>Director de proyecto:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar variables climáticas <ul style="list-style-type: none"> o Crear Variables o Editar Variables o Consultar Variables • Gestionar alertas <ul style="list-style-type: none"> o Crear alertas o Editar alertas o Consultar alertas • Gestionar parametrización de alertas <ul style="list-style-type: none"> o Registra parametrización o Editar parametrización o Consultar parametrización • Monitoreo de variabilidad climática <ul style="list-style-type: none"> o Extrae datos de mediciones o Extrae especificaciones de cultivos o Identifica extremos de variables climáticas • Gestionar la generación y comunicación de alertas <ul style="list-style-type: none"> o General alerta o Identifica el tipo de alerta o Consulta y ejecuta protocolo de comunicación o Solicita autorización o Comunica alerta
<p>Director de proyecto:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar la generación y comunicación de alertas <ul style="list-style-type: none"> o Autoriza la comunicación de alteras

<p>Consulta la información registrada en el sistema referente a productores, áreas cultivables, tipos de alertas e informes en general. Autoriza la emisión de alertas de tipo manual para efectos de comunicación de estas. Y gestiona el componente de visualización del SAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Comunica alerta • Gestionar componente de visualización de alertas <ul style="list-style-type: none"> o Carga elemento visual o plantillas o Consulta variabilidad climática o Asocia variabilidad a elemento visual o Actualiza elemento visual o Muestra tablero con elementos visuales • Consulta área cultivable • Consulta cultivos • Consulta especificación • Consulta alertas • Genera reportes en el SAT
<p>Productor:</p> <p>Recibe alertas asociadas a su área cultivada. Consulta información específica respecto a su parcela y cultivos.</p> <p>Genera reportes relacionados a la variabilidad climática en áreas específicas respecto a la implementación de su propio MIAF</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta área cultivable • Consulta cultivos • Consulta especificación • Consulta alertas • Genera reportes en el SAT

Tabla 15. Lista de Actor Objetivo

Modelado UML

Modelado de casos de uso

Diagrama de nivel cero del sistema de alerta temprana para la gestión del riesgo agroalimentario. En él se observan, los actores principales que interactuarán con el sistema una vez implementado. Para la notación de los casos de uso **ver Anexo 10**

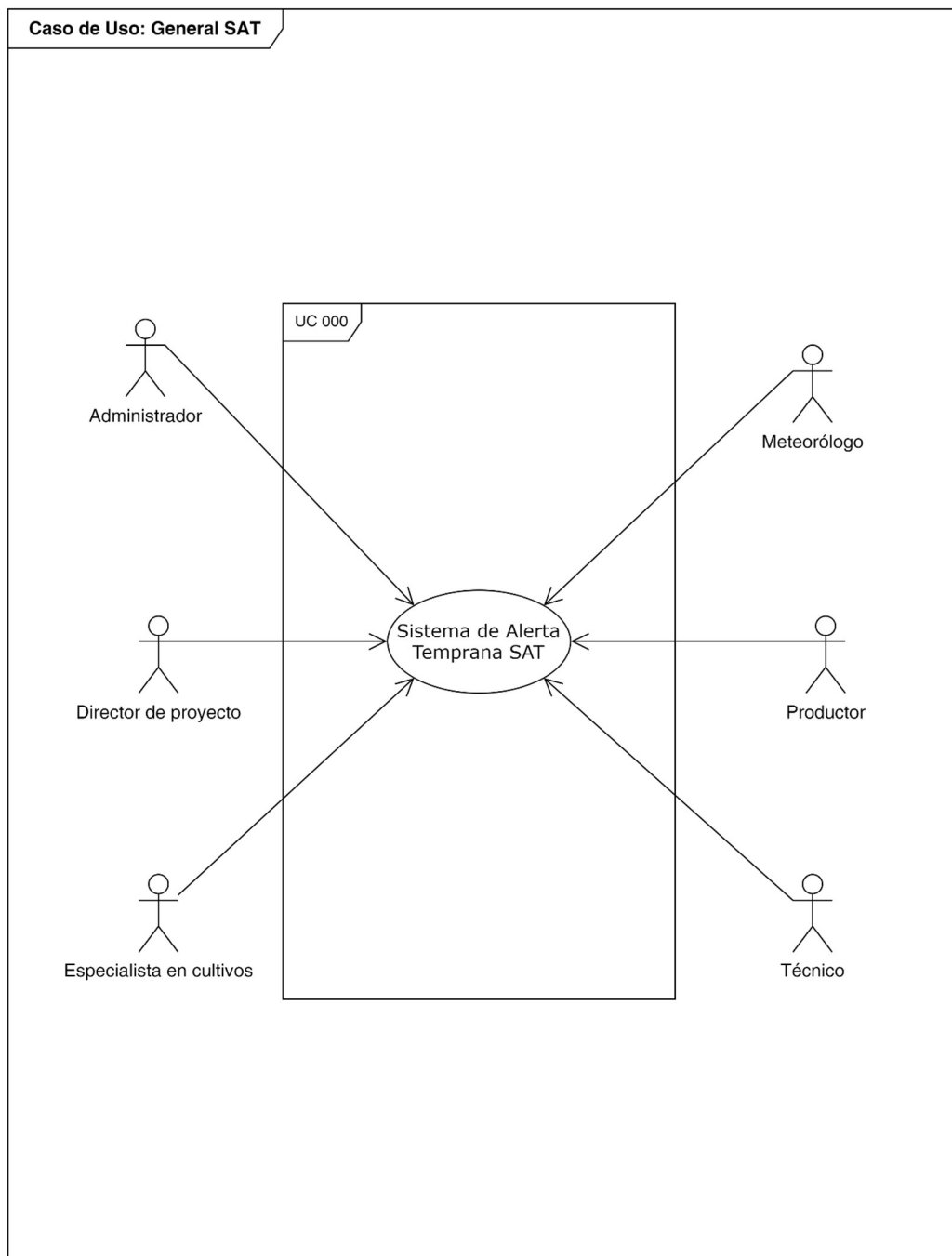


Figura 4. Caso de Uso General SAT

Diagrama de nivel 1

En el diagrama de casos de uso del nivel 1, se visualizan los casos de uso más importantes del sistema. En él se incluye lo que corresponde a la administración y parametrización del sistema (requerimientos no funcionales) y los casos de uso relevantes para la operatividad del sistema (objetivos de usuarios) según el monitoreo de cultivos donde convergen, productores, tierras o parcelas, cultivos, monitoreo de variabilidad climática y generación de alertas.

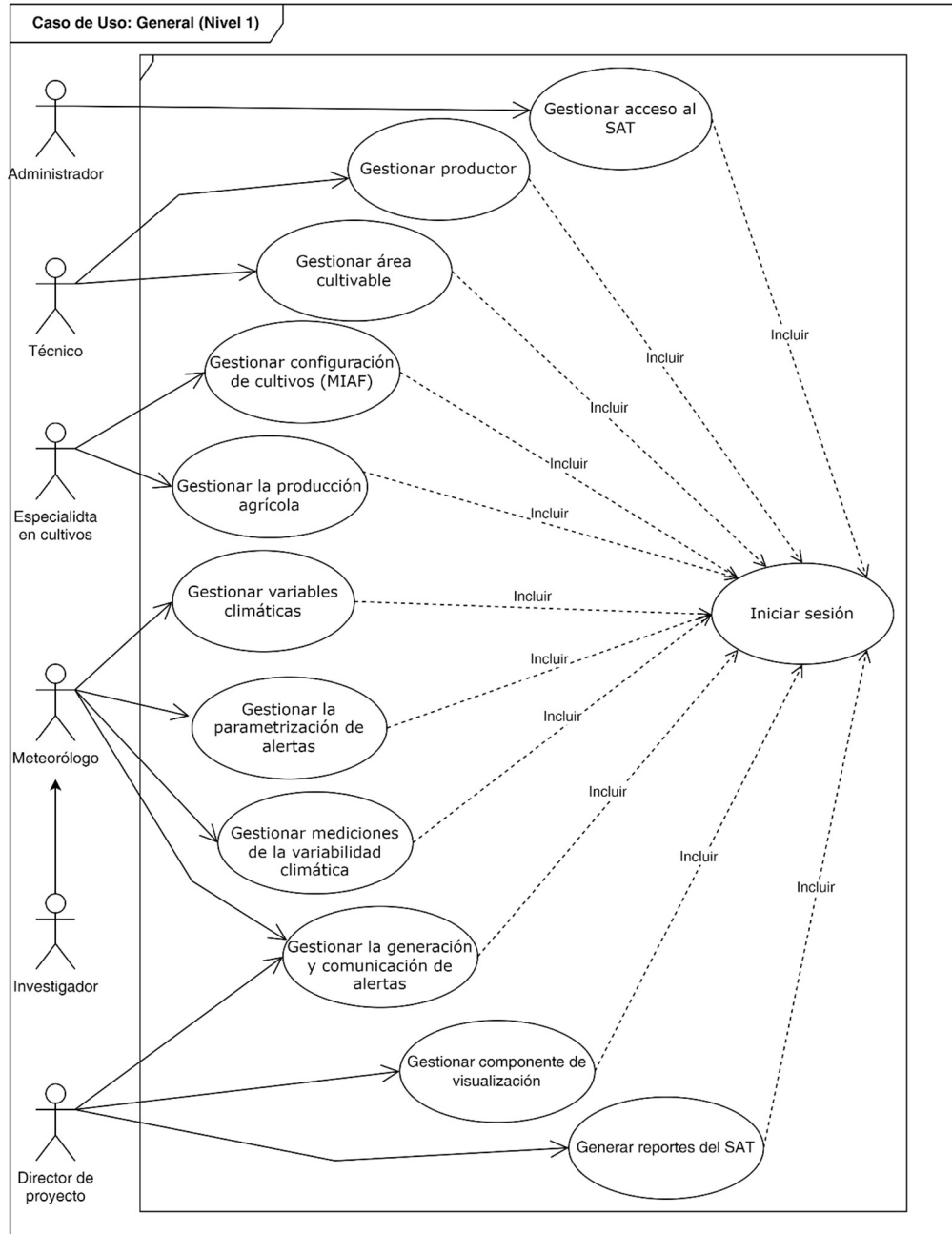


Figura 5. Caso de Uso General SAT Nivel 1

Gestionar acceso al SAT

Caso de uso: Gestionar acceso

Este caso de uso lo ejecuta el administrador del sistema (actor asignado y autorizado por la dirección de proyecto). En él se establecen las condiciones iniciales que requiere el sistema para entrar en producción. Posterior a la fase de instalación.

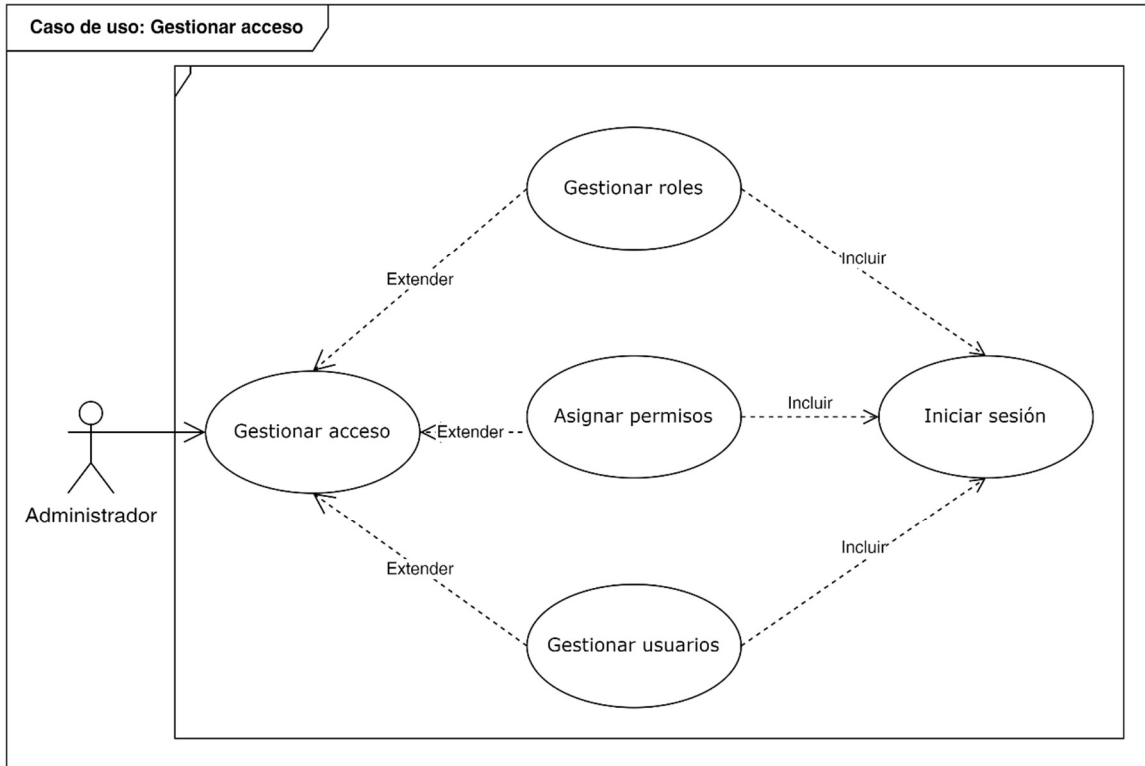


Figura 6. Caso de Uso Gestionar Acceso

Nota: los casos de uso gestionar roles, gestionar usuarios y gestionar permisos, contienen los casos de uso de nivel más bajo, correspondientes a crear, modificar, y consultar. El detalle de las descripciones se encuentra más adelante en el documento.

Descripción del caso de uso gestionar acceso

Código	CU-001	Nombre	Gestionar acceso
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Gestionar la accesibilidad al sistema para los diferentes usuarios		
Descripción	El administrador SAT podrá gestionar roles, usuarios, permisos, parámetros, y la visualización del sistema.		
Precondiciones	El usuario debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar. Además de contar con los privilegios para realizar la función asignada.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador del Sistema de Alerta Temprana SAT, entra a la pantalla de inicio del sistema (se inicia sesión en el sistema) 2. El administrador selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal del sistema. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestionar roles. 2. Gestionar permisos. 3. Gestionar usuarios. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	Gestionar roles, Asignar permisos, y Gestionar usuarios		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 16. Descripción del caso de uso gestionar acceso

Para la notación de los diagramas de actividad. **Ver Anexo 11**

Diagrama de actividad: Gestionar acceso

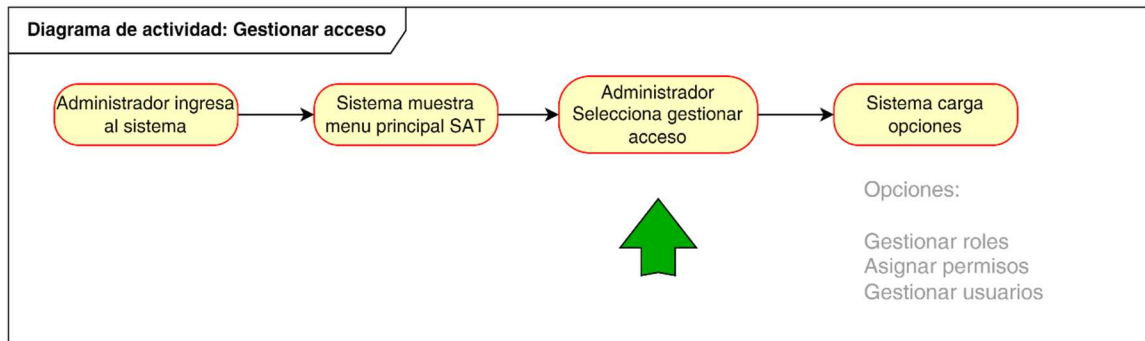


Figura 7. Diagrama de Actividad Gestionar Acceso

Código	CU-002	Nombre	Gestionar Roles
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Gestionar los roles disponibles en el sistema		
Descripción	El administrador SAT podrá asignar, modificar y consultar los distintos roles que se asignarán a cada usuario del sistema.		
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar 2. El usuario debe haber seleccionado la opción "Gestionar acceso" del menú. 		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El usuario selecciona la opción "Gestionar Roles" del menú. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: 1.Asignar Rol; 2. Modificar Rol; 3. Consultar Rol 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 17. Descripción del caso de uso Gestionar Roles

Diagrama de actividad: Gestionar roles

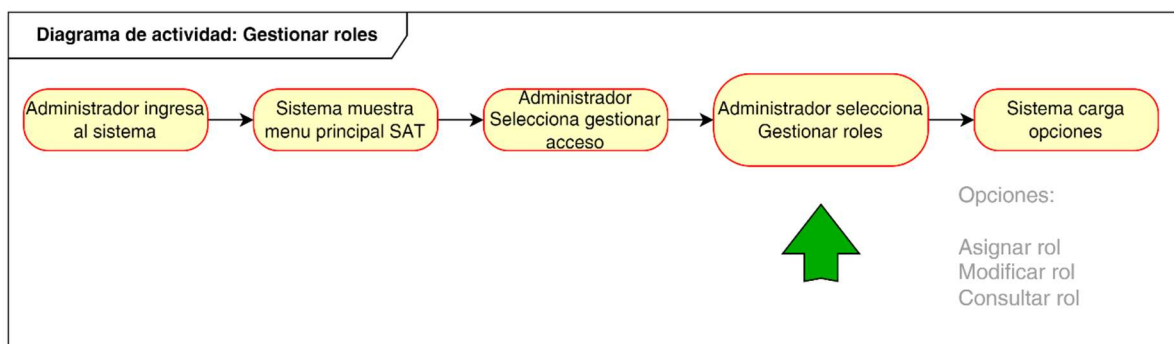


Figura 8. Diagrama de Actividad: Gestionar Roles

Código	CU-003	Nombre	Asignar Rol
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Asignar un rol a un usuario específico del sistema		
Descripción	El administrador SAT ingresa al sistema y asigna rol al usuario dependiendo del nivel de acceso que desea otorgarle.		
Precondiciones	El usuario debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Rol asignado al usuario.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción “Gestionar acceso” del menú principal y luego Gestionar roles 3. El administrador SAT selecciona la opción “Asignar Rol” 4. El sistema muestra listado de usuarios 5. El administrador selecciona de la lista al usuario al que desea asignarle un rol o en su defecto digita código de usuario. 6. El sistema carga lista general de roles almacenados 7. El administrador selecciona rol que asignará a usuario 8. El Sistema guarda selección. 9. El sistema muestra un mensaje que su registro fue exitoso 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, 3.a Usuario ya tiene un rol asignado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador cambia rol previamente asignado 2. Vuelve al paso 4 del flujo básico <p>En caso de que, 5 a. En caso de no encontrar usuario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Sistema envía mensaje de usuario no encontrado 2 Sistema, envía al paso 4 del flujo básico. 		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 18. Descripción del caso de uso Asignar Rol

Diagrama de actividad: Asignar rol

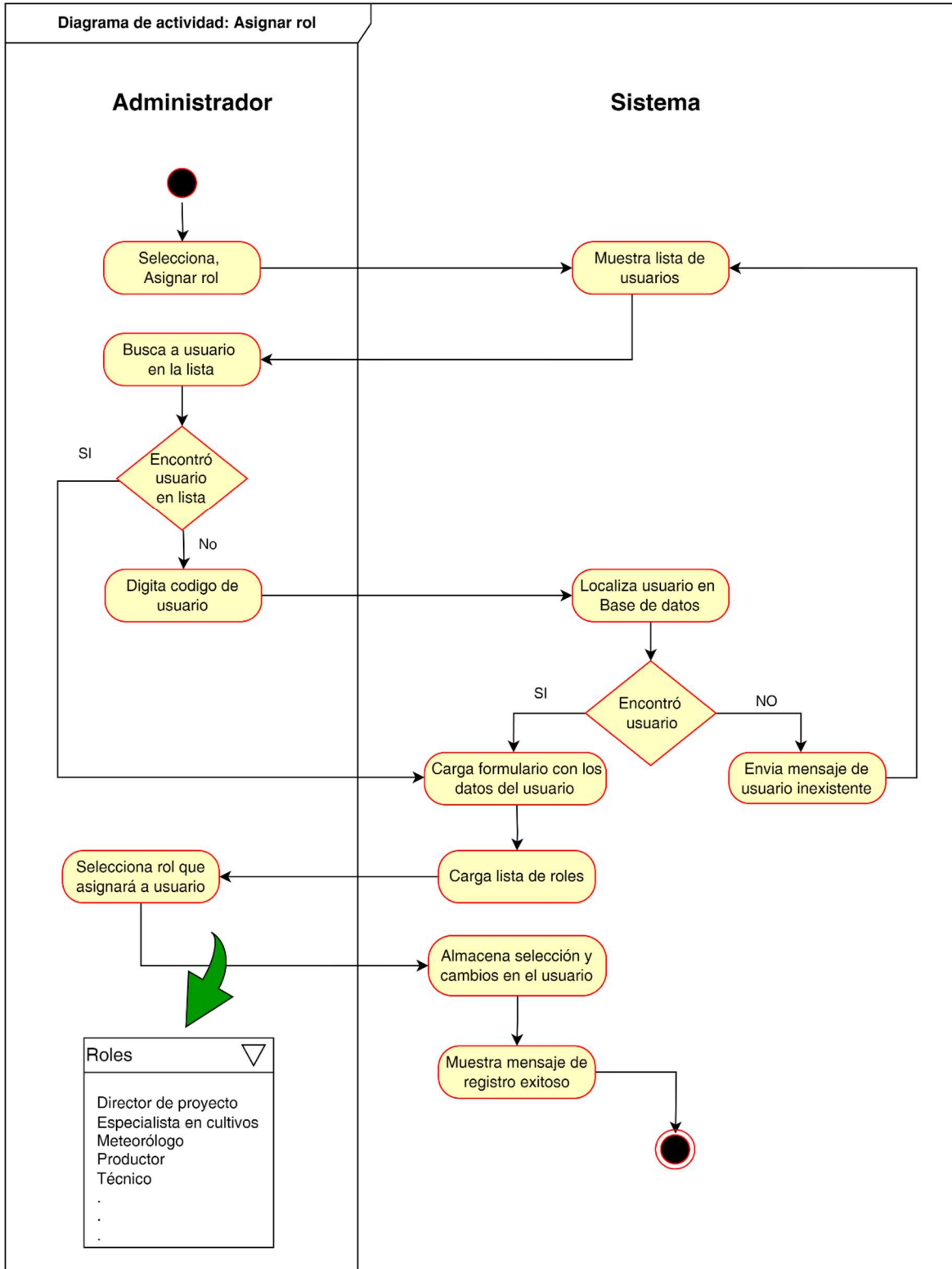


Figura 9. Diagrama de Actividad: Asignar Rol

Código	CU-004	Nombre	Modificar Rol
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Cambiar el rol a un usuario específico del sistema		
Descripción	El administrador SAT ingresa al sistema y a partir de una lista de usuarios registrados puede modificar un rol asignado previamente.		
Precondiciones	El usuario debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Rol de usuario modificado		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción “Gestionar acceso” del menú principal y luego Gestionar roles 3. El administrador SAT selecciona la opción “Modificar Rol” 4. El sistema muestra listado de usuarios 5. El administrador selecciona de la lista al usuario al que desea asignarle un rol. 6. El sistema carga usuario y rol asignado 7. Administrador deshace selección previa (deselecciona) 8. El administrador selecciona nuevo rol que asignará a usuario 9. El Sistema guarda selección. 10. El sistema muestra un mensaje que su registro fue exitoso 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, (4.a) Usuario no tiene un rol asignado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ir al paso 6 del flujo básico 		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 19. Descripción del caso de uso Modificar Rol

Diagrama de actividad: Modificar rol

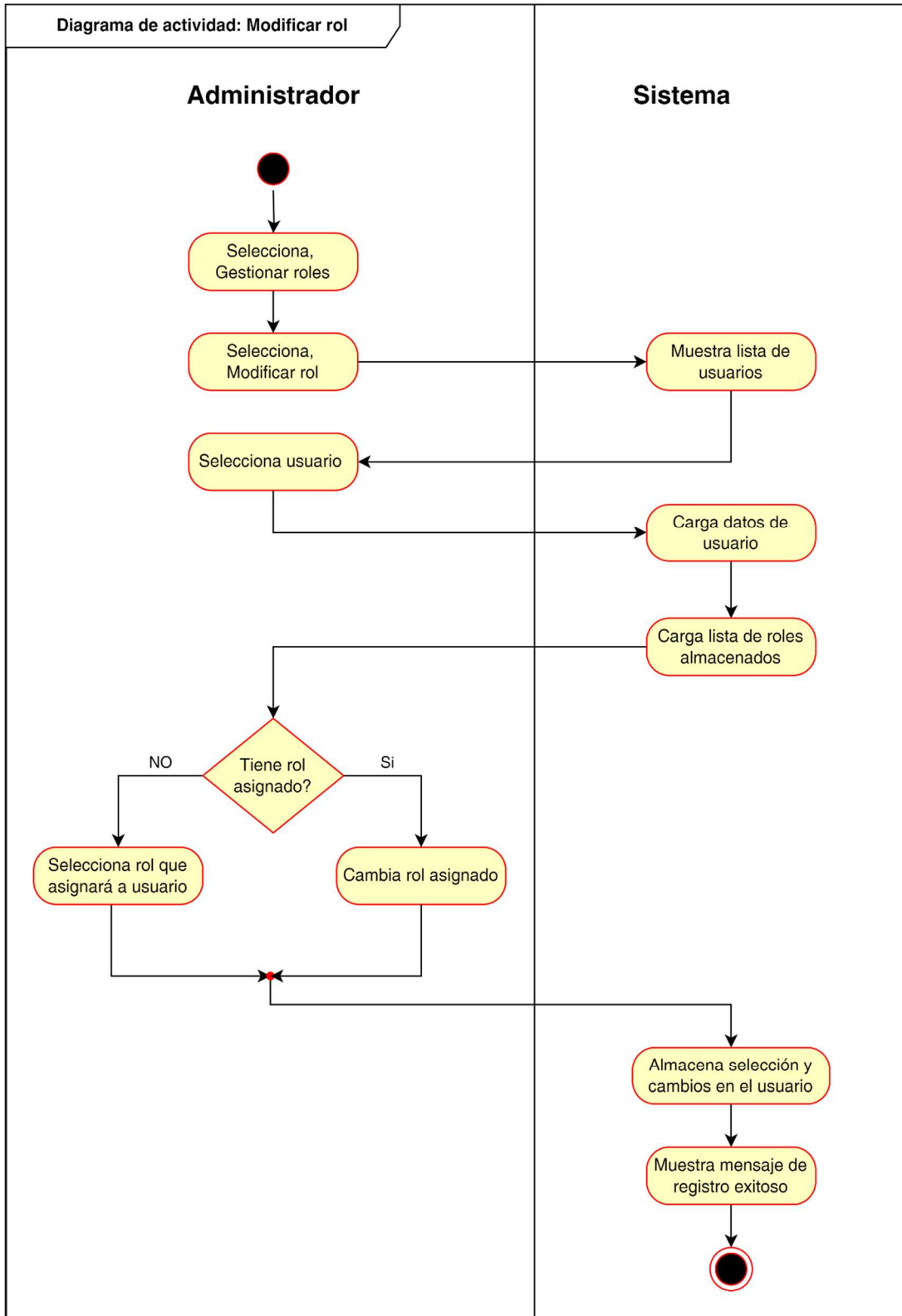


Figura 10. Diagrama de Actividad: Modificar Rol

Código	CU-005	Nombre	Consultar Rol
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Consultar un rol a un usuario específico del sistema		
Descripción	El administrador SAT ingresa al sistema y a partir de una lista de usuarios puede consultar el rol que éste tiene asignado.		
Precondiciones	El administrador debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal y luego Gestionar roles 3. El administrador SAT selecciona la opción "Consultar Rol" 4. El sistema muestra listado de usuarios 5. El administrador busca usuario a consultar a partir de una lista de usuarios 6. El administrador selecciona de la lista de usuarios o ingresa código de usuario a consultar 7. El sistema carga usuario y rol asignado 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, (4.a) <i>El usuario ingresa una un código de usuario no registrado</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía notificación de fracaso en la búsqueda 2. Regresar al paso 4 del flujo básico 		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 20. Descripción del caso de uso Consultar Rol

Diagrama de actividad: Consultar rol

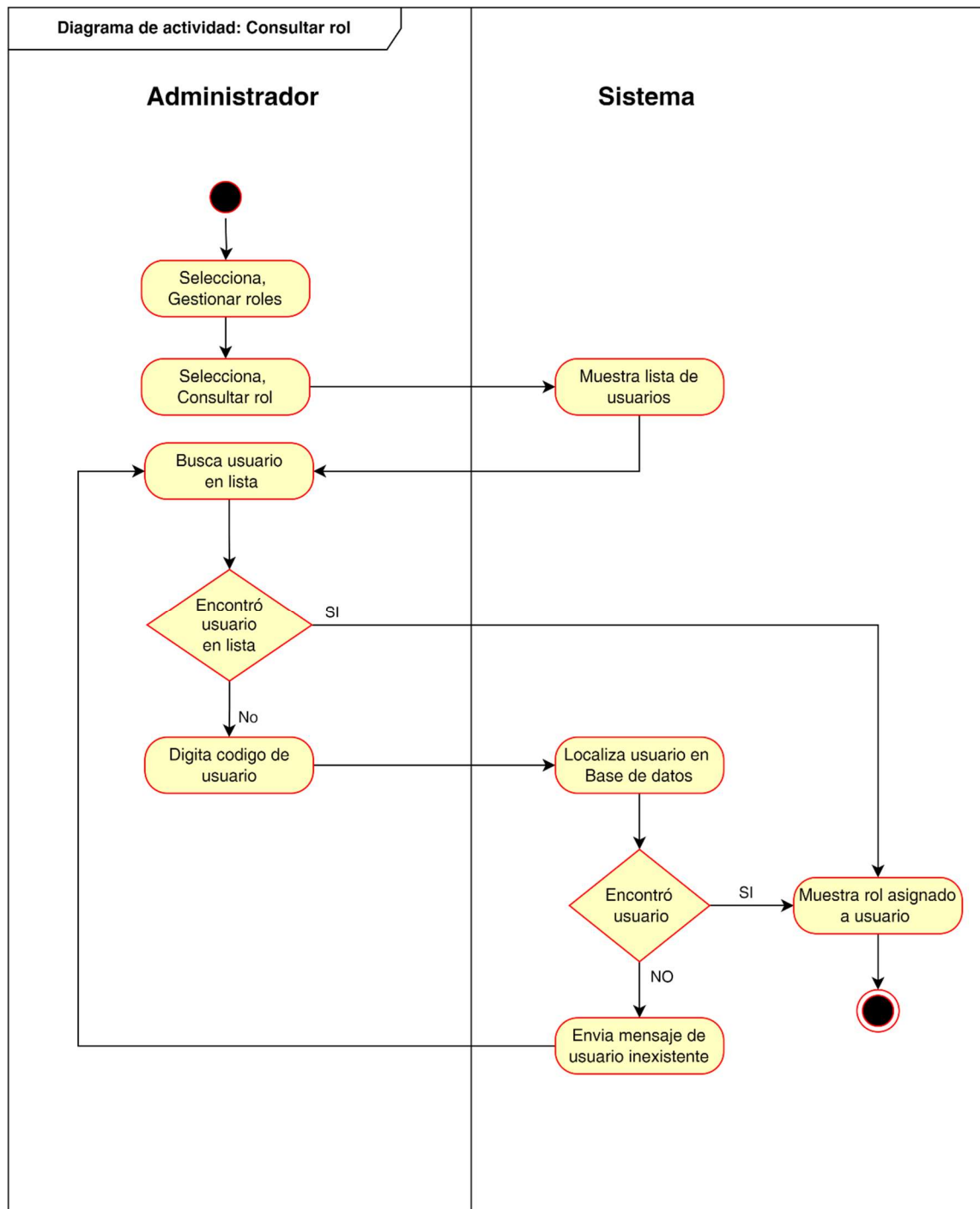


Figura 11. Diagrama de Actividad: Consultar Rol

Código	CU-010	Nombre	Asignar permisos
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Asignar los permisos en función de los roles específicos identificados para el sistema.		
Descripción	El administrador SAT podrá asignar los permisos según el nivel de interacción que demande los roles establecidos en la operativización del sistema.		
Precondiciones	La lista de roles debe haber sido creada e ingresada al sistema.		
Postcondiciones	Permisos asignados.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción “Gestionar acceso” del menú principal 3. El administrador selecciona la opción “Gestión de permisos” del menú. 4. El administrador selecciona la opción “Asignar permisos” 5. El sistema carga la lista de roles del sistema 6. El administrador busca rol en la lista para asignar permisos 7. El sistema carga y muestra las opciones de asignación de permisos 8. El administrador elige las opciones que asignará a cada rol específico. 9. El sistema registra la asignación de permisos y notifica al administrador el registro con éxito. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que el rol tenga permisos asignados, el administrador puede marcar para agregar permisos o en su defecto desmarcar casillas para eliminar permisos. (la acción se realiza dando clic en la casilla del formulario del sistema cargado en pantalla)</p> <p>En caso de que, el administrador no encuentre el rol (6 a).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso termina. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios de administrador del sistema		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 21. Descripción del caso de uso Asignar Permisos

Diagrama de actividad: Asignar permisos

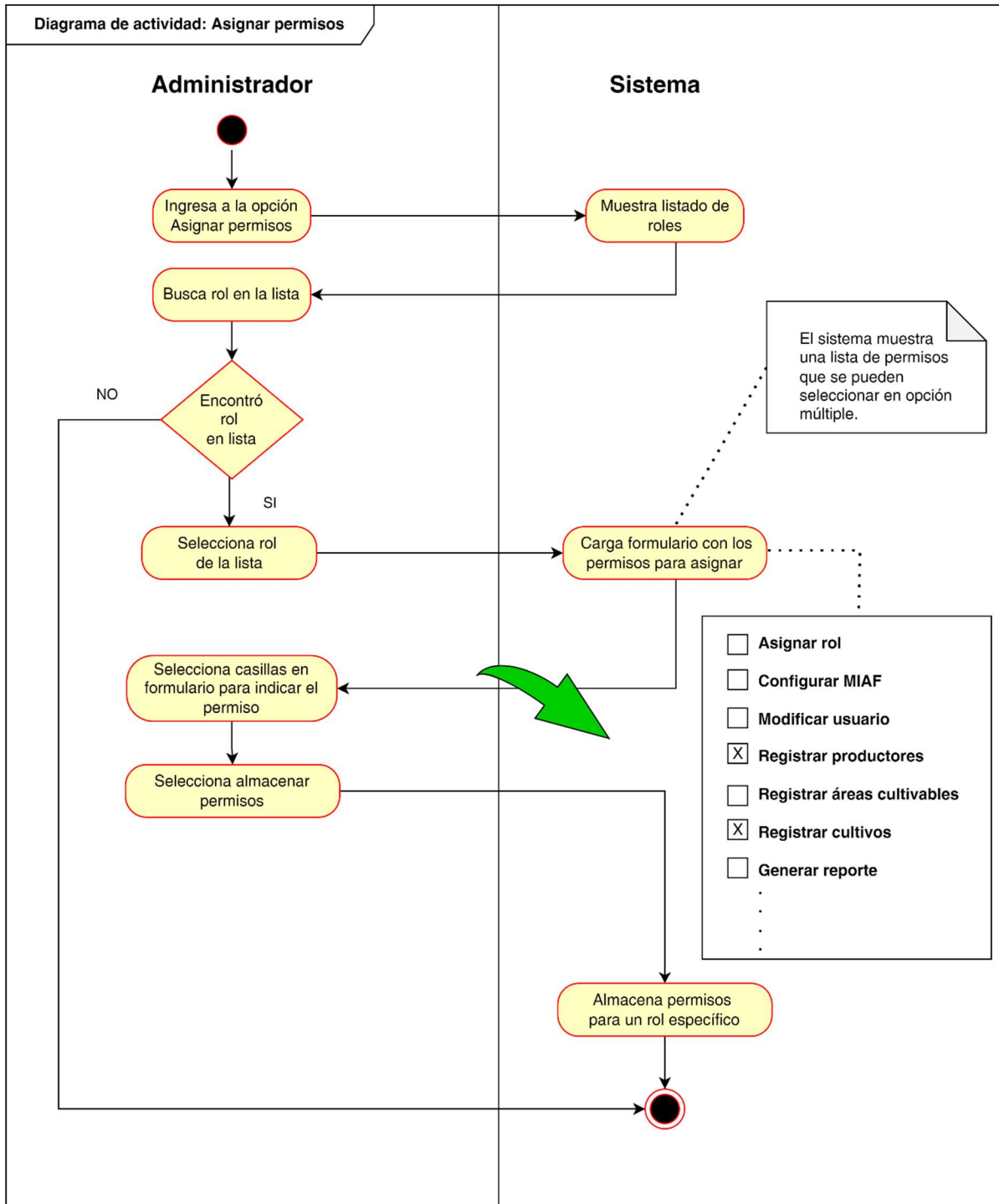


Figura 12. Diagrama de Actividad: Asignar Permisos

Código	CU-006	Nombre	Gestionar usuarios
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Gestionar al conjunto de usuarios que se registraran en el sistema		
Descripción	El administrador SAT podrá Crear, Modificar y Consultar a los diferentes usuarios del sistema.		
Precondiciones	El administrador debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal 3. El administrador selecciona la opción "Gestión de Usuarios" del menú. 4. El sistema muestra el listado las siguientes opciones: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Crear Usuario. 4.2. Actualizar Usuario. 4.3. Consultar Usuario. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	Crear Usuario, Actualizar Usuario, Consultar Usuario		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 22. Descripción del caso de uso Asignar Usuarios

Diagrama de actividad: Gestionar usuarios

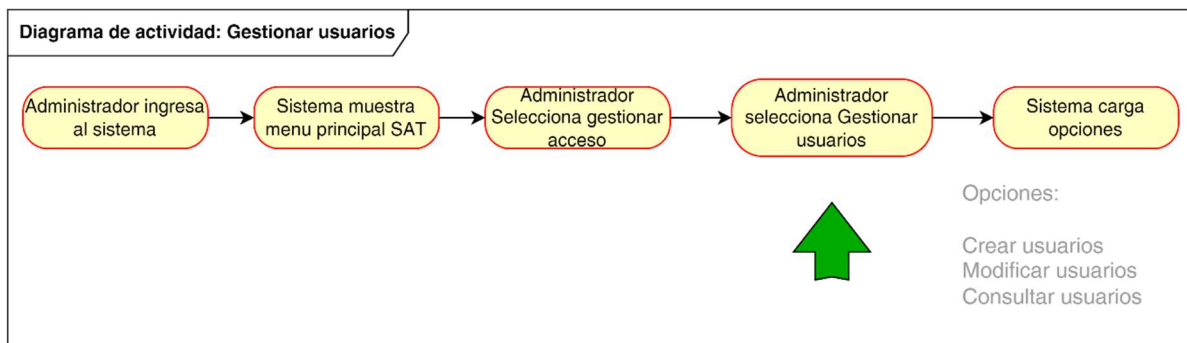


Figura 13. Diagrama de Actividad: Gestionar Usuarios

Código	CU-007	Nombre	Crear usuario
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Registrar usuarios para operativizar el sistema		
Descripción	El administrador podrá registrar los datos generales de cada usuario que operará el sistema.		
Precondiciones	El administrador deberá de haberse autenticado en el sistema y tener los permisos para la gestión de usuarios.		
Postcondiciones	Usuario creado		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal 3. El administrador selecciona la opción "Gestión de Usuarios" del menú. 4. El administrador accede a la opción crear usuario. 5. El sistema carga el formulario para el registro de nuevos usuarios 6. El administrador digita los datos y campos obligatorios solicitados. 7. El sistema valida los datos 8. Genera código de usuario automáticamente 9. Almacena datos ingresados 10. Envía un mensaje de datos almacenados correctamente. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, los datos ingresados no son válidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 7.a El sistema envía mensaje de datos no válidos. 1. Regresa al paso 6 del flujo básico. 		
Requisitos especiales	El administrador debe de haber sido autorizado por el director de proyecto para gestionar la seguridad del sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 23. Descripción del caso de uso Crear Usuario

Diagrama de actividad: Crear usuario

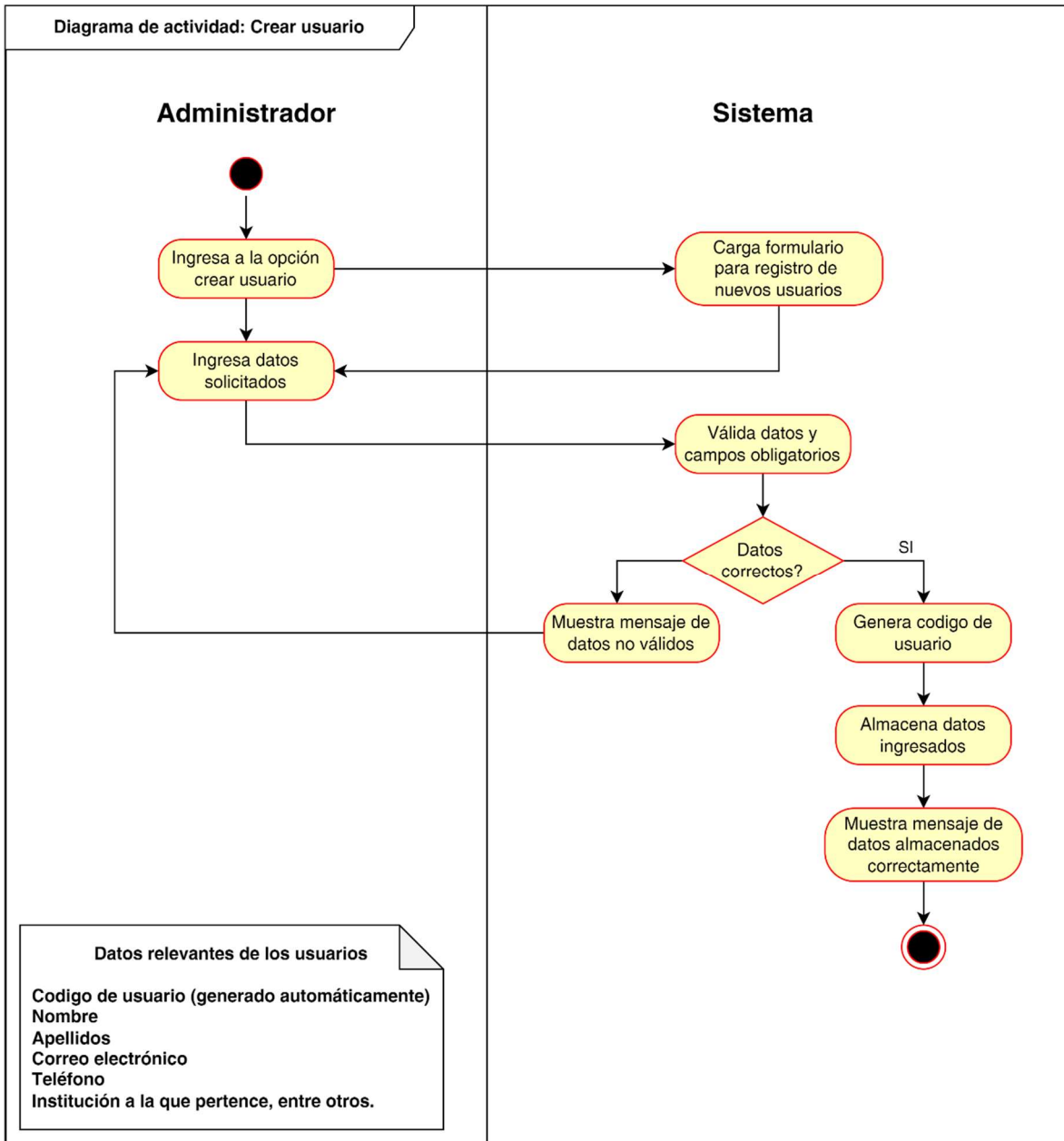


Figura 14. Diagrama de Actividad: Crear Usuario

Código	CU-008	Nombre	Modificar usuario
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Modificar los datos generales de usuarios del sistema		
Descripción	El administrador podrá modificar los datos generales de cualquier usuario del sistema.		
Precondiciones	1. El administrador deberá de haberse autenticado en el sistema y tener los permisos para la gestión de usuarios.		
Postcondiciones	Datos generales de usuario fueron modificados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal 3. El administrador selecciona la opción "Gestión de Usuarios" del menú. 4. El administrador accede a la opción modificar usuario. 5. El sistema muestra lista de usuarios almacenados 6. El administrador selecciona usuario de la lista o en su defecto digita código de usuario 7. El sistema carga los datos generales del usuario a modificar. 8. El administrador actualiza los datos del usuario. 9. El sistema valida los datos 10. El sistema almacena datos modificados del usuario, 11. Sistema envía mensaje de actualización exitosa. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si el usuario no existe o no se encuentra en la base datos del SAT.</p> <p>6 a. El sistema envía mensaje de usuario inexistente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema, envía al paso 5 del flujo básico. <p>En caso de que, los datos ingresados no son válidos</p> <p>9.a El sistema envía mensaje de datos no válidos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Regresa a paso 8 del flujo básico. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios de administrador del sistema		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 24. Descripción del caso de uso Modificar Usuario

Diagrama de actividad: Modificar usuario

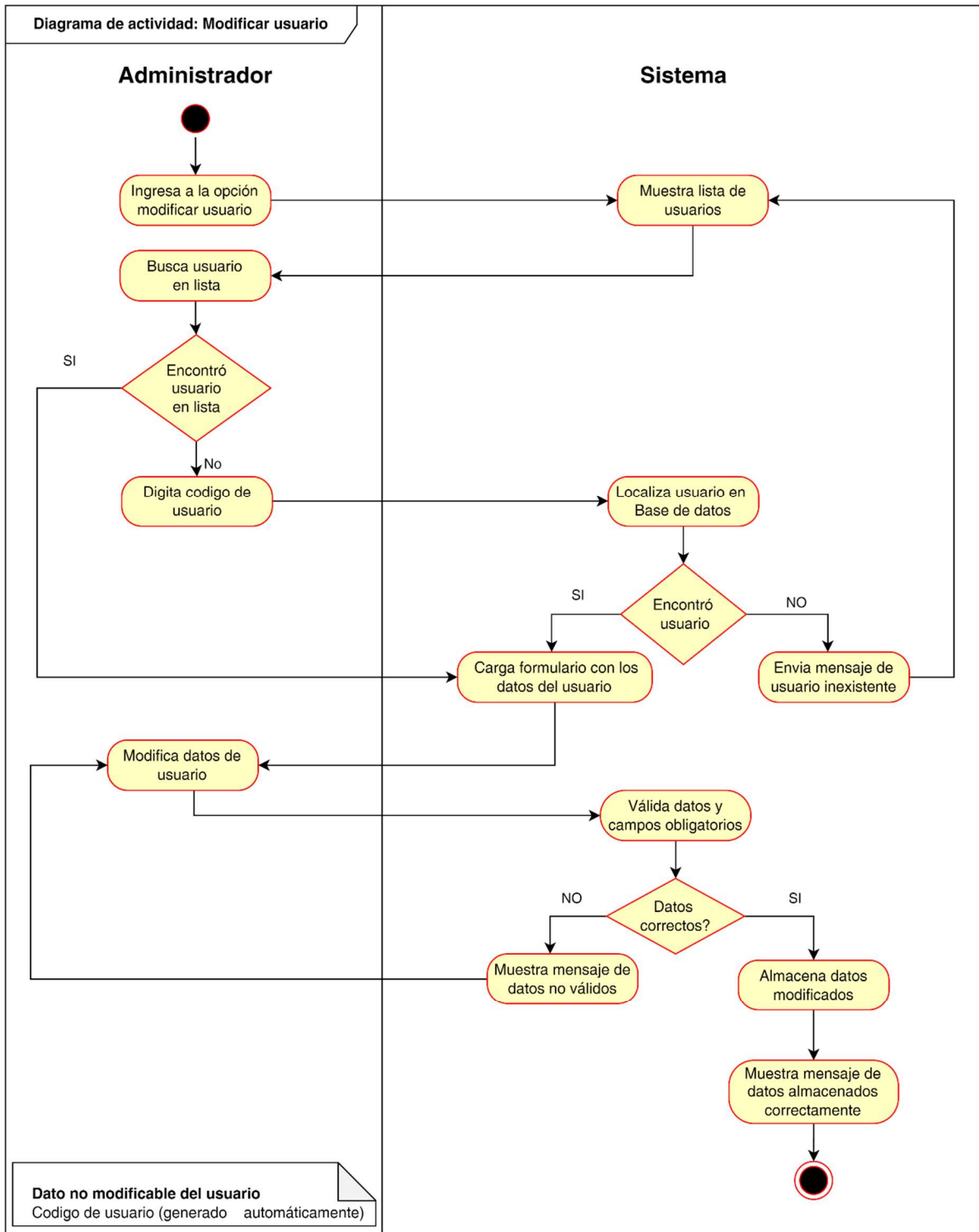


Figura 15. Diagrama de Actividad: Modificar Usuario

Código	CU-009	Nombre	Consultar usuario
Actores	Administrador SAT		
Propósito	Consultar los datos generales de usuarios del sistema		
Descripción	El administrador podrá consultar los datos generales de cualquier usuario del sistema.		
Precondiciones	El administrador deberá de haberse autenticado en el sistema y tener los permisos para la gestión de usuarios.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador entra a la pantalla de inicio del sistema 2. El administrador SAT selecciona la opción "Gestionar acceso" del menú principal 3. El administrador selecciona la opción "Gestión de Usuarios" del menú. 4. El sistema muestra las opciones a escoger. 5. El administrador elige la opción de Consultar Usuario. 6. El sistema muestra lista de usuarios almacenados 7. El administrador selecciona usuario de la lista o en su defecto digita código de usuario 8. El sistema carga los datos generales del usuario a consultar 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si el usuario no existe o no se encuentra en la base datos del SAT.</p> <p>(6 a.) El sistema envía mensaje de usuario inexistente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema carga lista de usuarios almacenados 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios de administrador del sistema		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 25. Descripción del caso de uso Consultar Usuario

Diagrama de actividad: Consultar usuario

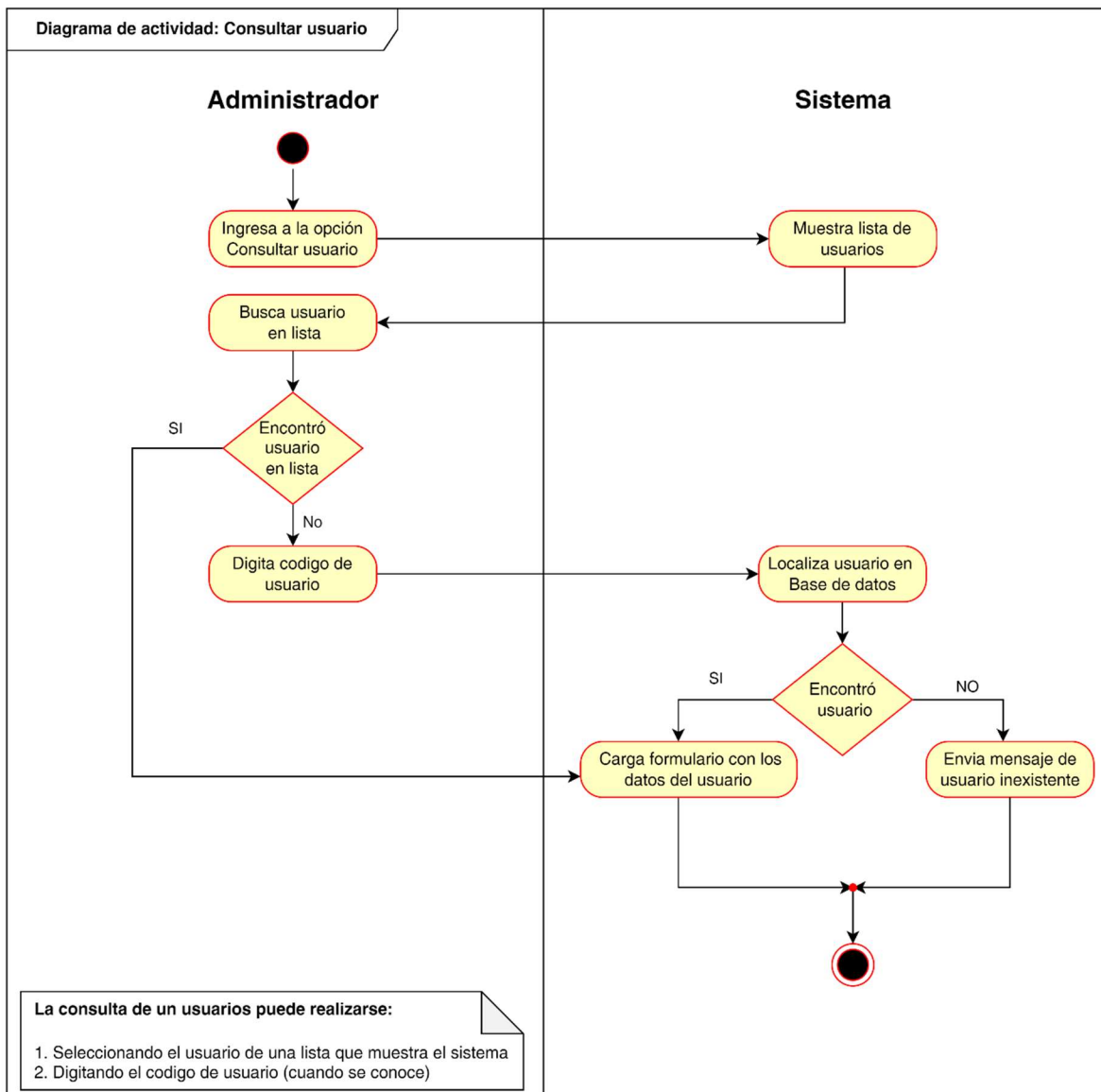


Figura 16. Diagrama de Actividad: Consultar Usuario

Gestionar Productor

Caso de uso: Gestionar productores

Este caso de uso es gestionado por el personal técnico del proyecto de fortalecimiento

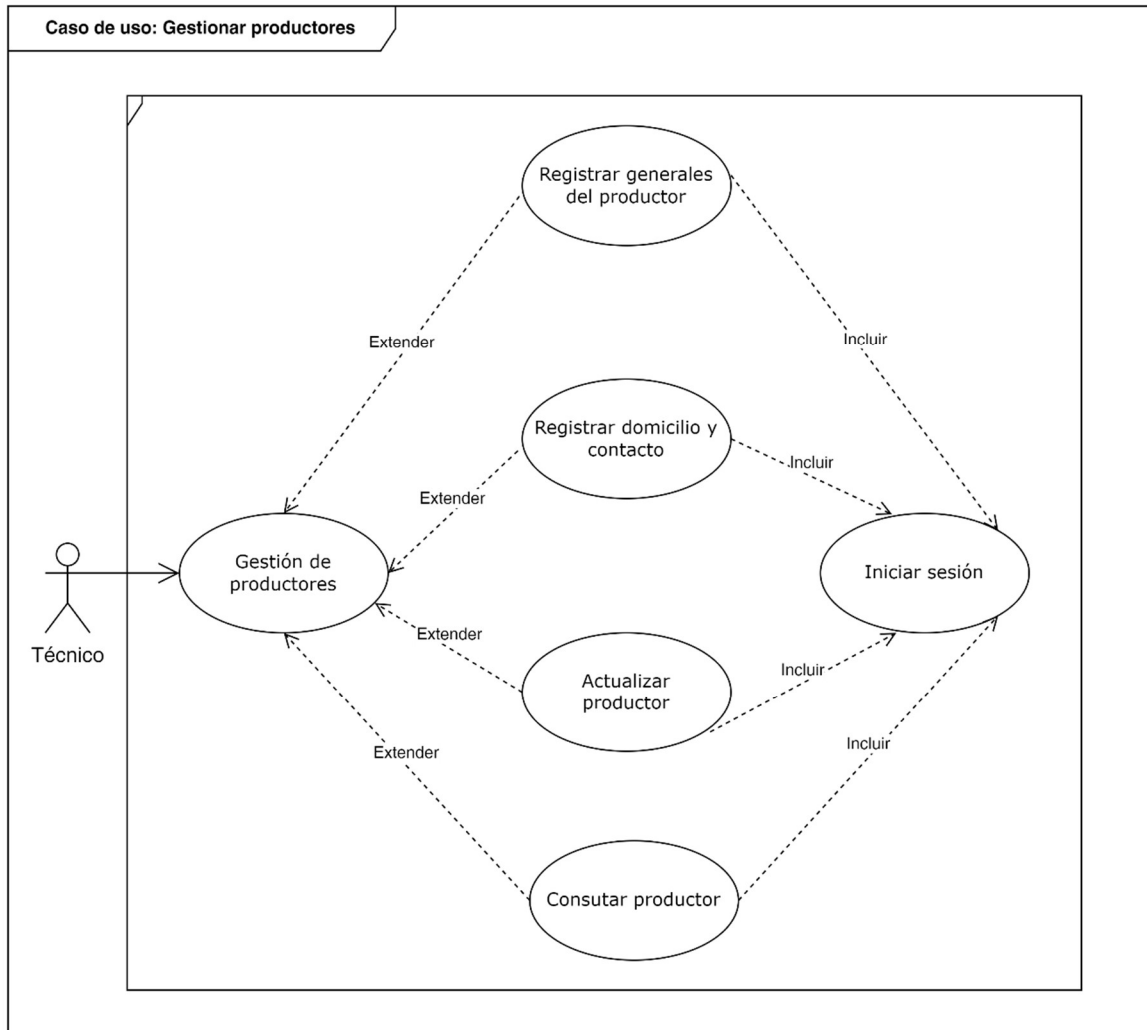


Figura 17. Caso de Uso: Gestionar Productor

Código	CU-011	Nombre	Gestionar productor
Actores	Técnico		
Propósito	Gestionar el registro de datos personales de los productores que participaran en el proyecto implementando MIAF.		
Descripción	El técnico encargado del registro de productores podrá gestionar los datos generales, datos de contacto, así como la modificación y consulta de los mismos en el sistema.		
Precondiciones	El técnico debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Datos del productor debidamente registrados o consultados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El técnico selecciona la opción "Gestionar productor" del menú principal del sistema. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar generales del productor, 2. Registrar domicilio y contacto, 3. Actualizar productor, 4. Consultar productor 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de generales del productor.		
Extender	Registrar generales del productor, Registrar ubicación y contacto, Actualizar productor, y Consultar productor.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 26. Descripción del caso de uso Gestionar Productor

Diagrama de actividad: Gestionar productor

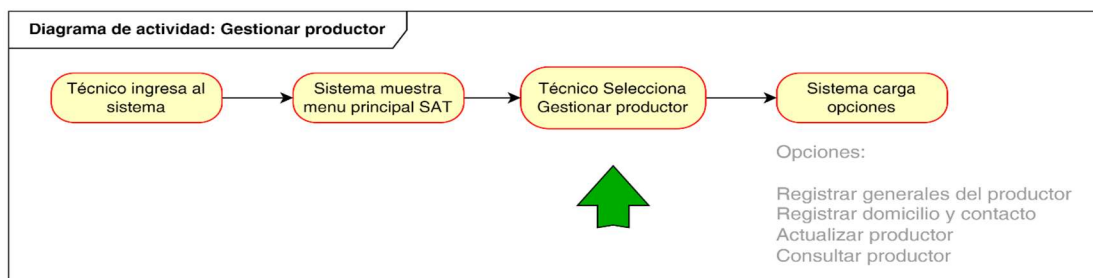


Figura 18. Diagrama de Actividad: Gestionar Productor

Código	CU-012	Nombre	Registrar generales del productor
Actores	Técnico		
Propósito	Registrar los datos generales de un productor que implementará MIAF.		
Descripción	El técnico encargado del registro de productores podrá ingresar datos específicos del productor, tales como <i>fecha de registro, nombre, fotografía de rostro, fecha de nacimiento, años de experiencia</i> , entre otros.		
Precondiciones	El técnico debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Datos del productor debidamente registrados.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar productor” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar generales del productor”. 3. El sistema carga formulario para el ingreso de generales del productor. 4. El técnico ingresa los datos generales del productor 5. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 6. El sistema almacena los datos del productor 7. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, (5a.) El sistema detecta datos no válidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de generales del productor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 27. Descripción del caso de uso Registrar Generales del Productor

Diagrama de actividad: Registrar generales del productor

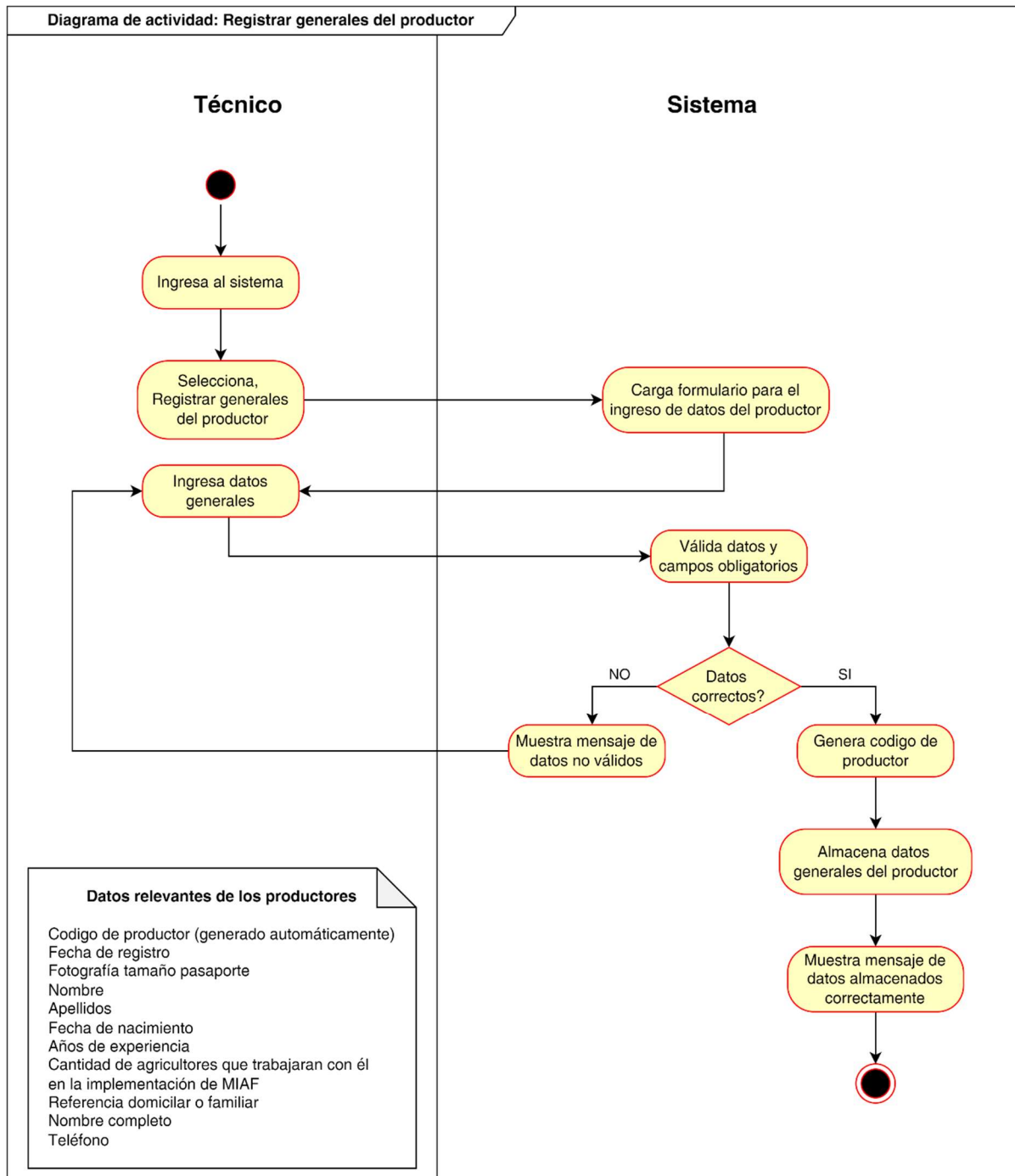


Figura 19. Diagrama de Actividad: Registrar Generales de Productor

Código	CU-013	Nombre	Registrar domicilio y contacto
Actores	Técnico		
Propósito	Registrar la ubicación y contacto de un productor que implementará MIAF.		
Descripción	El técnico encargado del registro de productores podrá ingresar <i>datos del domicilio del productor, números de teléfono y dirección de correo electrónico</i> , entre otros.		
Precondiciones	Los datos generales del productor deben haber sido ingresados con anterioridad (debe existir un registro de productor)		
Postcondiciones	Datos de la ubicación y contacto del productor debidamente registrados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar productor” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar domicilio y contacto”. 3. El sistema carga lista de productores 4. El técnico selecciona a productor de la lista o en su defecto ingresa código de productor 5. El sistema localiza registro de productor 6. El sistema carga formulario para el ingreso del domicilio y contacto del productor. 7. El técnico ingresa los datos solicitados y procede a almacenarlos. 8. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 9. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, (5a.) El sistema no encuentra el registro del productor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Envía mensaje, “productor no está registrado” 2. Envía al paso 3 del flujo básico <p>En caso de que, (8a.) El sistema detecta datos no válidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 7 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de la ubicación y contacto productor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 28. Descripción del caso de uso Registrar domicilio y contacto

Diagrama de actividad: Registrar ubicación y contacto

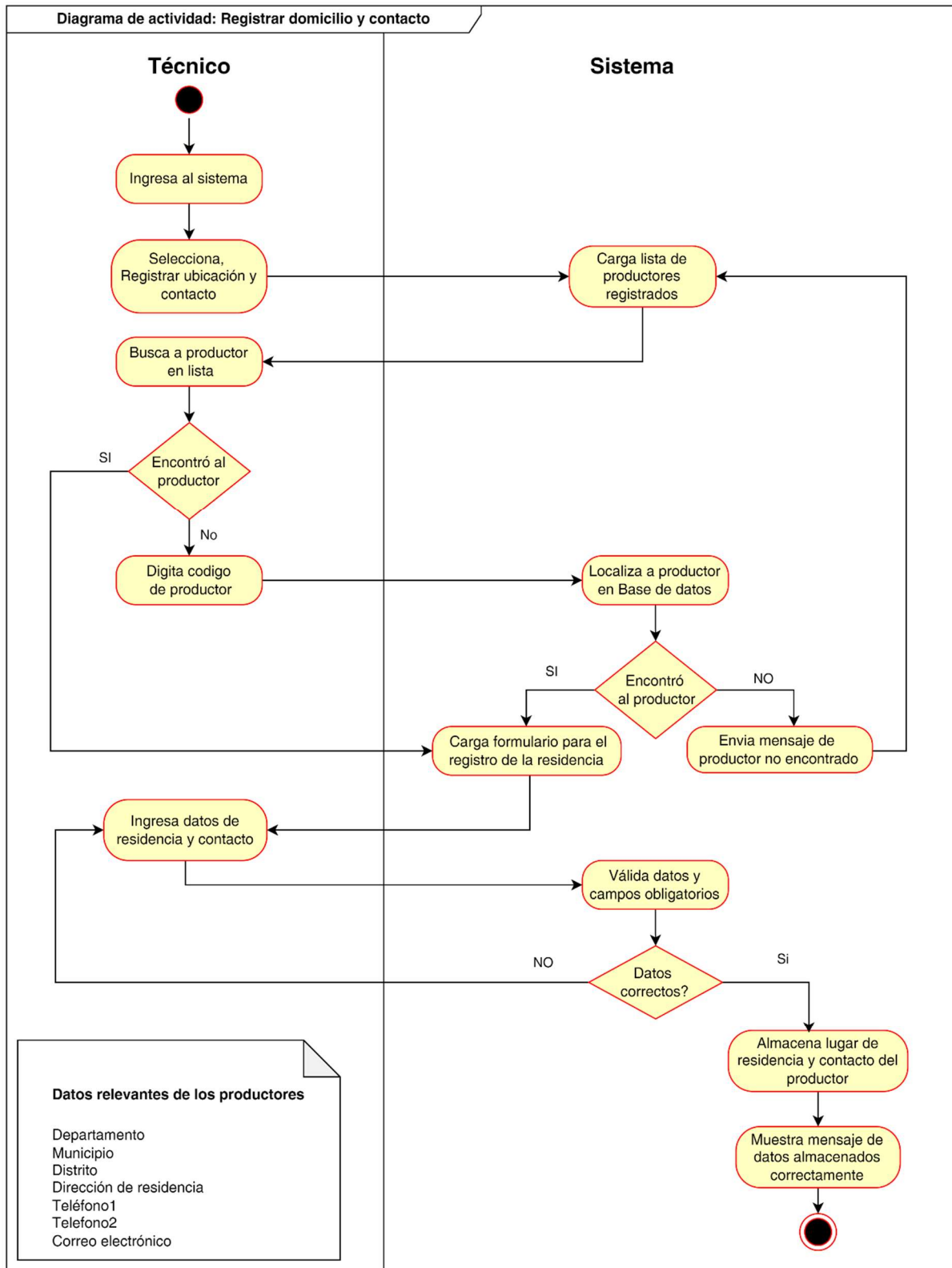


Figura 20. Diagrama de Actividad: Registrar domicilio y contacto

Código	CU-014	Nombre	Actualizar productor
Actores	Técnico		
Propósito	Actualiza los datos generales y de contacto del productor.		
Descripción	El técnico encargado del registro de productores podrá modificar los datos generales y de ubicación del productor.		
Precondiciones	El técnico debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Datos del productor actualizados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar productor” del menú principal del sistema, luego selecciona “Actualizar productor”. 3. El sistema carga formulario de modificación de datos y muestra datos almacenados previamente, separados en dos secciones, la primera de datos generales del productor y la segunda con datos de ubicación y contacto. 4. El técnico ingresa los nuevos datos según el caso y procede a almacenarlos. 5. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 6. El sistema muestra mensaje de operación de actualización realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, (5 a.) El sistema detecta datos no válidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para modificación de datos del productor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 29. Descripción del caso de uso Actualizar Productor

Diagrama de actividad: Actualizar productor

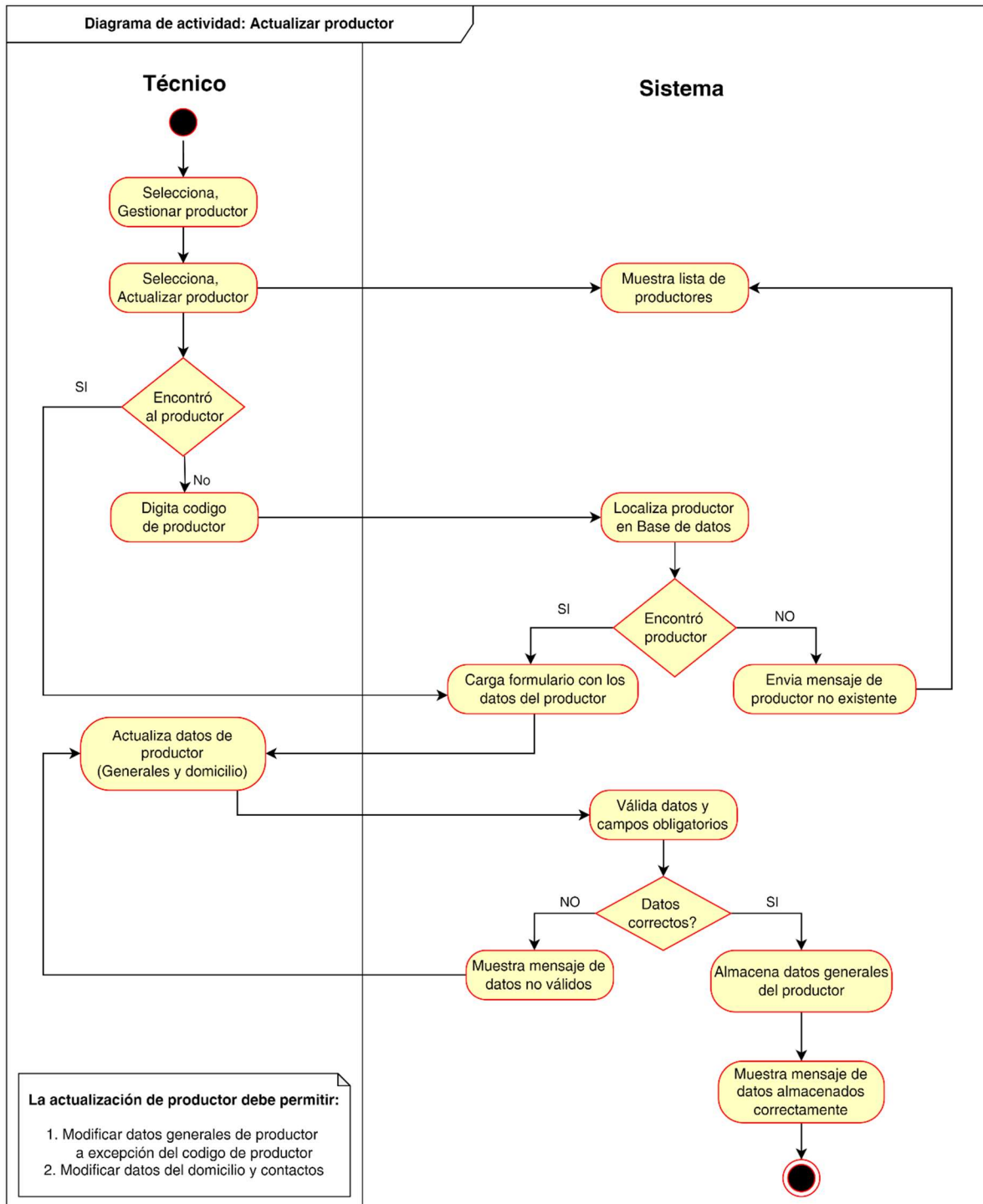


Figura 21. Diagrama de Actividad: Actualizar Productor

Código	CU-015	Nombre	Consultar productor
Actores	Técnico.		
Propósito	Consultar los datos generales y de contacto del productor.		
Descripción	Los interesados en datos de productores podrán consultar datos específicos de estos, incluyendo datos generales y de contacto.		
Precondiciones	El técnico debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario interesado entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El interesado selecciona la opción “Gestionar productor” del menú principal del sistema, luego selecciona “Consultar productor”. 3. El sistema carga lista general de productores registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código del productor para acceder rápidamente. 4. El sistema localiza datos de productor 5. El sistema carga formulario con los datos del productor especificado. 6. El técnico tiene la opción de enviar datos a archivo digital. 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el código de productor digitado por el usuario no esté registrado: (3a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para consultar datos del productor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 30. Descripción del caso de uso Consultar Productor

Diagrama de actividad: Consultar productor

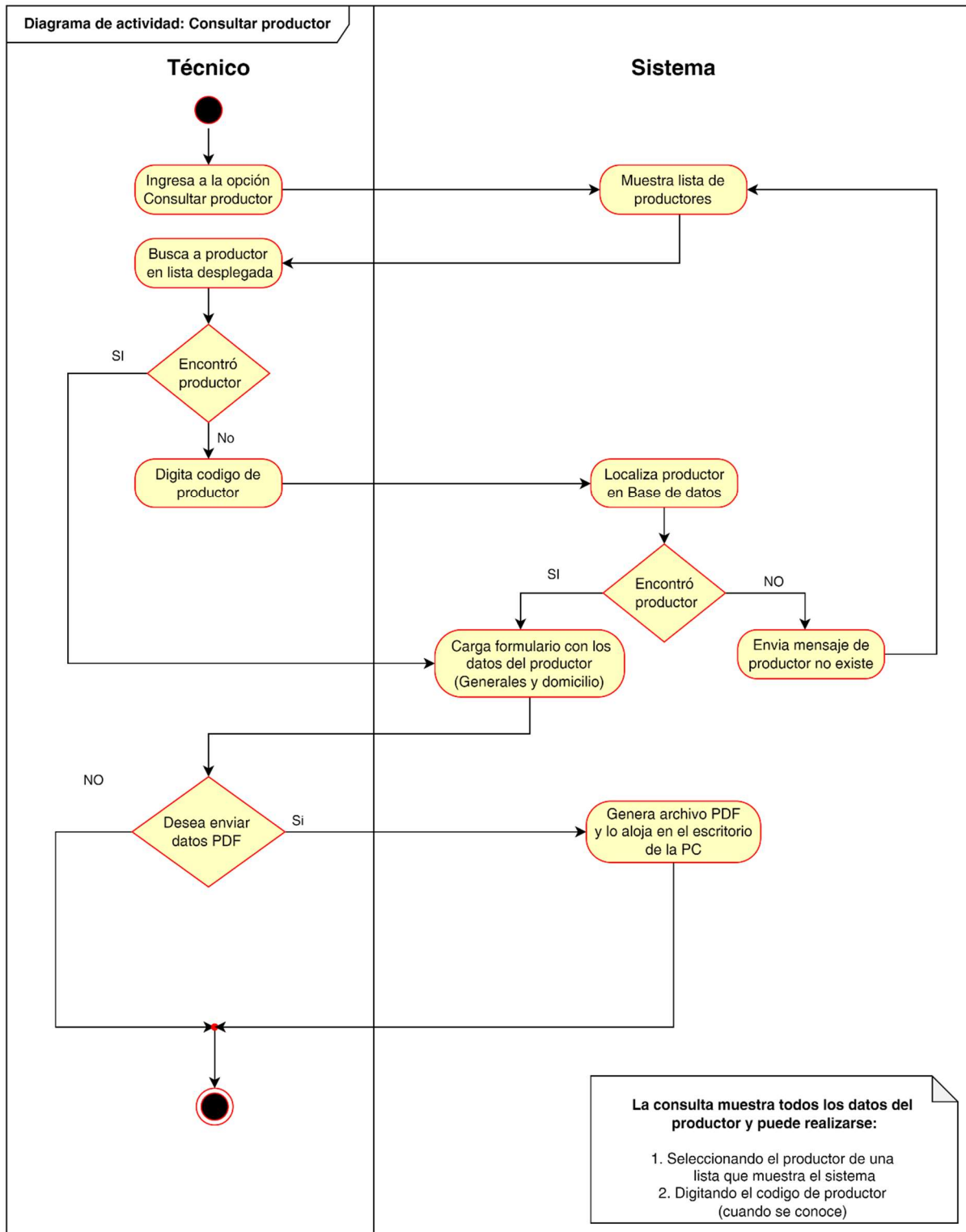


Figura 22. Diagrama de Actividad: Consultar Productor

Gestionar Área Cultivable

Caso de uso: Gestionar área cultivable

Este caso de uso es gestionado por el personal técnico del proyecto

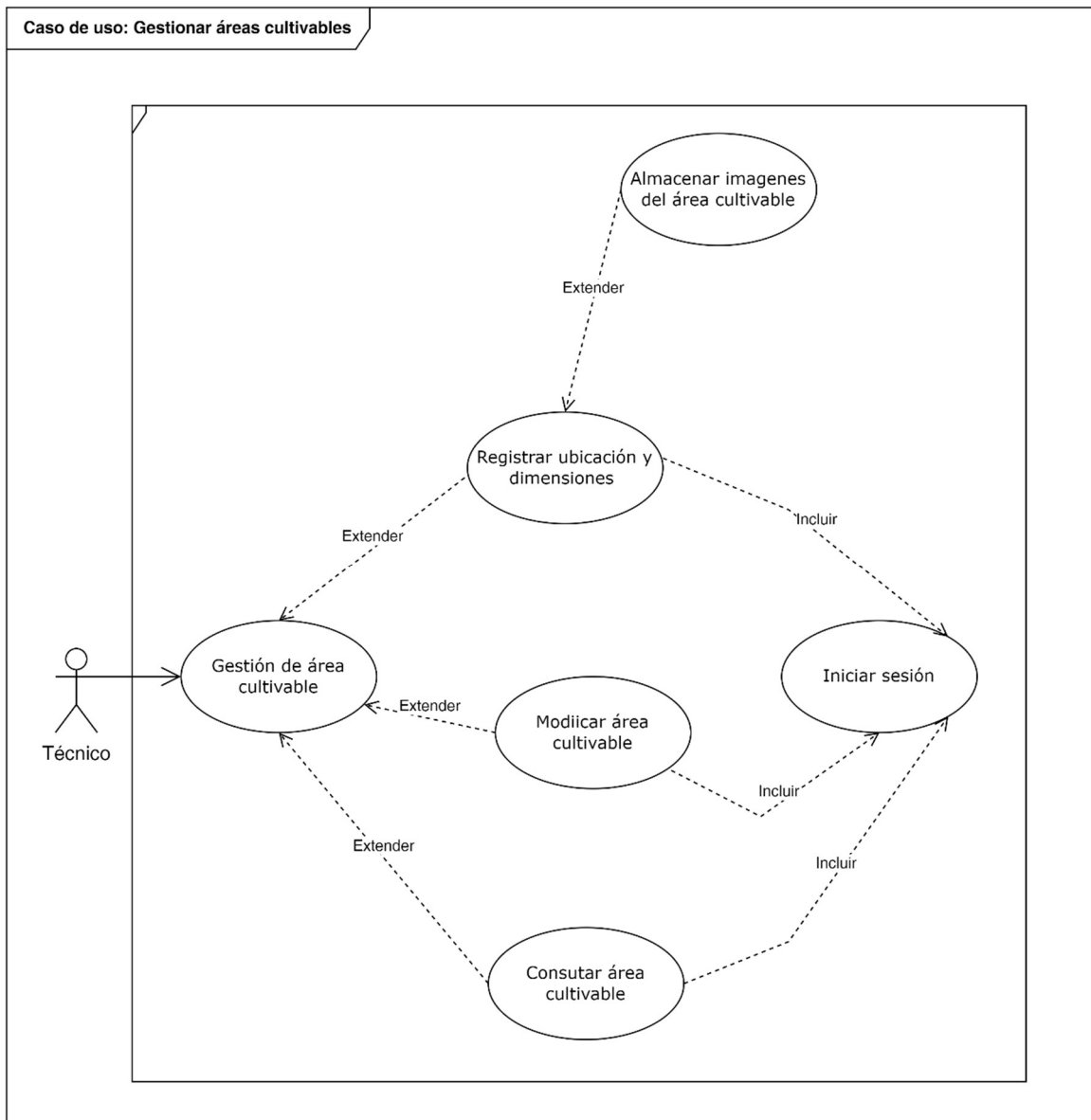


Figura 23. Caso de Uso: Gestionar Área Cultivable

Código	CU-016	Nombre	Gestionar área cultivable
Actores	Técnico		
Propósito	Gestionar el registro de áreas cultivables en las cuales los productores han decidido implementar MIAF.		
Descripción	El técnico encargado del registro de áreas cultivables podrá gestionar el registro de la ubicación física, dimensiones, imágenes, propietarios, así como la modificación y consulta en el sistema.		
Precondiciones	El técnico debe estar registrado en el sistema con un nombre de usuario y clave para ingresar.		
Postcondiciones	Datos áreas o terrenos debidamente registrados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El técnico selecciona la opción "Gestionar área cultivable" del menú principal del sistema. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar ubicación y dimensiones, 2. Modificar área cultivable, 3. Consular área cultivable 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de áreas.		
Extender	Registrar ubicación y dimensiones, Registrar propietarios, Modificar área cultivable, y Consular área cultivable		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 31. Descripción del caso de uso Gestionar Área Cultivable

Diagrama de actividad: Gestionar áreas cultivables

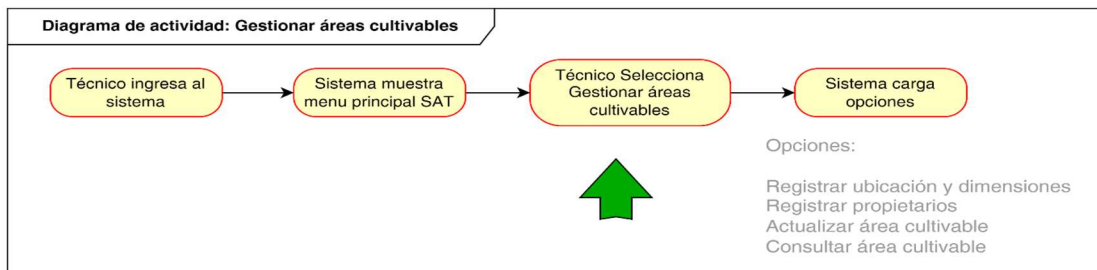


Figura 24. Diagrama de Actividad: Gestionar Área Cultivable

Código	CU-017	Nombre	Registrar ubicación y dimensiones
Actores	Técnico		
Propósito	Registrar la ubicación y dimensiones de un área cultivable.		
Descripción	El técnico encargado del registro de área podrá ingresar <i>datos de la ubicación física, geolocalización del inmueble, dimensiones, propietarios, imágenes, entre otros.</i>		
Precondiciones	Tanto el productor como la estación meteorológica que cubre en área cultivable, deben estar registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Datos de la ubicación y dimensiones del inmueble debidamente registrados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico selecciona la opción “Gestionar área cultivable” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar ubicación y dimensiones”. 2. El sistema carga formulario para el ingreso de la ubicación y dimensiones del área. 3. El técnico ingresa los datos solicitados y procede a almacenarlos. 4. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 5. El técnico asocia área cultivable a productor 6. El técnico asocia área cultivable a estación meteorológica 7. El sistema almacena los datos 8. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema detecta datos no válidos y despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de áreas cultivables.		
Extender	Almacenar imágenes del área cultivable		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 32. Descripción del caso de uso Registrar Ubicación y Dimensiones

Diagrama de actividad: Registrar ubicación y dimensiones

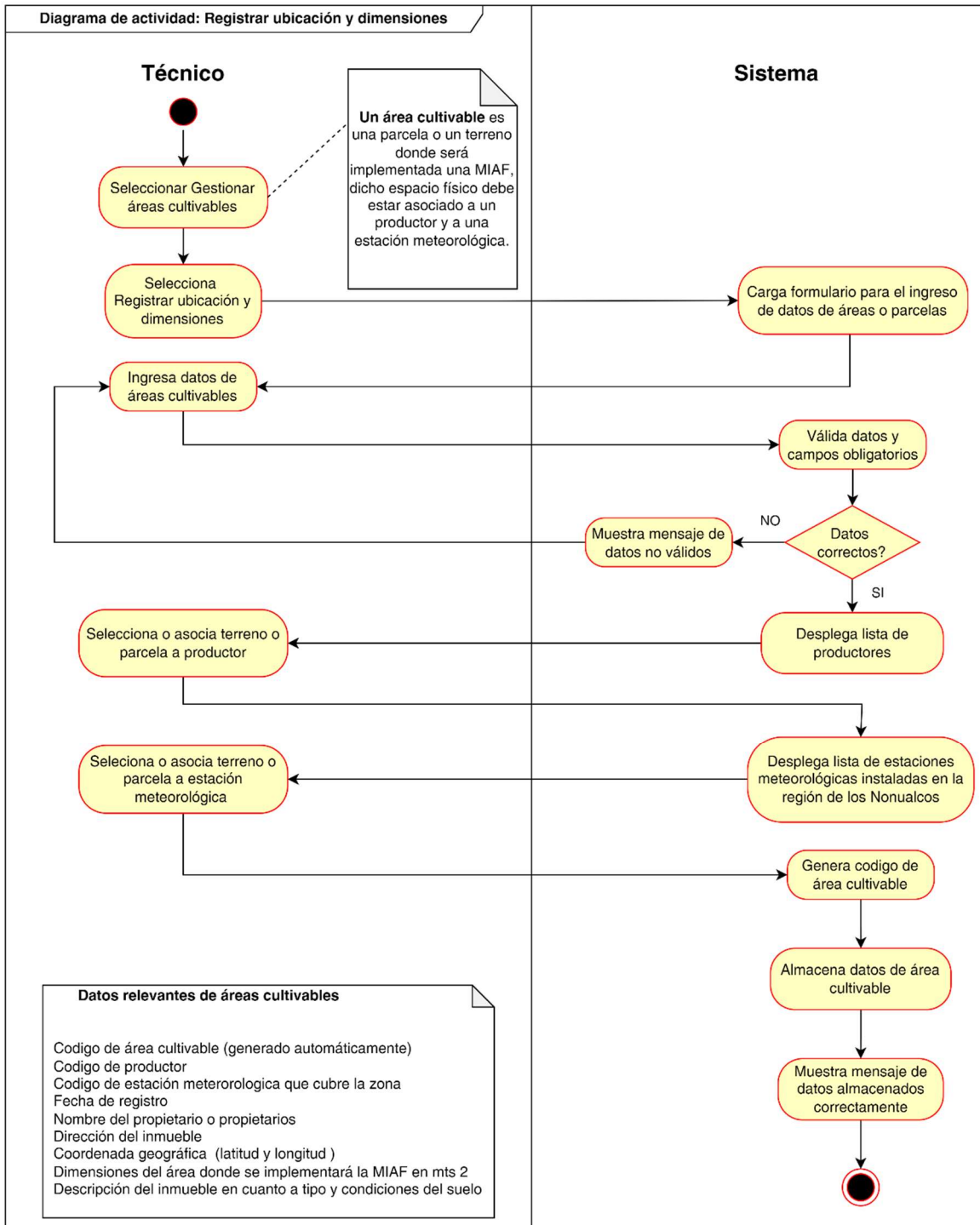


Figura 25. Diagrama de actividad: Registrar ubicación y dimensiones

Código	CU-018	Nombre	Registrar imágenes del área cultivable
Actores	Técnico		
Propósito	Registrar fotografías capturadas desde diversos ángulos del área a cultivar.		
Descripción	El técnico encargado del registro de imágenes podrá registrar un conjunto de imágenes del área cultivable.		
Precondiciones	Debe de existir un registro de áreas cultivables en el sistema		
Postcondiciones	Imágenes registradas		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar área cultivable” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar ubicación y dimensiones” y luego selecciona registro de imágenes 3. El sistema muestra lista de terrenos registrados 4. El técnico busca terreno en la lista o en su defecto digita código de terreno 5. El sistema localiza terreno 6. El sistema carga formulario para el ingreso de imágenes 7. El técnico ingresa las imágenes capturadas 8. El sistema valida los formatos de las imágenes ingresadas por el técnico. 9. El Sistema almacena imágenes 10. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que no se encuentre terreno: (5 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando que terreno no existe 2. Retorna al paso 3 del flujo básico <p>En caso de que el sistema detecta formatos de imágenes no válidos (8 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra mensaje indicando que el formato de las imágenes no es válido. 2. Retorna a paso 7 del flujo básico, para que técnico corrija formatos o ingrese nuevas imágenes. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de áreas cultivables.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 33. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes del Área Cultivable

Diagrama de actividad: Registro de imágenes área cultivable

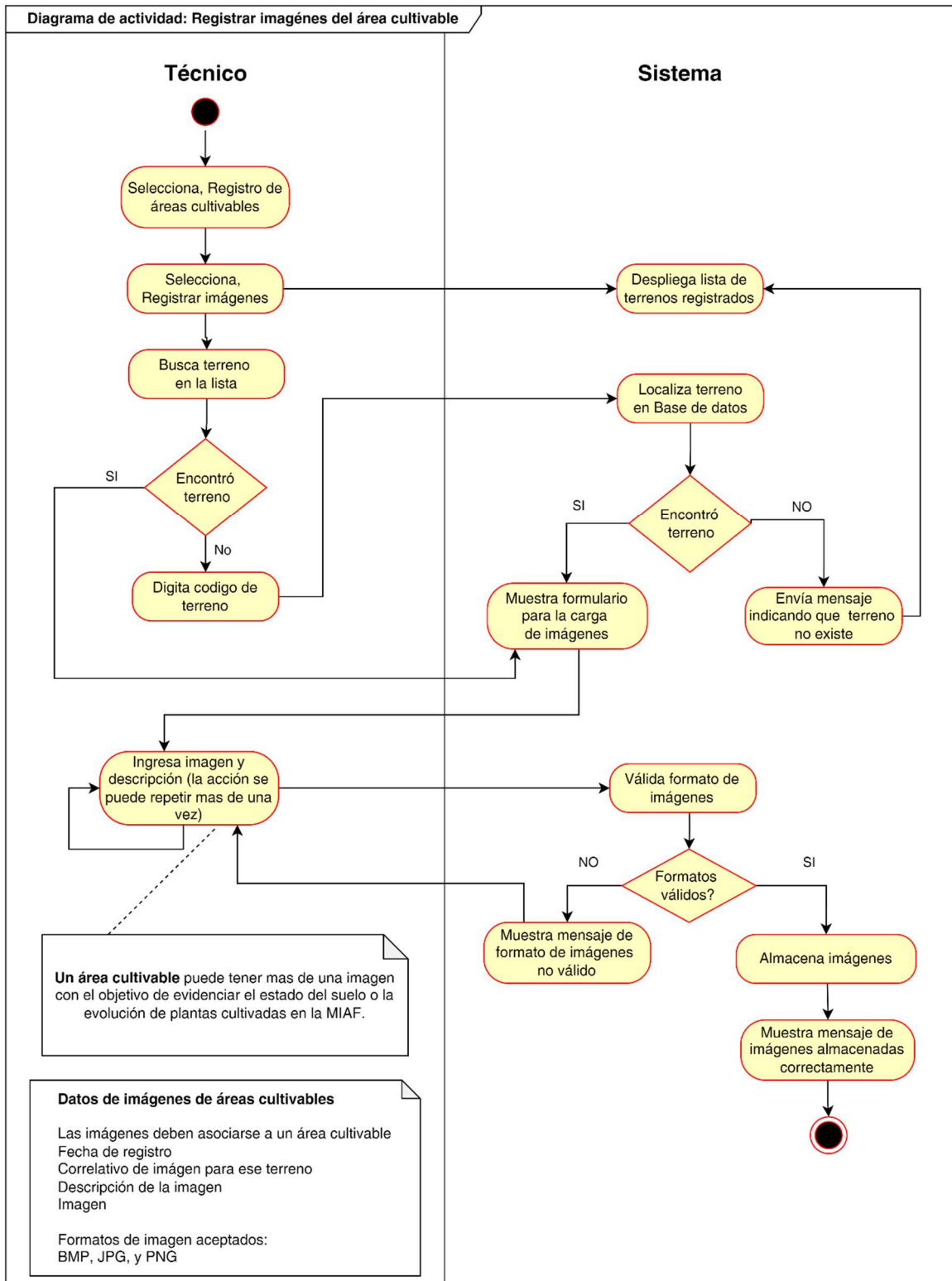


Figura 26. Diagrama de actividad: Registro de imágenes área cultivable

Código	CU-019	Nombre	Modificar área cultivable
Actores	Técnico		
Propósito	Actualizar los datos de la ubicación y dimensiones de un área cultivable.		
Descripción	El técnico encargado del registro de área podrá modificar <i>datos de la ubicación física, geolocalización del inmueble, dimensiones, propietarios</i> , imágenes, entre otros.		
Precondiciones	Debe de existir un registro de áreas cultivables en el sistema		
Postcondiciones	Datos de áreas actualizados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El técnico entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar área cultivable” del menú principal del sistema, luego selecciona “Modificar área cultivable”. 3. El sistema muestra lista de terrenos registrados 4. El técnico busca terreno en la lista o en su defecto digita código de terreno 5. El sistema localiza terreno 6. El sistema carga formulario para la modificación de la ubicación y dimensiones del área. 7. El técnico cambia los datos de interés 8. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 9. El sistema muestra lista de productores 10. El técnico (de requerirse) puede modificar el productor asociado al terreno 11. El sistema muestra lista de estaciones meteorológicas 12. El técnico (de requerirse) puede modificar la estación meteorológica asociada al terreno 13. El sistema almacena datos modificados 14. El sistema muestra mensaje de operación de actualización realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que código de terreno no exista (4 a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema retorna a paso 3 del flujo básico <p>Si (8 a) el sistema detecta datos no válidos en formulario.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 6 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de áreas cultivables.		
Extender	Almacenar imágenes del área cultivable		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 34. Descripción del caso de uso Modificar Área Cultivable

Diagrama de actividad: Modificar ubicación y dimensiones

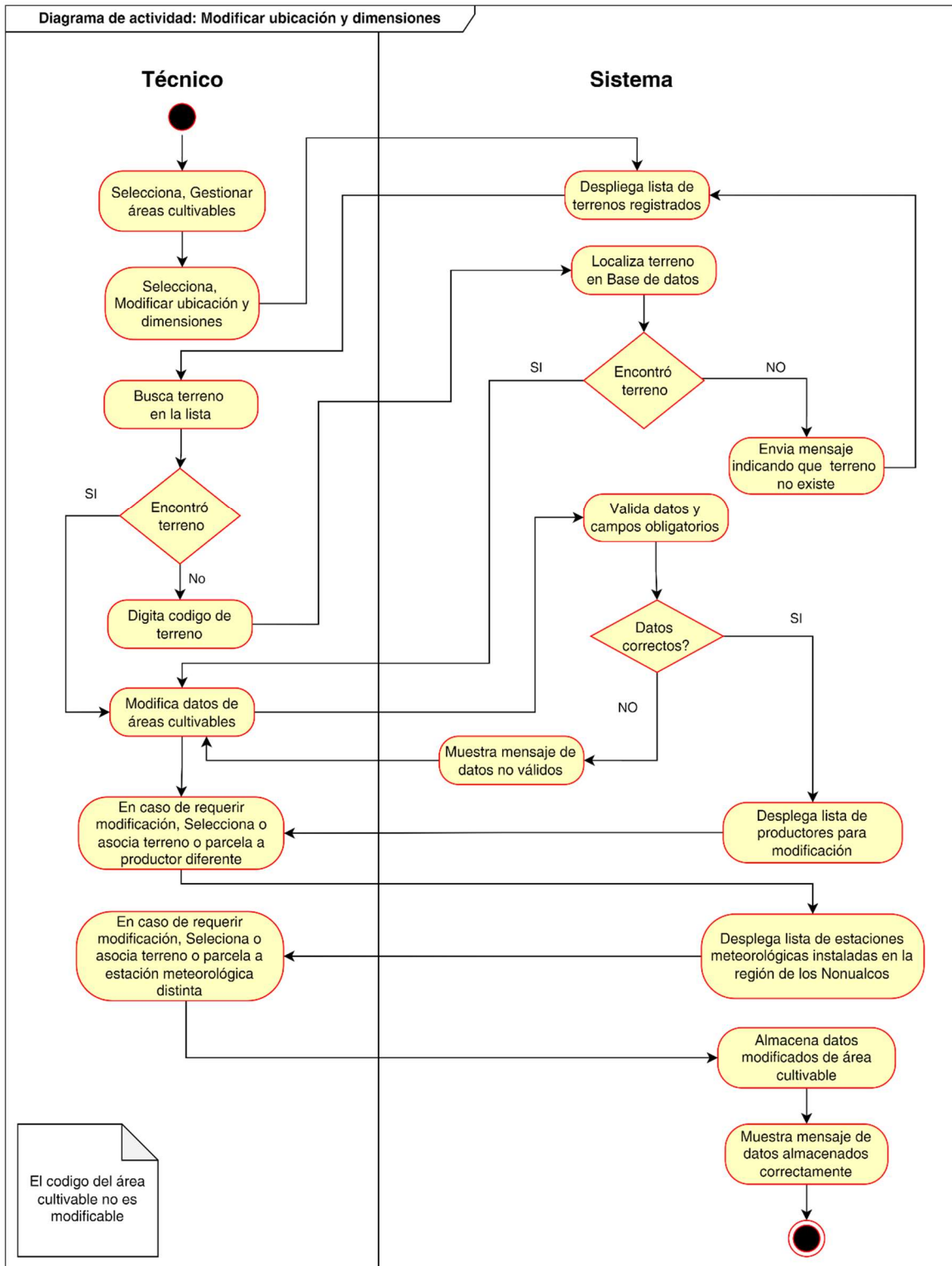


Figura 27. Diagrama de actividad: Modificar ubicación y dimensiones

Código	CU-020	Nombre	Consultar área cultivable
Actores	Técnico.		
Propósito	Consultar los datos de ubicación y dimensiones del área cultivable.		
Descripción	Los interesados en datos de áreas podrán consultar datos específicos de éstos los cuales incluyen la geolocalización, ubicación física y propietarios.		
Precondiciones	Debe de existir un registro de áreas cultivables en el sistema.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario interesado entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El interesado selecciona la opción “Gestionar área cultivable” del menú principal del sistema, luego selecciona “Consultar área cultivable”. 3. El sistema carga lista general de área registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código área cultivable para acceder rápidamente. 4. El sistema carga formulario con los datos del área solicitada. 5. El técnico tiene la opción de enviar datos a archivo digital. 6. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el código de área ingresado en la consulta por el usuario no esté registrado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 3. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para consultar datos de área o terreno.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 35. Descripción del caso de uso Consultar Área Cultivable

Diagrama de actividad: Consultar área cultivable

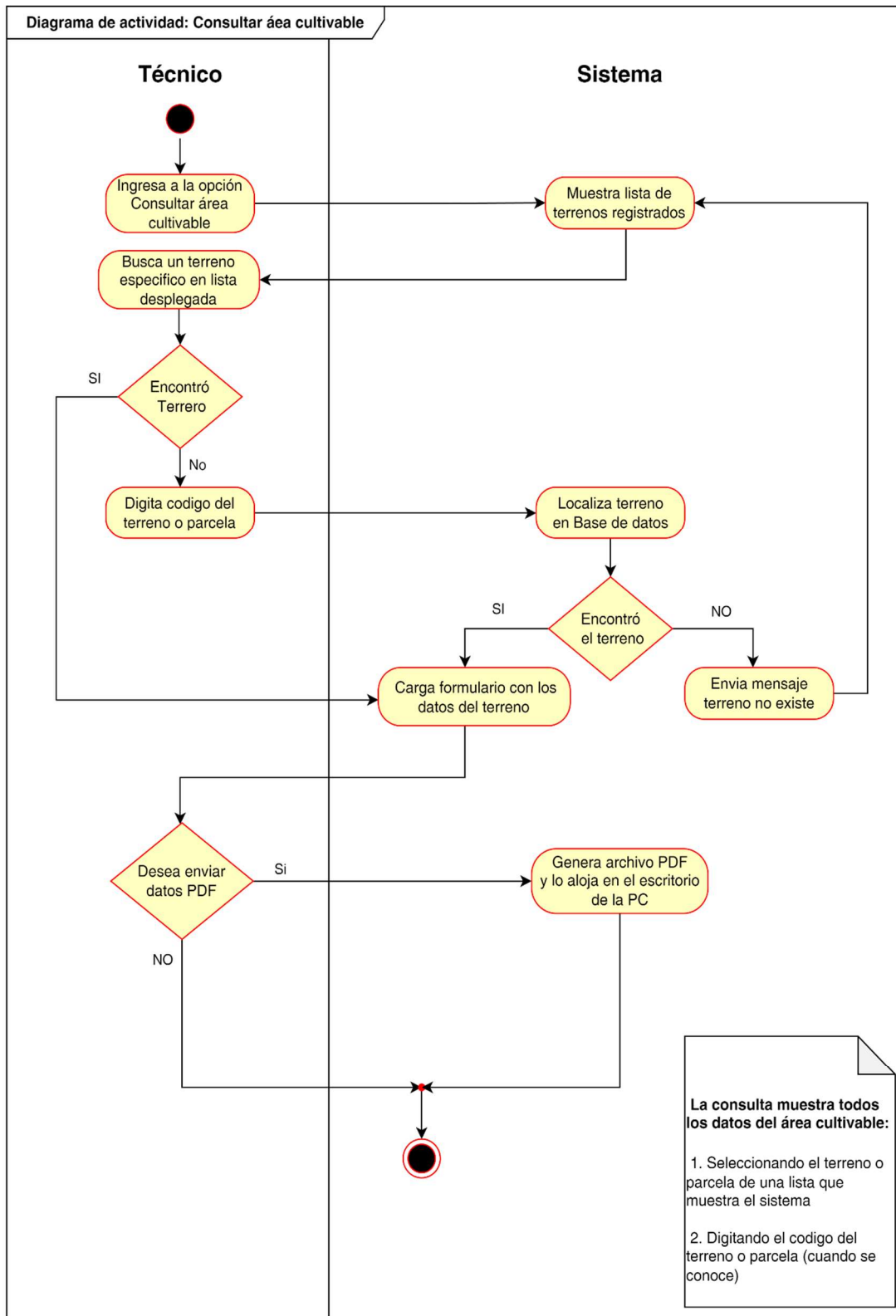


Figura 28. Diagrama de actividad: Consultar área cultivable

Gestionar configuración de cultivos MIAF

Caso de uso: Gestionar configuración de cultivos MIAF

Este caso de uso permitirá gestionar la configuración de cultivos, combinaciones y especificaciones técnicas del cultivo

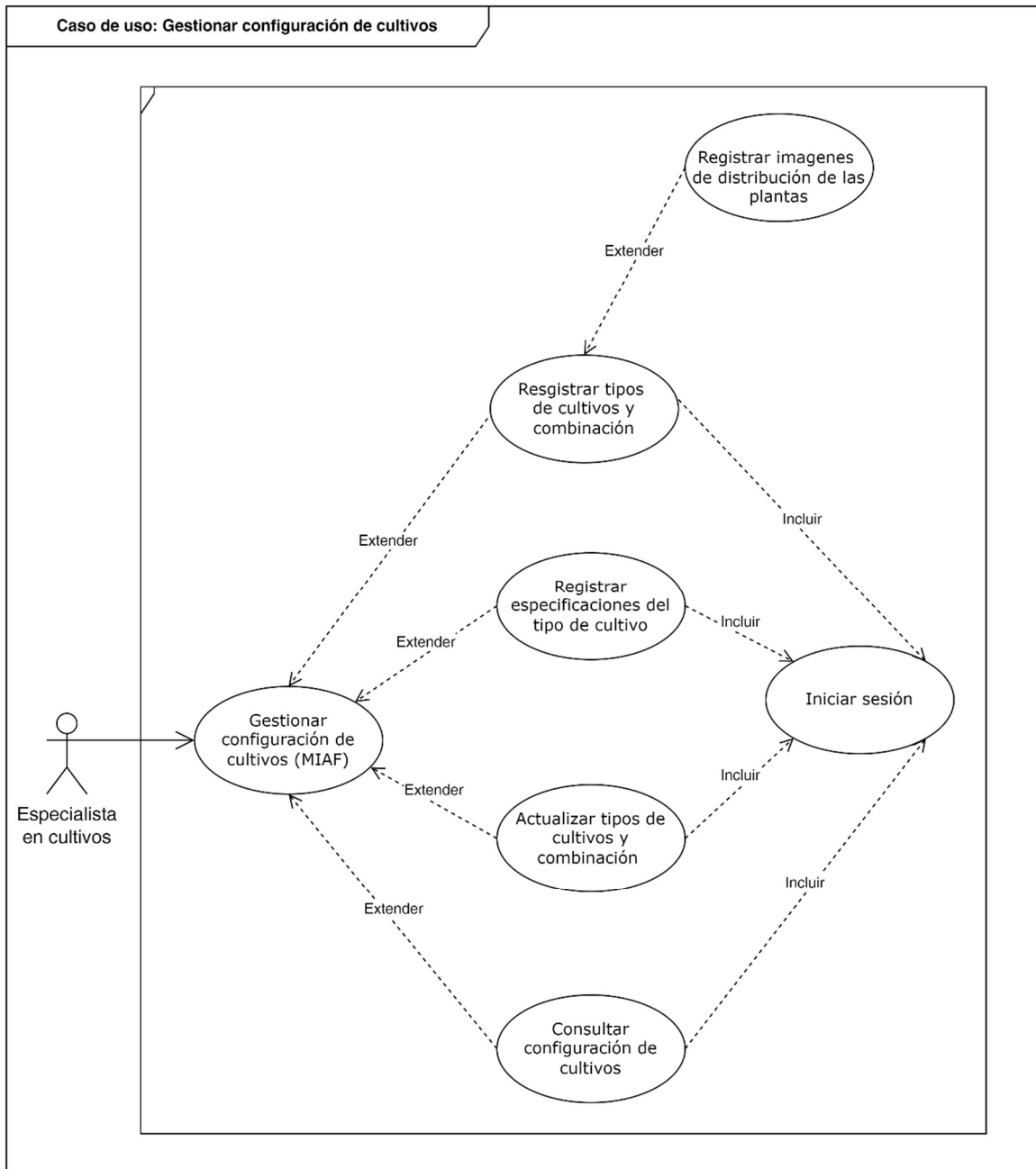


Figura 29. Caso de Uso: Gestionar Configuración de Cultivos

Código	CU-021	Nombre	Gestionar configuración de cultivos MIAF
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Gestionar el registro tipos de cultivos y combinaciones, especificaciones de técnicas de cultivos, actualización y consultas de datos de cultivos		
Descripción	El especialista encargado del registro de configuraciones de cultivos podrá gestionar los tipos y combinaciones de cultivos que se implementarán en un área cultivable donde se implementara MIAF		
Precondiciones	Los datos generales del área cultivable deben haber sido registrada en el sistema.		
Postcondiciones	Combinaciones de cultivos debidamente registrados.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar configuración de cultivos” del menú principal del sistema. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar tipos de cultivos y combinación, 2. Registro de especificaciones técnicas del cultivo, 3. Actualizar combinaciones de cultivo 4. Consultar cultivos y combinaciones 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de cultivos.		
Extender	Registrar tipos y combinaciones de cultivos, especificaciones del cultivo, actualizar y consultar cultivos.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 36. Descripción del caso de uso Gestionar Configuraciones de Cultivos MIAF

Diagrama de actividad: Gestionar configuración de cultivos

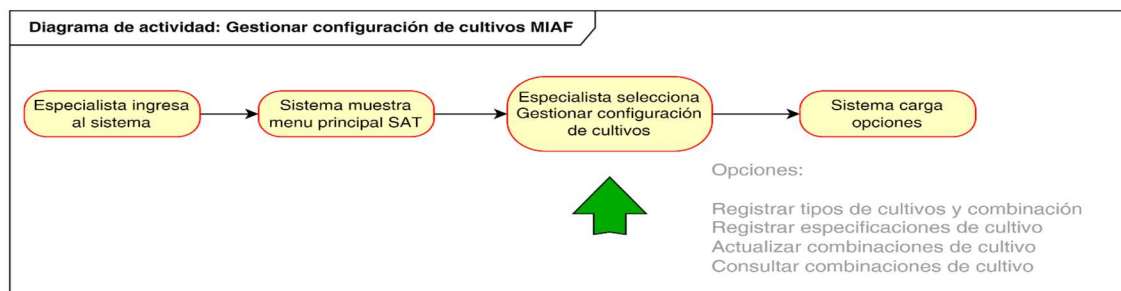


Figura 30. Diagrama de actividad: Gestionar configuración de cultivos

Código	CU-022	Nombre	Registrar tipos de cultivos y combinación
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Registrar los diferentes tipos cultivos que se sembraran en una misma área cultivable y las distancias entre éstos.		
Descripción	El especialista encargado del registro de cultivos podrá ingresar datos de los cultivos a sembrar, además debe asociar estos a un área cultivable específica, así como al productor registrado. Por otro lado, debe registrar imágenes que muestran la disposición de plantas en el terreno.		
Precondiciones	Los datos del área cultivable y productor deben haber sido registrada para asociarlos a este caso de uso.		
Postcondiciones	Configuración MIAF debidamente registrada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar configuración de cultivos” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar tipos de cultivos y combinación”. 3. El sistema carga formulario para el ingreso de tipos de cultivo y combinación. 4. El especialista primero debe seleccionar el terreno o en su defecto digitar el código del terreno o parcela. 5. El especialista completa los datos solicitados en el formulario. 6. El sistema valida los datos ingresados por el especialista. 7. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si el código terreno no existe. (4a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando que el terreno no existe. 2. Retorna al paso 3 del flujo básico. <p>Si el sistema detecta datos no válidos. (5a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje solicitando verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que especialista corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de cultivos.		
Extender	Almacenar imágenes de distribución de plantas.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 37. Descripción del caso de uso Registrar Tipos de Cultivos y Combinación

Diagrama de actividad: Registrar tipos de cultivos y combinación

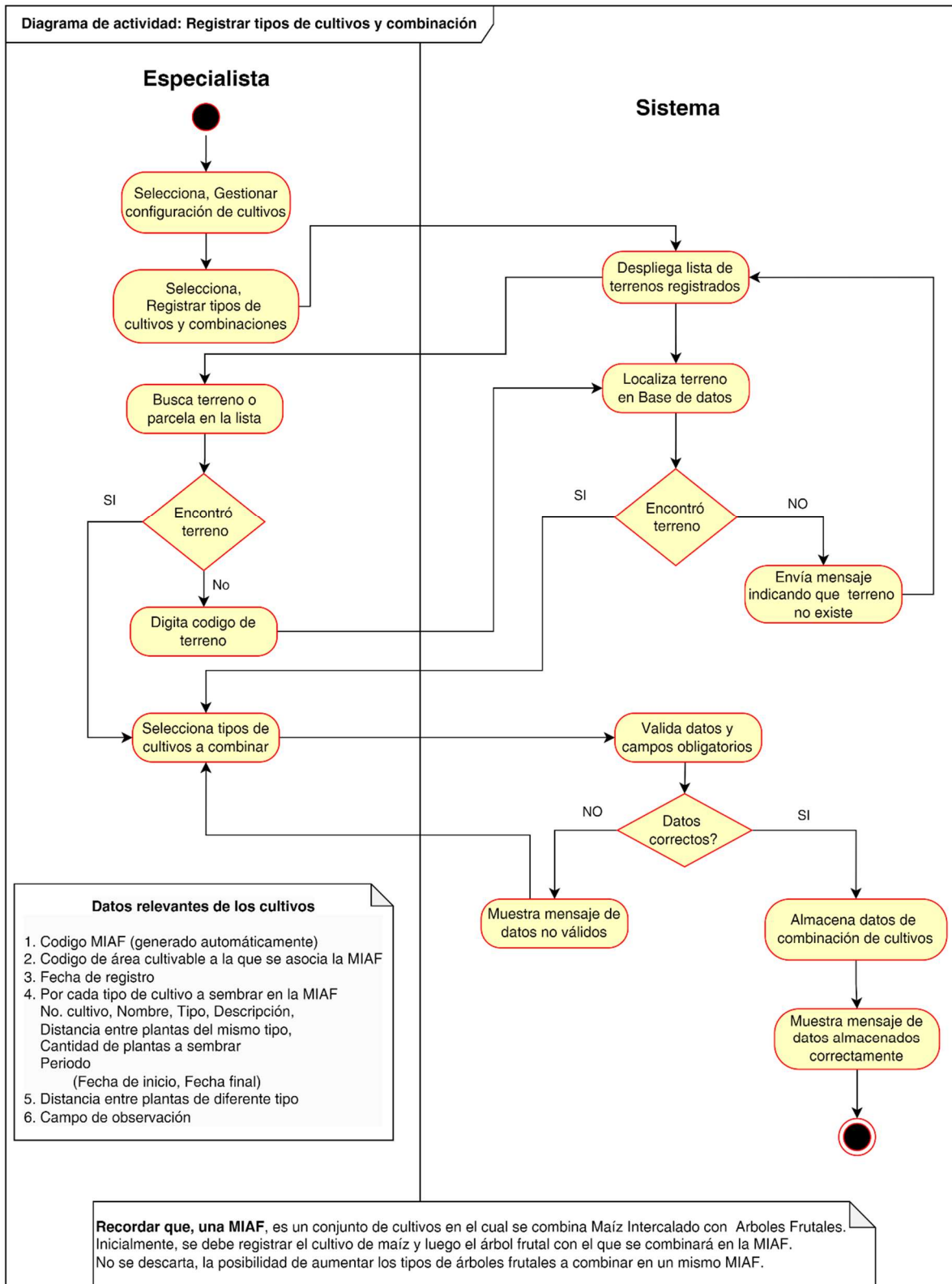


Figura 31. Diagrama de actividad: Registrar tipos de cultivos y combinación

Código	CU-023	Nombre	Registrar imágenes de distribución de cultivos
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Registrar un plano, croquis o imagen que indique cómo quedarán distribuidas las plantas en el terreno.		
Descripción	El especialista encargado del registro de imágenes podrá registrar un conjunto de imágenes de la combinación de cultivos donde se evidencie las distancias especificadas entre éstas.		
Precondiciones	El área cultivable, productores y tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Imágenes debidamente registradas.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción "Gestionar configuración de cultivos" del menú principal del sistema, luego selecciona "Registrar tipos de cultivo y combinación" y luego selecciona registro de imágenes de distribución de plantas. 3. El sistema muestra lista de terrenos registrados 4. El especialista busca terreno en la lista o en su defecto digita código de terreno 5. El sistema localiza terreno 6. El sistema carga formulario para el ingreso de imágenes 7. El especialista ingresa las imágenes capturadas 8. El sistema valida los formatos de las imágenes ingresadas por el especialista. 9. El Sistema almacena imágenes 10. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que no se encuentre terreno: (5 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando que terreno no existe 2. Retorna al paso 3 del flujo básico <p>En caso de que el sistema detecta formatos de imágenes no válidos (8 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra mensaje indicando que el formato de las imágenes no es válido. 1. Retorna a paso 7 del flujo básico, para que especialista corrija formatos o ingrese nuevas imágenes. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de cultivos.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 38. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes de Distribución de Cultivos

Diagrama de actividad: Distribución de imágenes de distribución de cultivos

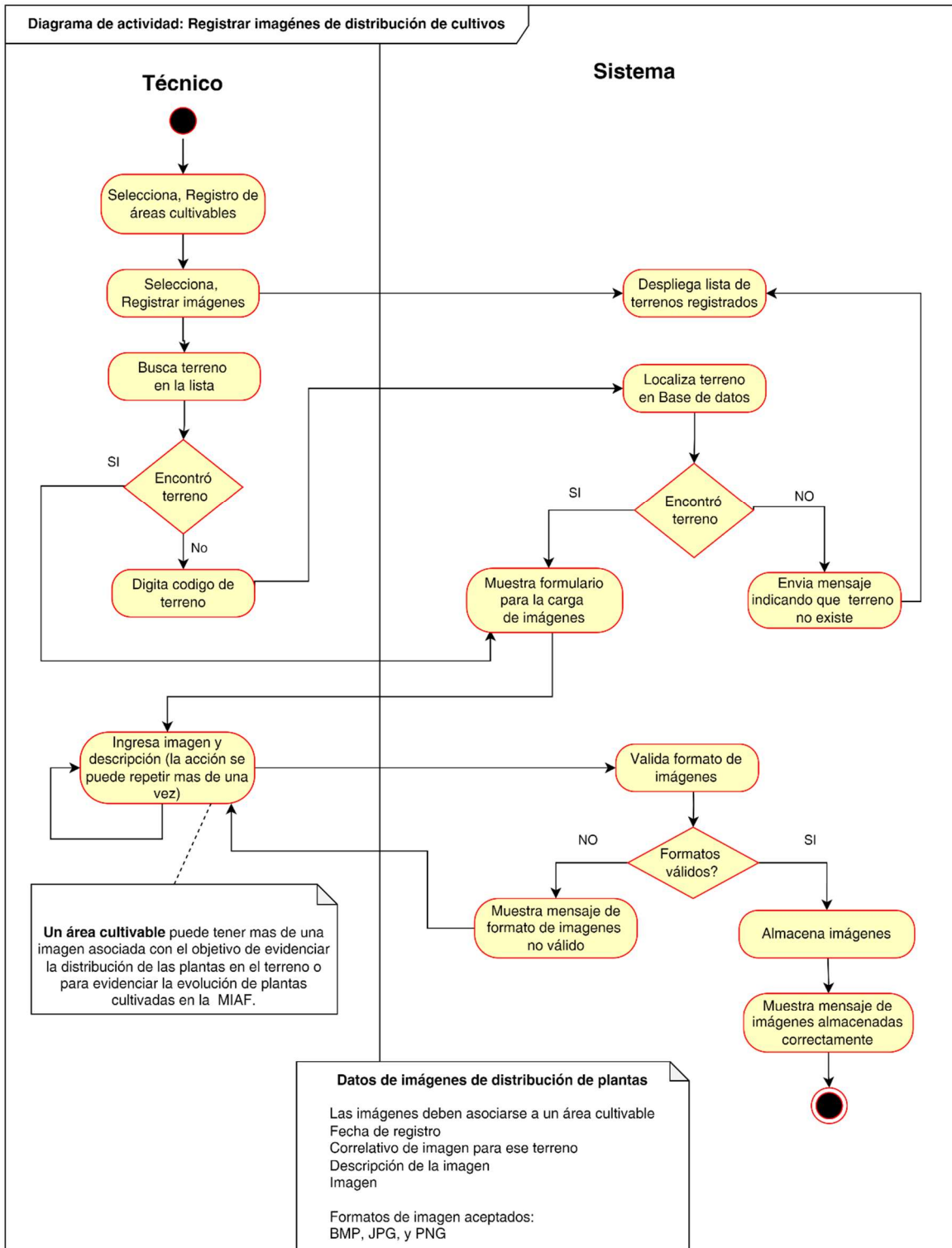


Figura 32. Diagrama de actividad: Distribución de imágenes de distribución de cultivos

Código	CU-024	Nombre	Registrar especificaciones del tipo de cultivo
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Registrar especificaciones particulares de un cultivo que se incluirá como parte de MIAF.		
Descripción	El especialista encargado del registro de especificaciones de cultivos podrá ingresar datos relacionados a condiciones ambientales ideales para el crecimiento del cultivo. Entre ellas, los rangos de temperatura, humedad, velocidad de viento, etc.		
Precondiciones	N/A		
Postcondiciones	Especificaciones particulares del cultivo registrados en el sistema.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar configuración de cultivos” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar especificaciones de tipo de cultivo”. 3. El sistema carga formulario para el ingreso de la especificación del cultivo 4. El especialista completa los datos solicitados en el formulario y procede a almacenarlos. 5. El sistema valida los datos ingresados por el especialista. 6. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el sistema detecta datos no válidos (5 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que especialista corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de cultivos.		
Extender	Actualizar especificación de cultivos y Consultar especificación de cultivos		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 39. Descripción del caso de uso Registrar Especificaciones del Tipo de Cultivo

Diagrama de actividad: Registro de especificaciones de cultivos

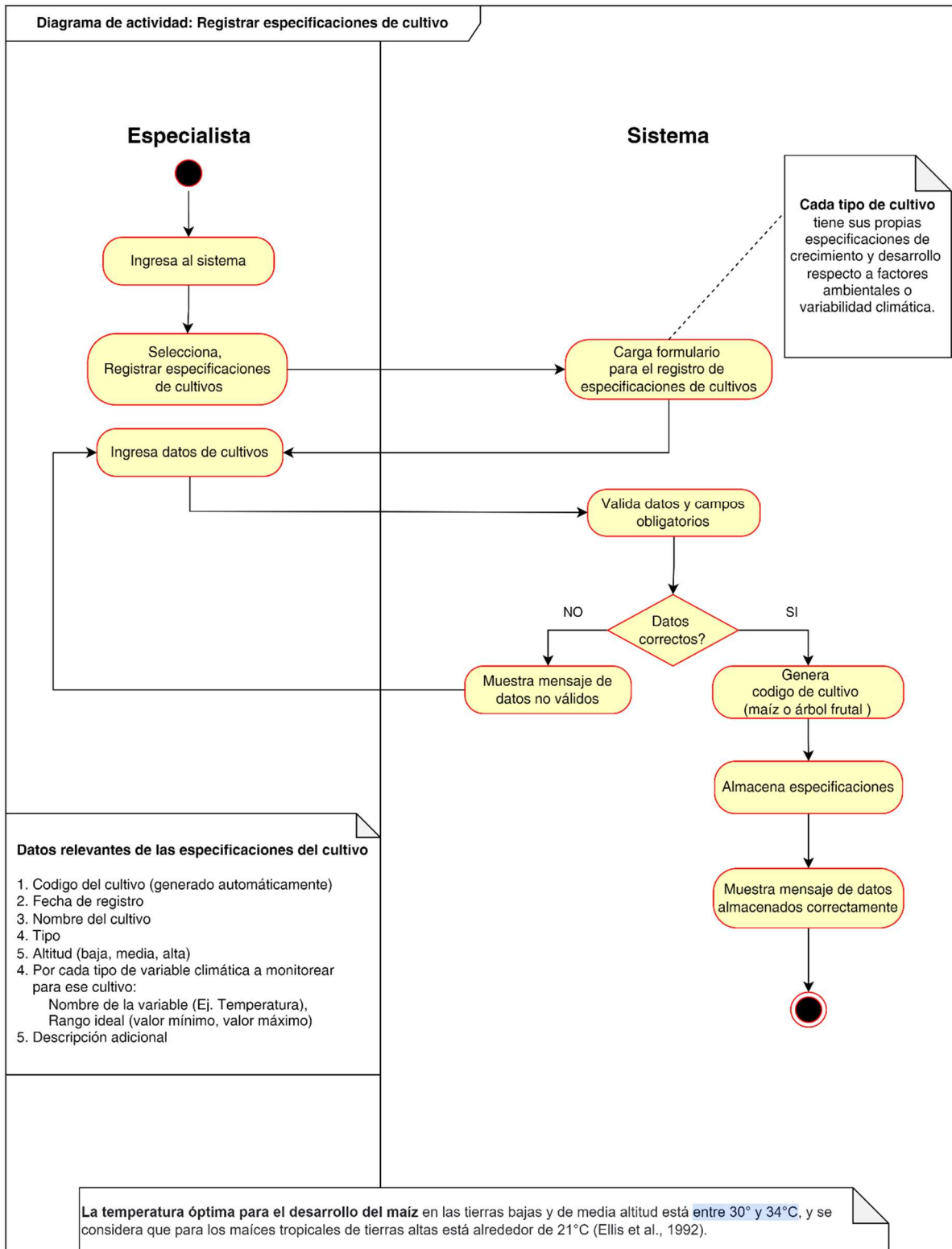


Figura 33. Diagrama de actividad: Registro de especificaciones de cultivos

Código	CU-025	Nombre	Actualizar tipos de cultivos y combinación
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Actualizar los datos de los cultivos y combinación registrada para un área cultivable.		
Descripción	El especialista encargado del registro de cultivos podrá modificar los tipos de cultivo a sembrar en un área o terreno, las distancias entre plantas, y los tipos.		
Precondiciones	El área cultivable, productores y tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Especificaciones de cultivos actualizados		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar configuración de cultivos” del menú principal del sistema, luego selecciona “Actualizar tipos de cultivos y combinación”. 3. El sistema carga lista de terrenos almacenados. 4. El especialista primero debe seleccionar el terreno o en su defecto digitar el código del terreno o parcela. 5. El especialista modifica del formulario los datos de interés. 6. El sistema valida los datos ingresados por el especialista. 7. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si el terreno no exista o el código de terreno no exista. (4a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando que el terreno no existe. 2. Retorna al paso 3 del flujo básico. <p>En caso de que, el sistema detecta datos no válidos. (5a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje solicitando verificación de datos. 1. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que especialista corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de áreas cultivos.		
Extender	Almacenar imágenes de distribución de plantas		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 40. Descripción del caso de uso Actualizar tipo de Cultivos y Combinación

Diagrama de actividad: Actualizar tipos de cultivos y combinación

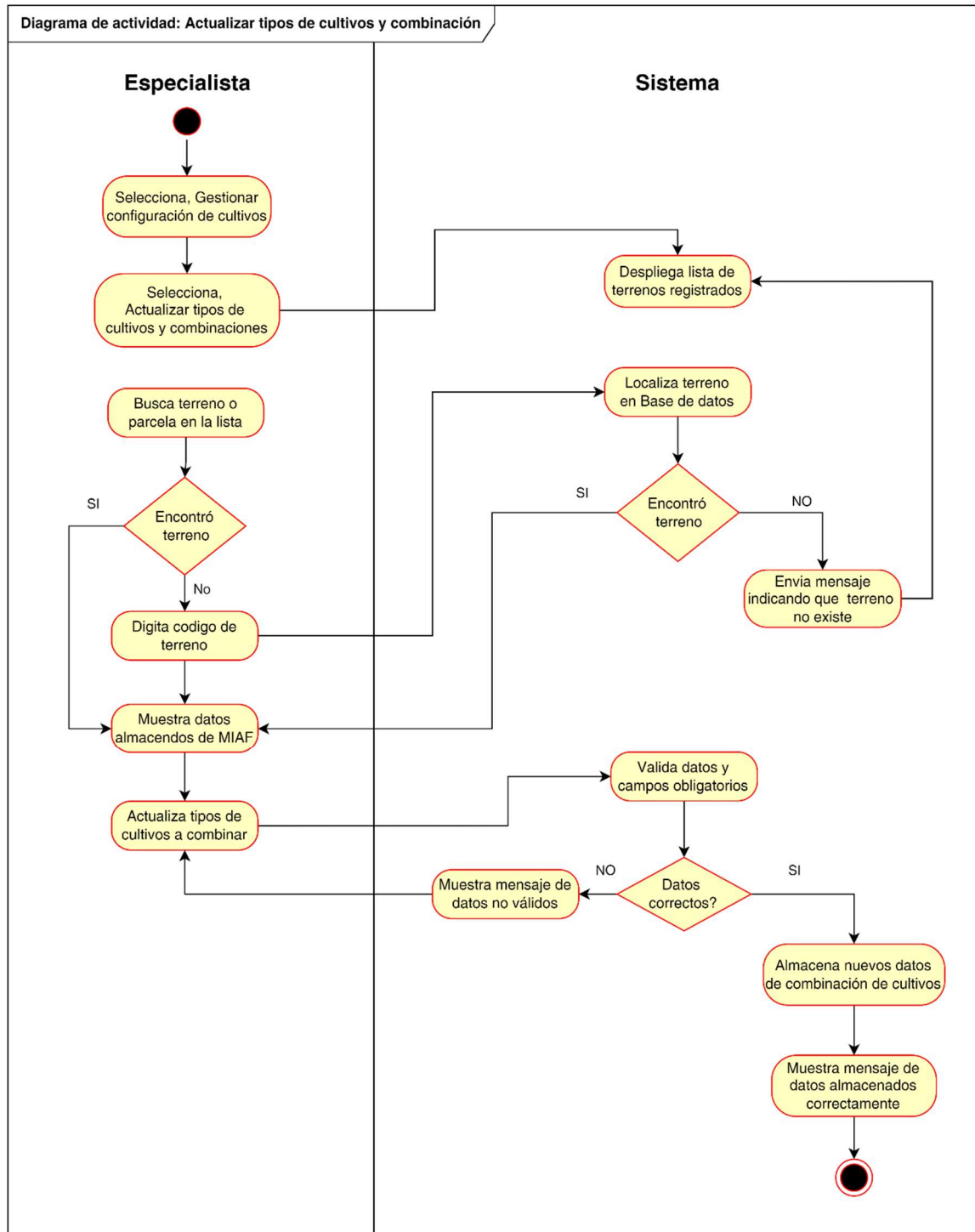


Figura 34. Diagrama de actividad: Actualizar tipos de cultivos y combinación

Código	CU-026	Nombre	Consultar configuración de cultivos
Actores	Especialista en cultivos.		
Propósito	Consultar los datos de la configuración de cultivos en un área o terreno.		
Descripción	Los interesados en datos de configuraciones de cultivos podrán consultar datos específicos de éstos los cuales incluyen disposición de las plantas en el terreno, distancias entre estas, tipos de cultivos incluidos en MIAF e imágenes.		
Precondiciones	El área cultivable, y los tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema, además debe existir un registro previo de la configuración de cultivos.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario interesado entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El interesado selecciona la opción “Gestionar configuración de cultivos” del menú principal del sistema, luego selecciona “Consultar configuración”. 3. El sistema carga lista general de áreas o terrenos registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código área cultivable para acceder rápidamente. 4. El sistema carga formulario con los datos de la configuración de cultivos del área solicitada. 5. El especialista tiene la opción de enviar datos a archivo digital. 6. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el código de área o terreno ingresado en la consulta por el usuario no esté registrado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para consultar datos de área o terreno.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 41. Descripción del caso de uso Consultar Configuración de Cultivos

Diagrama de actividad: Consultar configuración de cultivos

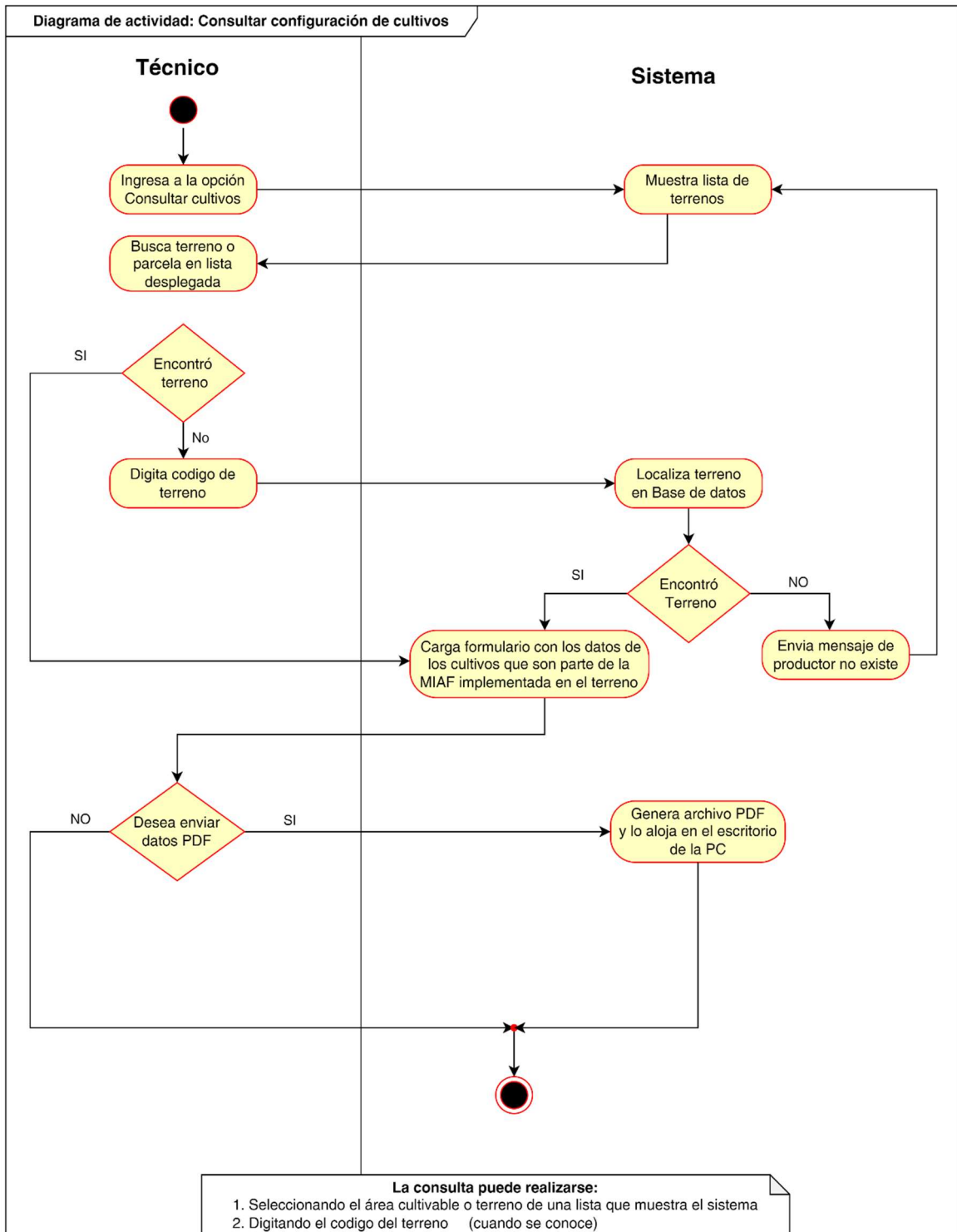


Figura 35. Diagrama de actividad: Consultar configuración de cultivos

Gestionar la producción agrícola

Caso de uso: Gestionar la producción agrícola

Cuando finaliza el período de cosecha y se recoge el fruto de cada MIAF, se requiere que se registre la producción obtenida, individualizando por cada tipo de cultivo.

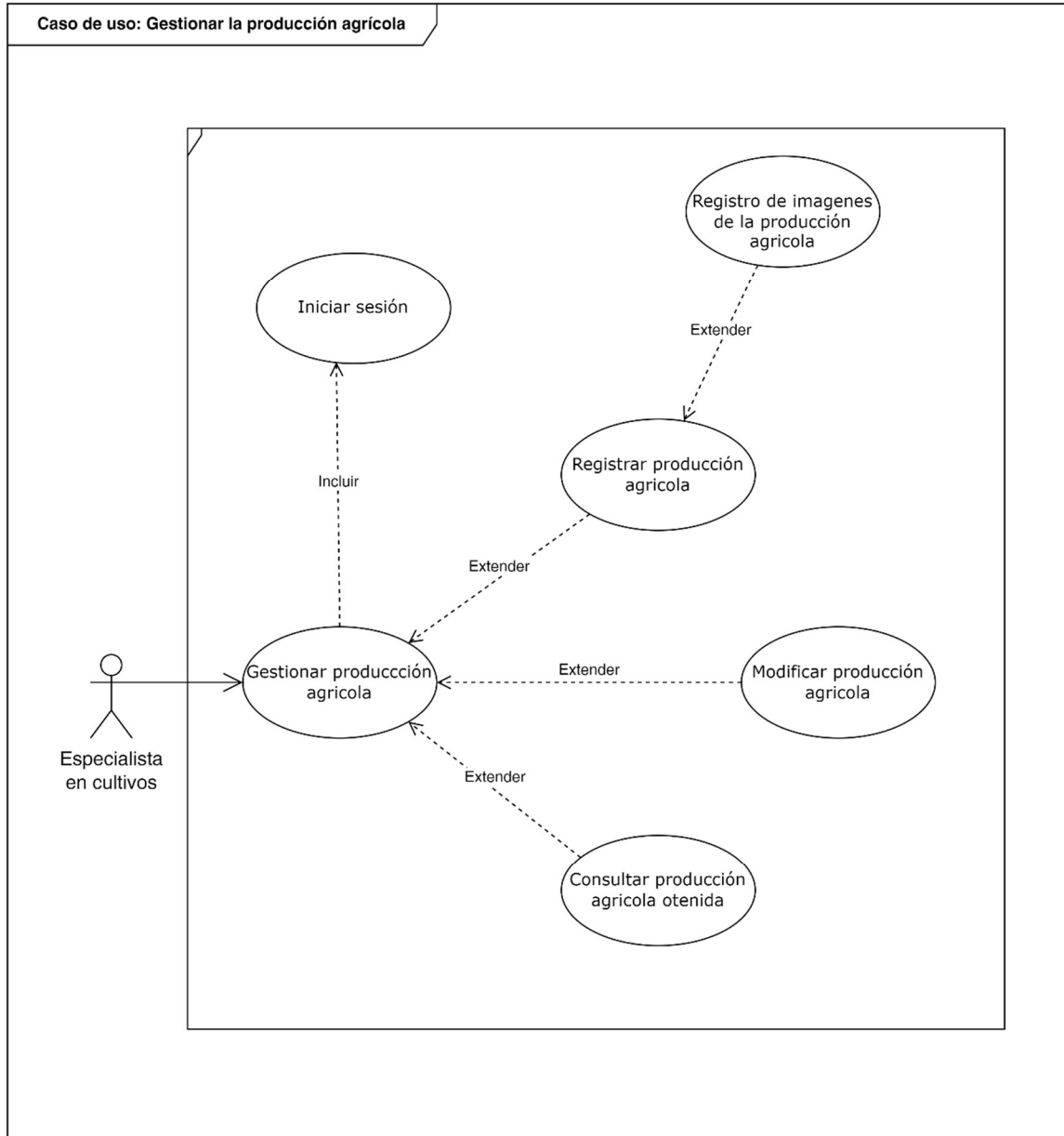


Figura 36. Caso de Uso: Gestionar la producción agrícola

Código	CU-027	Nombre	Gestionar la producción agrícola
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Gestionar la producción agrícola obtenida tras implementar MIAF en un área cultivable específica, de forma que inicialmente se registre los datos y luego se puedan modificar y consultar.		
Descripción	El especialista encargado del registro de la producción agrícola deberá especificar detalladamente, cuanto es lo producido por cada tipo de cultivo que se haya combinado con maíz en un área.		
Precondiciones	El área cultivable debe haber sido registrada en el sistema.		
Postcondiciones	Producción obtenida correctamente registrada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar producción agrícola” del menú principal del sistema. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar producción agrícola, 2. Modificar producción agrícola 3. Consultar la producción obtenida. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de la producción agrícola.		
Extender	Registrar producción agrícola, Modificar producción agrícola y Consultar la producción obtenida.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 42. Descripción del caso de uso Gestionar la Producción Agrícola

Diagrama de actividad: Gestionar producción agrícola

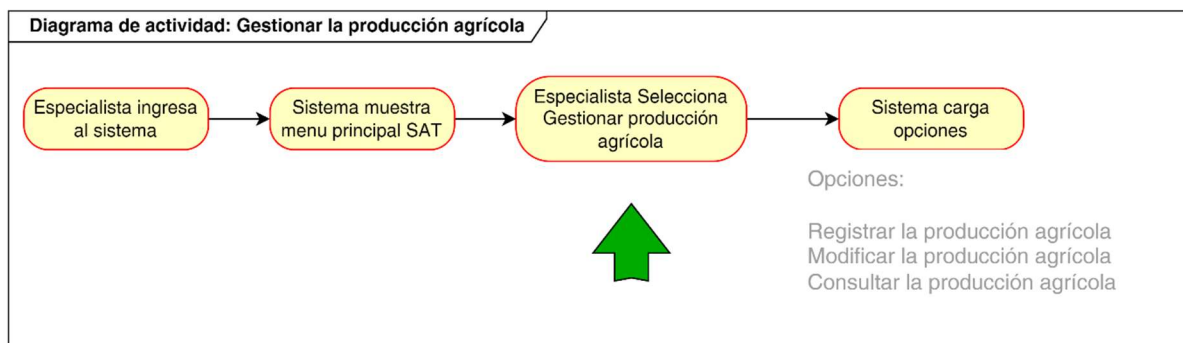


Figura 37. Diagrama de actividad: Gestionar producción agrícola

Código	CU-028	Nombre	Registrar la producción agrícola
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Registrar la producción obtenida en un área cultivable.		
Descripción	El especialista encargado del registro de la producción agrícola registrará la producción obtenida después de un período especificando las cantidades en quintales de cada tipo de cultivo implementado en MIAF.		
Precondiciones	El área cultivable, productores y tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Producción agrícola obtenida a partir de una MIAF registrada con éxito.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar producción agrícola” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar producción agrícola”. 3. El sistema carga formulario para el ingreso de la producción 4. El sistema carga lista general de áreas o terrenos registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código área cultivable para acceder rápidamente. 5. El especialista ingresa la cantidad en quintales de la producción obtenida por cada tipo de cultivo y procede a almacenarlos. 6. El sistema valida los datos ingresados por el técnico. 7. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el área cultivable buscada por el especialista no se encuentre en la lista (4 a):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje de área cultivable inexistente. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que el especialista busque nuevamente. <p>En caso de que, el sistema detecte datos no válidos (6 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando datos no válidos 2. El sistema solicita que el especialista ingrese nuevamente los datos, retornando al paso 5 del flujo básico. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de producción.		
Extender	Registro de imágenes de la producción agrícola.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 43. Descripción del caso de uso Registrar la Producción Agrícola

Diagrama de actividad: Registrar la producción agrícola

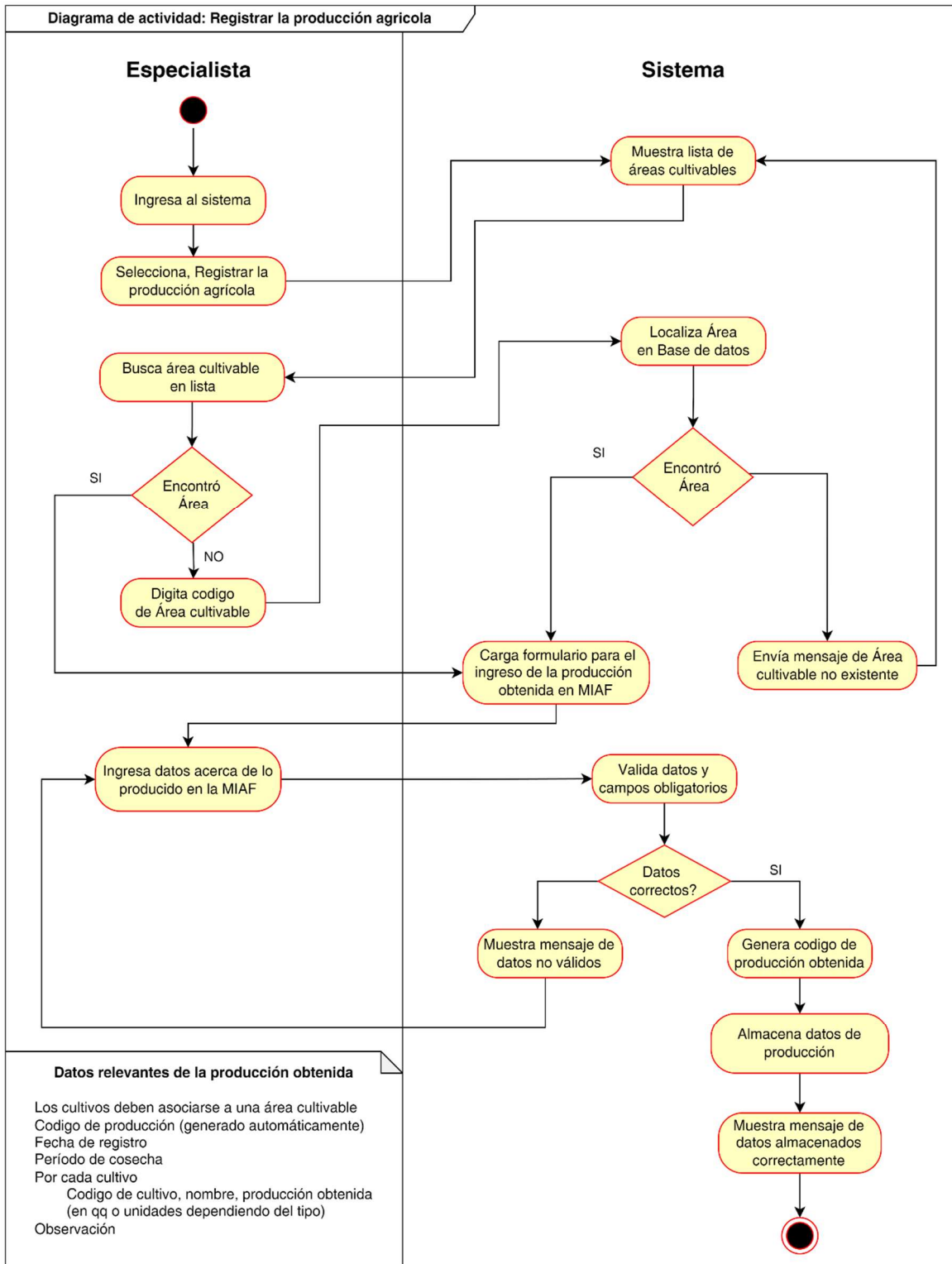


Figura 38. Diagrama de actividad: Registrar la producción agrícola

Código	CU-029	Nombre	Registrar imágenes de la producción agrícola
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Registrar imágenes que evidencien la producción agrícola obtenida a través de la implementación de MIAF.		
Descripción	El especialista encargado del registro de imágenes podrá registrar un conjunto de imágenes de la producción obtenida de los cultivos.		
Precondiciones	El área cultivable, y los tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Imágenes de la producción agrícola exitosamente registradas.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar producción agrícola” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar imágenes de la producción y luego selecciona registro de imágenes de producción obtenida. 3. El sistema muestra lista de terrenos registrados 4. El especialista busca terreno en la lista o en su defecto digita código de terreno 5. El sistema localiza terreno 6. El sistema carga formulario para el ingreso de imágenes 7. El especialista ingresa las imágenes capturadas de la producción agrícola obtenida. 8. El sistema valida los formatos de las imágenes ingresadas por el especialista. 9. El Sistema almacena imágenes 10. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que no se encuentre terreno: (5 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía mensaje indicando que terreno no existe 2. Retorna al paso 3 del flujo básico <p>En caso de que el sistema detecta formatos de imágenes no válidos (8 a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra mensaje indicando que el formato de las imágenes no es válido. 2. Retorna a paso 7 del flujo básico, para que especialista corrija formatos o ingrese nuevas imágenes. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de imágenes.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 44. Descripción del caso de uso Registrar Imágenes de la Producción

Diagrama de actividad: Registrar imágenes de la producción obtenida

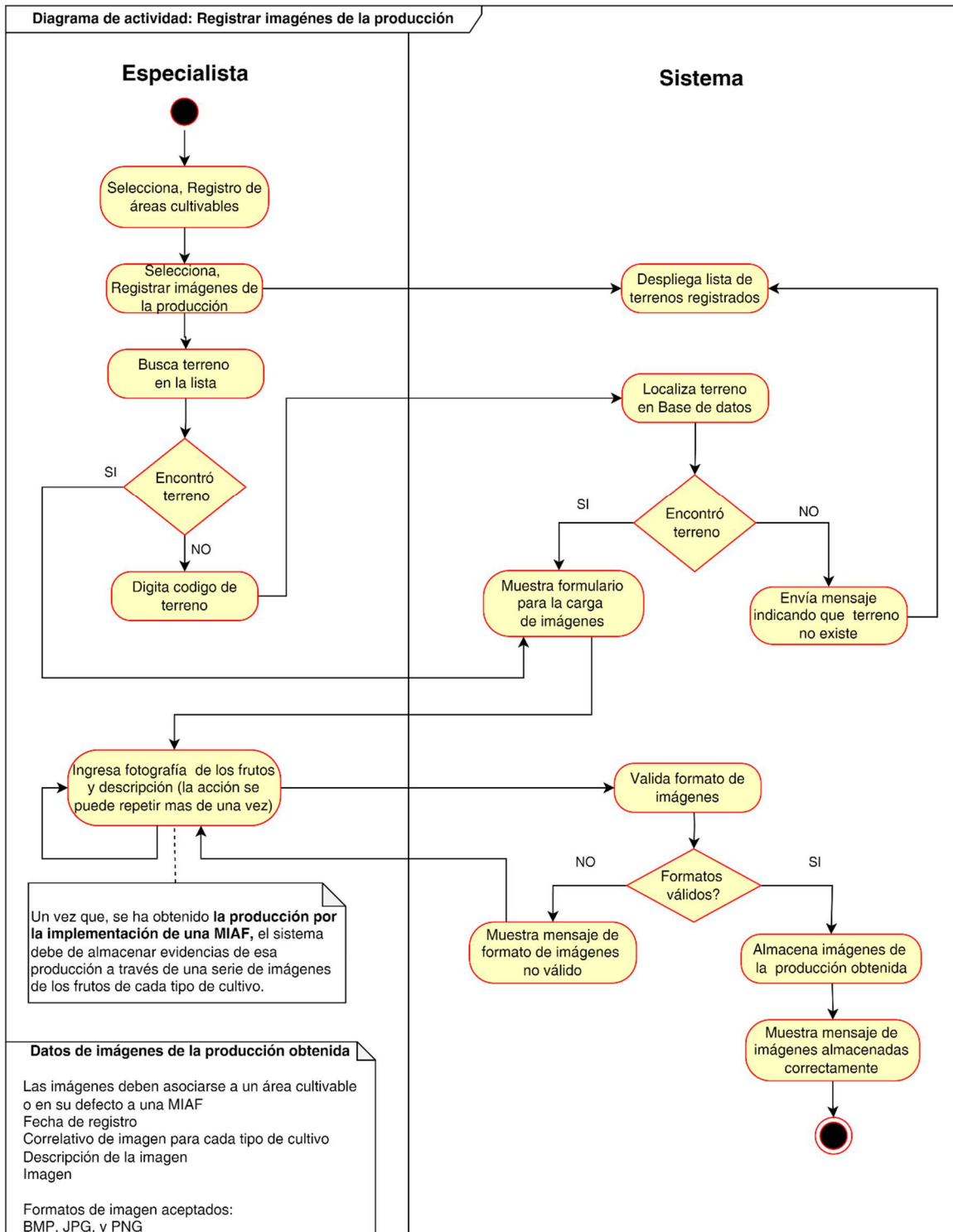


Figura 39. Diagrama de actividad: Registrar imágenes de la producción obtenida

Código	CU-030	Nombre	Modificar la producción agrícola
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Actualizar los datos registrados de la producción agrícola obtenida en un área cultivable específica.		
Descripción	El especialista encargado del registro de cultivos podrá modificar las cantidades obtenidas por tipo de cultivo.		
Precondiciones	El área cultivable, y los tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Actualización realizada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El especialista selecciona la opción “Gestionar producción agrícola” del menú principal del sistema, luego selecciona “Modificar producción agrícola”. 3. El sistema carga formulario para la modificación de producción. 4. El sistema carga lista general de áreas o terrenos registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código área cultivable para acceder rápidamente. 5. El especialista modifica los datos de interés y procede a almacenarlos. 6. El sistema valida los datos ingresados por el especialista. 7. El sistema muestra mensaje de operación de actualización realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema detecta datos no válidos en formulario y despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que especialista corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro y modificación de la producción.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 45. Descripción del caso de uso Modificar la producción Agrícola

Diagrama de actividad: Modificar la producción agrícola

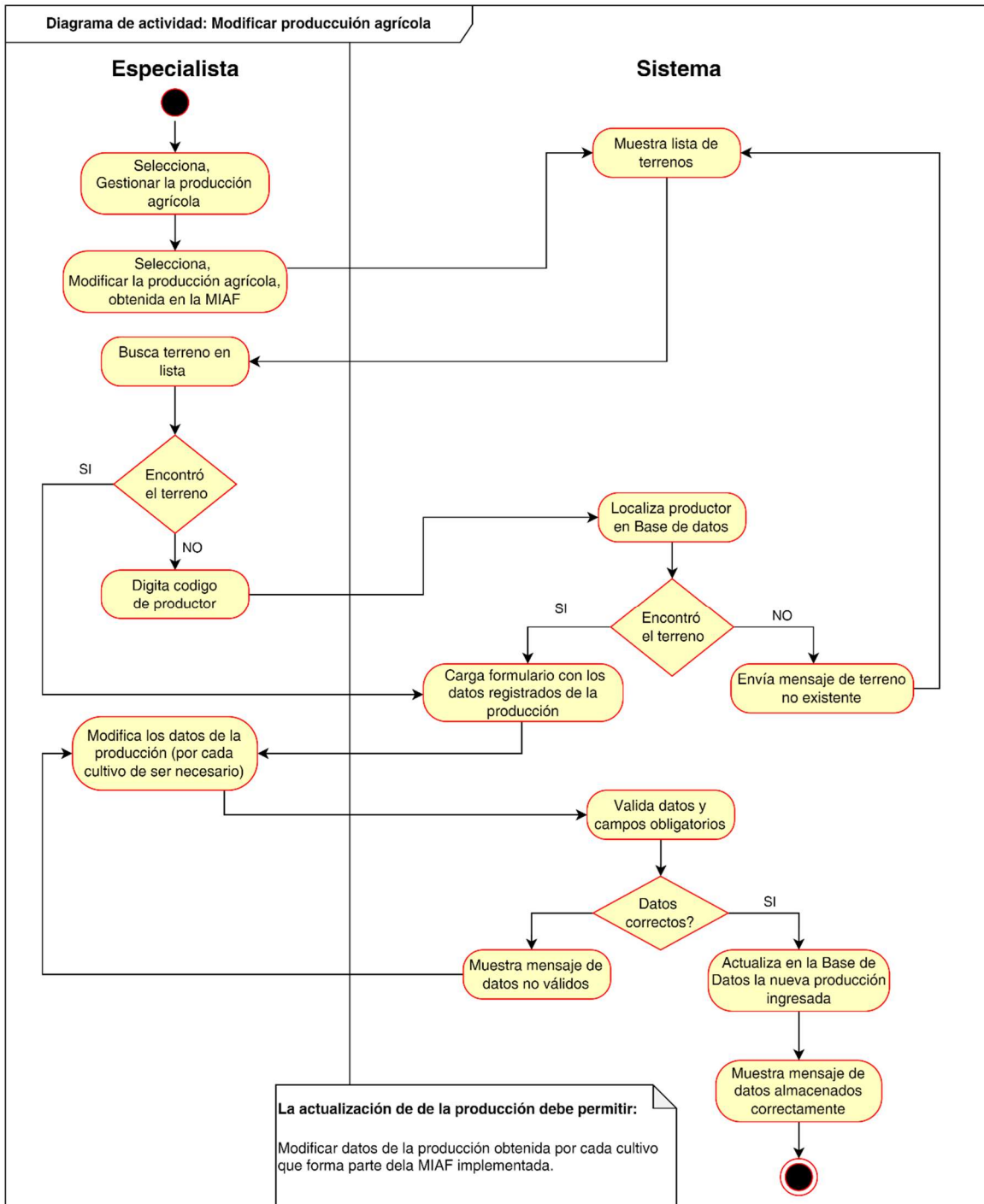


Figura 40. Diagrama de actividad: Modificar la producción agrícola

Código	CU-031	Nombre	Consultar producción agrícola
Actores	Especialista en cultivos		
Propósito	Consultar los datos de la producción obtenida en área cultivable específica.		
Descripción	Los interesados en obtener datos acerca de la producción agrícola en un terreno específico podrán consultar datos específicos de cada cultivo que se implementó en una MIAF.		
Precondiciones	El área cultivable, y los tipos de cultivos deben haber sido registrados en el sistema, además debe existir un registro previo de la producción obtenida.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario interesado entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El interesado selecciona la opción “Gestionar producción agrícola” del menú principal del sistema, luego selecciona “Consultar producción”. 3. El sistema carga lista general de áreas o terrenos registrados, para que el usuario interesado seleccione uno de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código de área cultivable para acceder rápidamente. 4. El sistema carga formulario con los datos de la producción agrícola registrada del área solicitada. 5. El especialista tiene la opción de enviar datos a archivo digital. 6. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el código de área o terreno ingresado en la consulta por el usuario no esté registrado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para consultar datos de producción.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 46. Descripción del caso de uso Consultar Producción Agrícola

Diagrama de actividad: Consultar producción obtenida

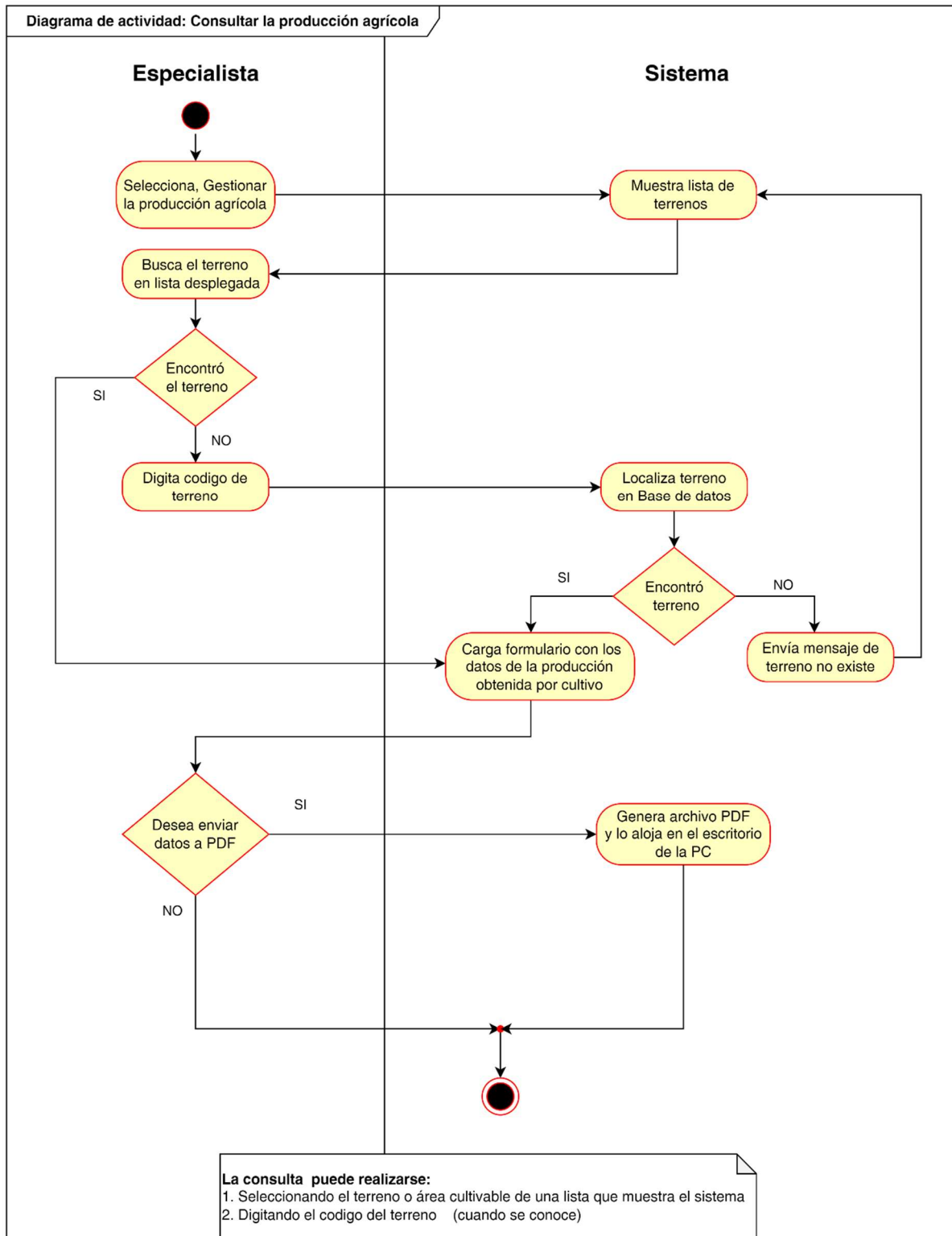


Figura 41. Diagrama de actividad: Consultar producción obtenida

Gestionar parametrización de alertas

Caso de uso: Gestionar parametrización de alertas

Los casos de uso relacionado a la parametrización de alertas son de uso exclusivo de los expertos meteorólogos e investigadores que forman parte del equipo de trabajo del proyecto de investigación.

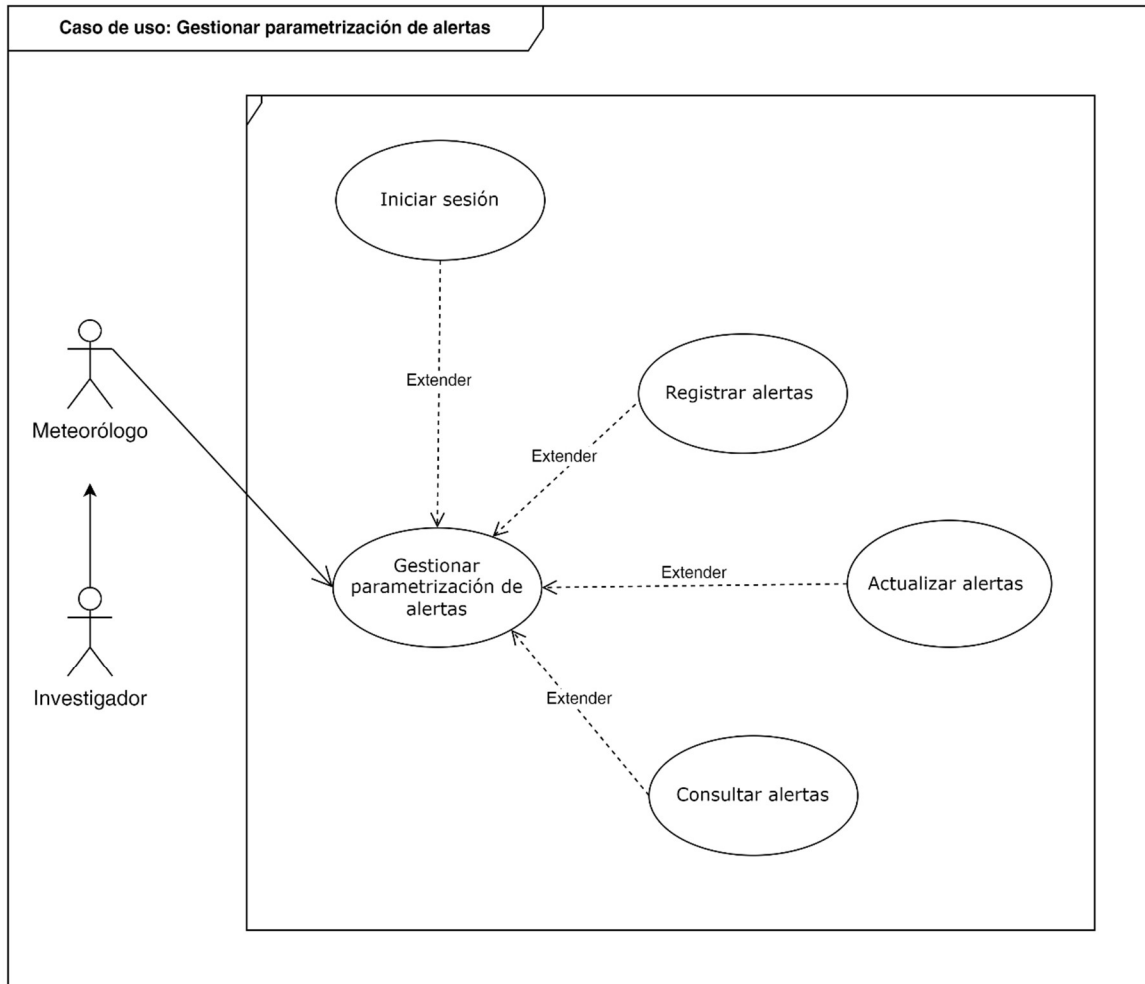


Figura 42. Caso de Uso: Gestionar Parametrización de Alertas

Código	CU-032	Nombre	Gestionar parametrización de alertas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Gestionar los diferentes tipos de alertas que el SAT emitirá.		
Descripción	El usuario encargado de la parametrización de alertas podrá gestionar los tipos de alerta por cada variable climática asociada al tipo de cultivo que se monitoree desde el SAT, también podrá registrar los tres niveles de alerta definidos para el control de las condiciones favorables para los cultivos incluidos en cada MIAF que se implemente.		
Precondiciones	Las variables climáticas por monitorear deben haber sido registradas en el sistema, al igual que los tipos de cultivos y las especificaciones técnicas para su crecimiento y desarrollo.		
Postcondiciones	Tipos y niveles de alerta registrados en el SAT.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El técnico selecciona la opción “Gestionar la parametrización de alertas”. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar alertas, 2. Actualizar alertas 3. Consultar alertas 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	El usuario responsable de las alertas debe tener los privilegios correspondientes en el sistema para el registro y modificación de la parametrización de alertas.		
Extender	Registrar alertas, Actualizar alertas y Consultar alertas.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 47. Descripción del caso de uso Gestionar Parametrización de Alertas

Diagrama de actividad: Gestionar parametrización de alertas

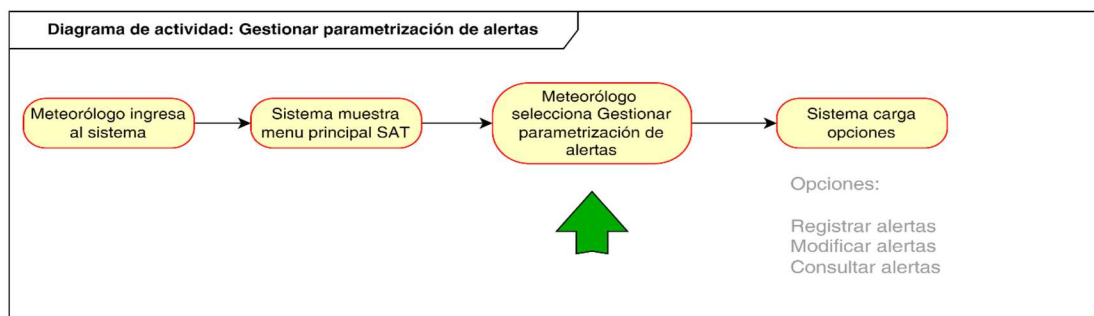


Figura 43. Diagrama de actividad: Gestionar parametrización de alertas

Código	CU-033	Nombre	Registrar alertas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Registrar los diferentes tipos de alertas para un cultivo específico.		
Descripción	El usuario encargado del registro de alertas podrá ingresar para cada cultivo y variable climática las alertas requeridas (automática o manual) considerando tres niveles para cada variable climática en función de las especificaciones de crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo una descripción y el receptor o destinatario de la alerta.		
Precondiciones	Las variables climáticas por monitorear deben haber sido registradas en el sistema, al igual que los tipos de cultivos y las especificaciones técnicas para su crecimiento y desarrollo (rango de variabilidad climática ideal para una planta específica)		
Postcondiciones	Parametrización de alerta registrada		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar parametrización de alertas” del menú principal del sistema, luego selecciona “Registrar alertas”. 3. El sistema carga formulario para el ingreso de alertas 4. El usuario primero debe indicar el tipo y nivel de alerta a registrar 5. El usuario debe seleccionar la variable climática a la que se asociará la alerta. 6. El usuario debe de ingresar la magnitud de variabilidad climática mínima y máxima para esa alerta. 7. El usuario completa los datos solicitados en el formulario y procede a almacenarlos. 8. El sistema valida los datos ingresados por el usuario. 9. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. (8 a) El sistema detecta datos no válidos y despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 6 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de alertas.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 48. Descripción del caso de uso Registrar Alertas

Diagrama de actividad Registrar alertas

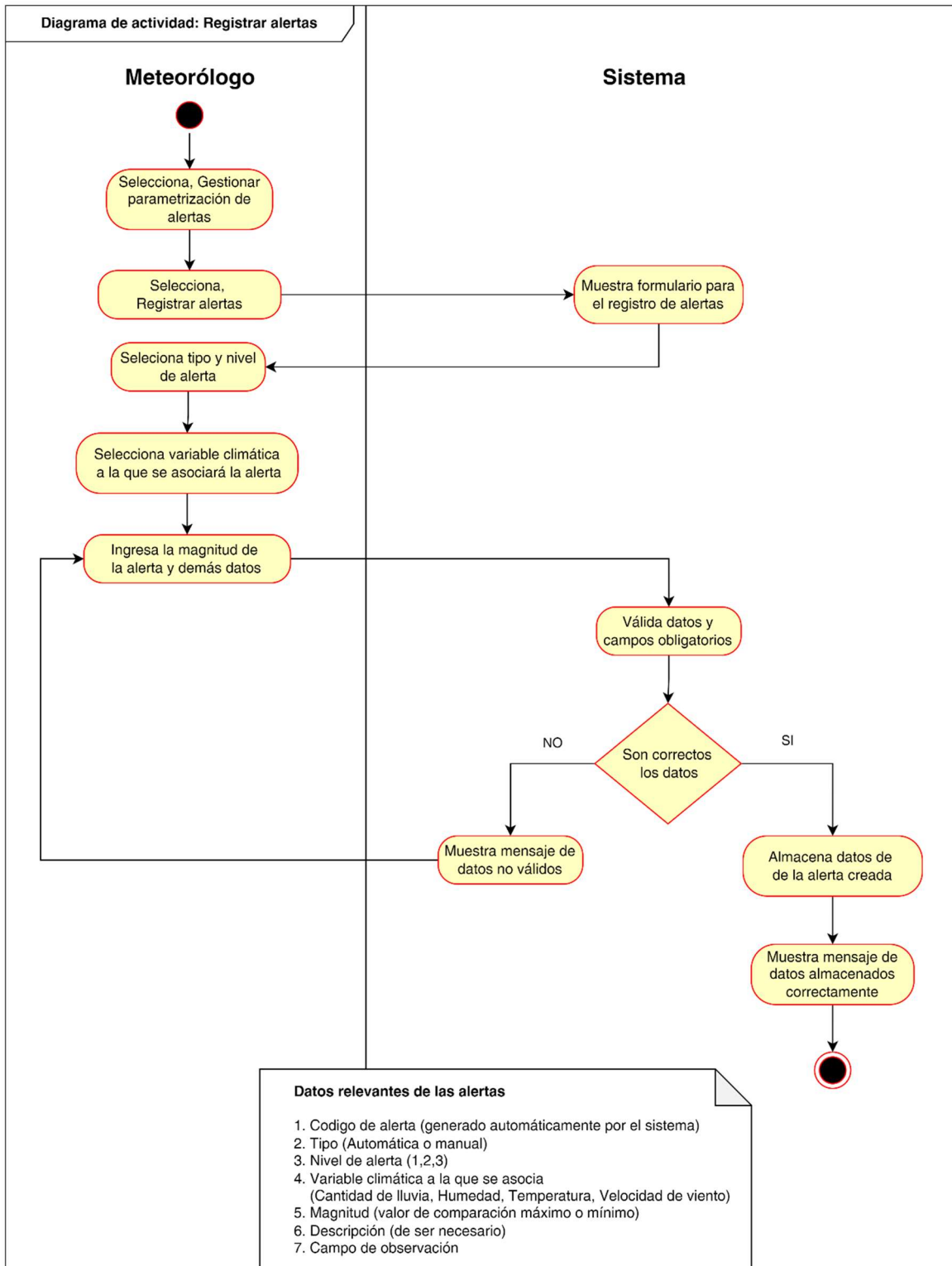


Figura 44. Diagrama de actividad Registrar alertas

Código	CU-034	Nombre	Actualizar alertas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Actualizar los diferentes tipos de alertas para un cultivo específico.		
Descripción	El usuario encargado de la actualización de alertas podrá modificar las alertas registradas para cada cultivo y variable climática, en función de las especificaciones de crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo la descripción de la alerta y el receptor o destinatario.		
Precondiciones	La alerta debe haber sido registrada en el sistema, al igual que los tipos de cultivos y las especificaciones técnicas para su crecimiento y desarrollo (rango de variabilidad climática ideal para el cultivo)		
Postcondiciones	Parametrización de alerta actualizada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar parametrización de alertas” del menú principal del sistema, luego selecciona “Actualizar alertas”. 3. El sistema carga formulario para la modificación de la parametrización de alertas 4. El usuario modifica los datos de interés en el formulario y procede a almacenarlos. (Los datos modificables son: tipo y nivel de alerta, variable climática a la que se asociará la alerta y magnitud de variabilidad climática mínima y máxima para esa alerta.) 5. El sistema valida los datos ingresados por el usuario. 6. El sistema muestra mensaje de operación de registro realizada exitosamente y termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema detecta datos no válidos y despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que técnico corrija datos no válidos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para el registro de alertas.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 49. Descripción del caso de uso Actualizar Alertas

Diagrama de actividad: Actualizar alertas

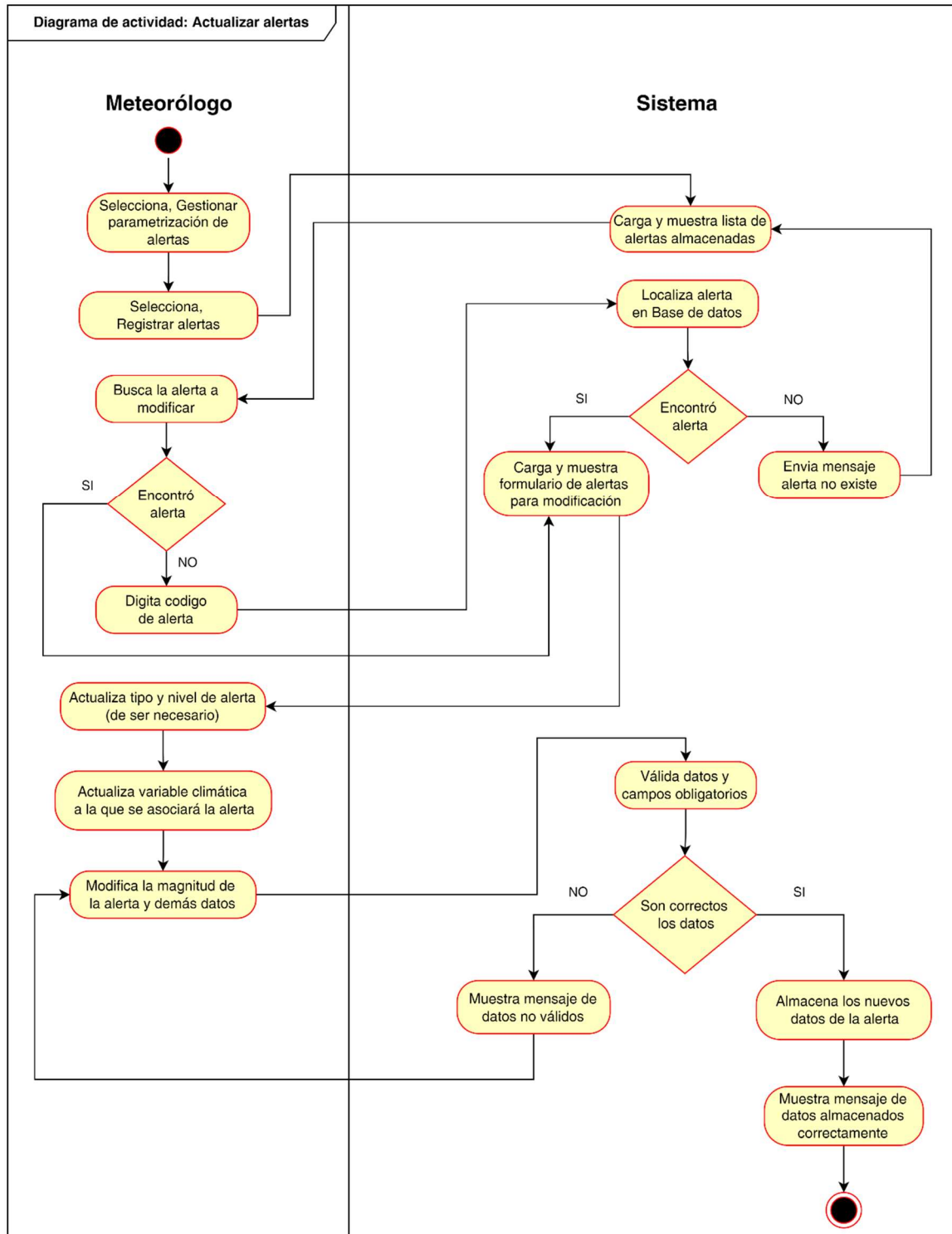


Figura 45. Diagrama de actividad: Actualizar alertas

Código	CU-035	Nombre	Consultar alertas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Consultar la parametrización de las alertas registradas en el sistema.		
Descripción	El usuario interesado en consultar la parametrización de las alertas podrá visualizar datos específicos de éstas, los cuales incluyen tipos, niveles, y rangos de variabilidad.		
Precondiciones	La alerta debe estar registrada y asociada a una variable climática.		
Postcondiciones	N/A		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario interesado entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El interesado selecciona la opción “Gestionar de parametrización de alertas” del menú principal del sistema, luego selecciona “Consultar alertas”. 3. El sistema carga lista general de alertas registradas, para que el usuario interesado seleccione una de la lista, o en su defecto, el usuario interesado, también puede digitar directamente el código de la alerta para acceder rápidamente. 4. El sistema carga formulario con los datos de la alerta. 5. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el código de alerta ingresado en la consulta por el usuario no esté registrado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Es necesario tener los privilegios correspondientes del sistema para consultar datos de área o terreno.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 50. Descripción del caso de uso Consultar Alertas

Diagrama de actividad: Consultar alertas

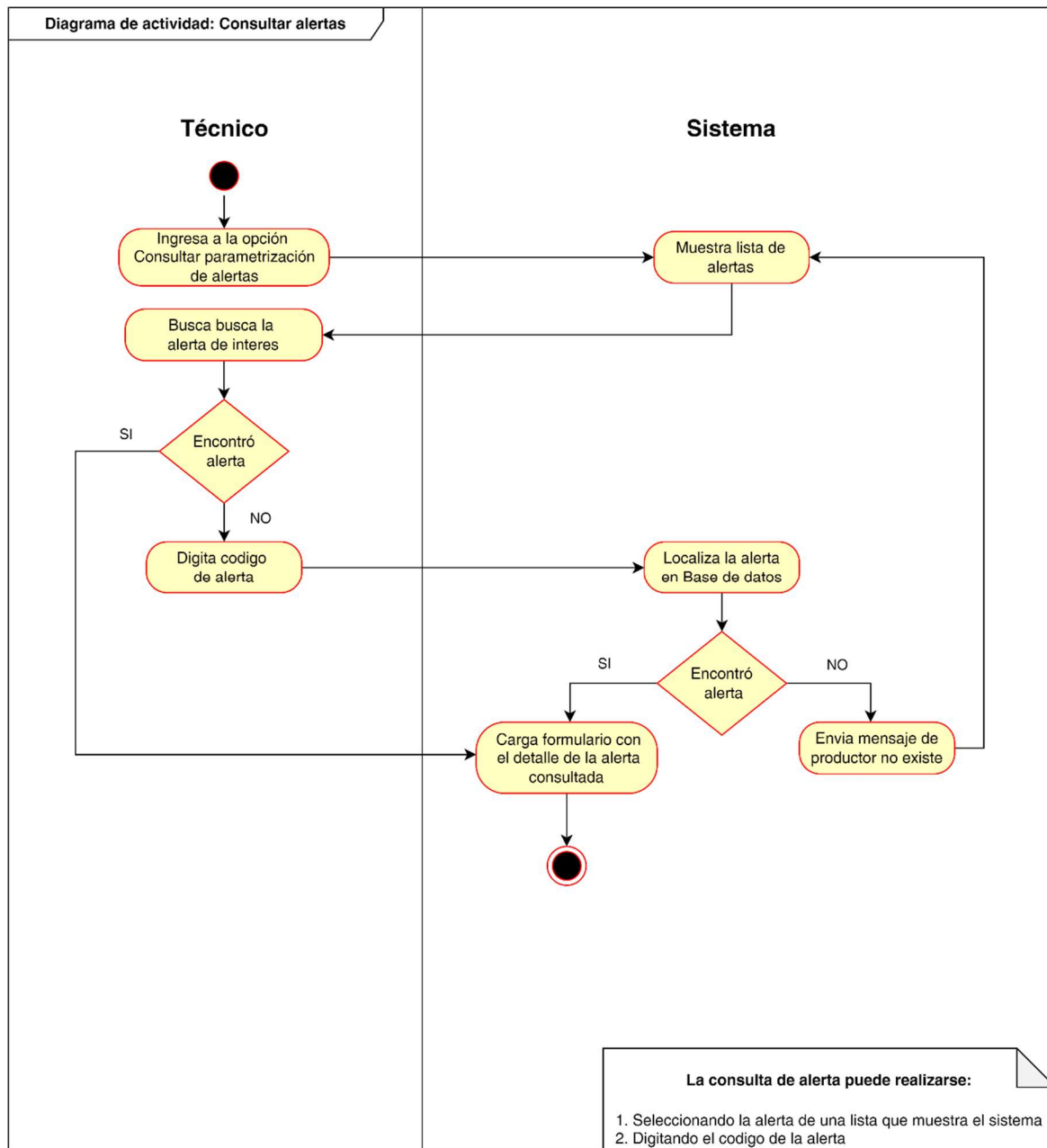


Figura 46. Diagrama de actividad: Consultar alertas

Monitoreo de la variabilidad climática

Diagrama de caso de uso: Monitoreo de la variabilidad climática

Este caso de uso es exclusivo del meteorólogo, y es considerado uno de los más relevantes del sistema, debido a que, de los resultados de las comparaciones de las mediciones de variabilidad versus las condiciones óptimas de crecimiento y desarrollo de los cultivos, depende la generación de alertas, las cuales pueden desencadenar una serie de acciones encaminadas a la protección de los cultivos por parte de los agricultores.

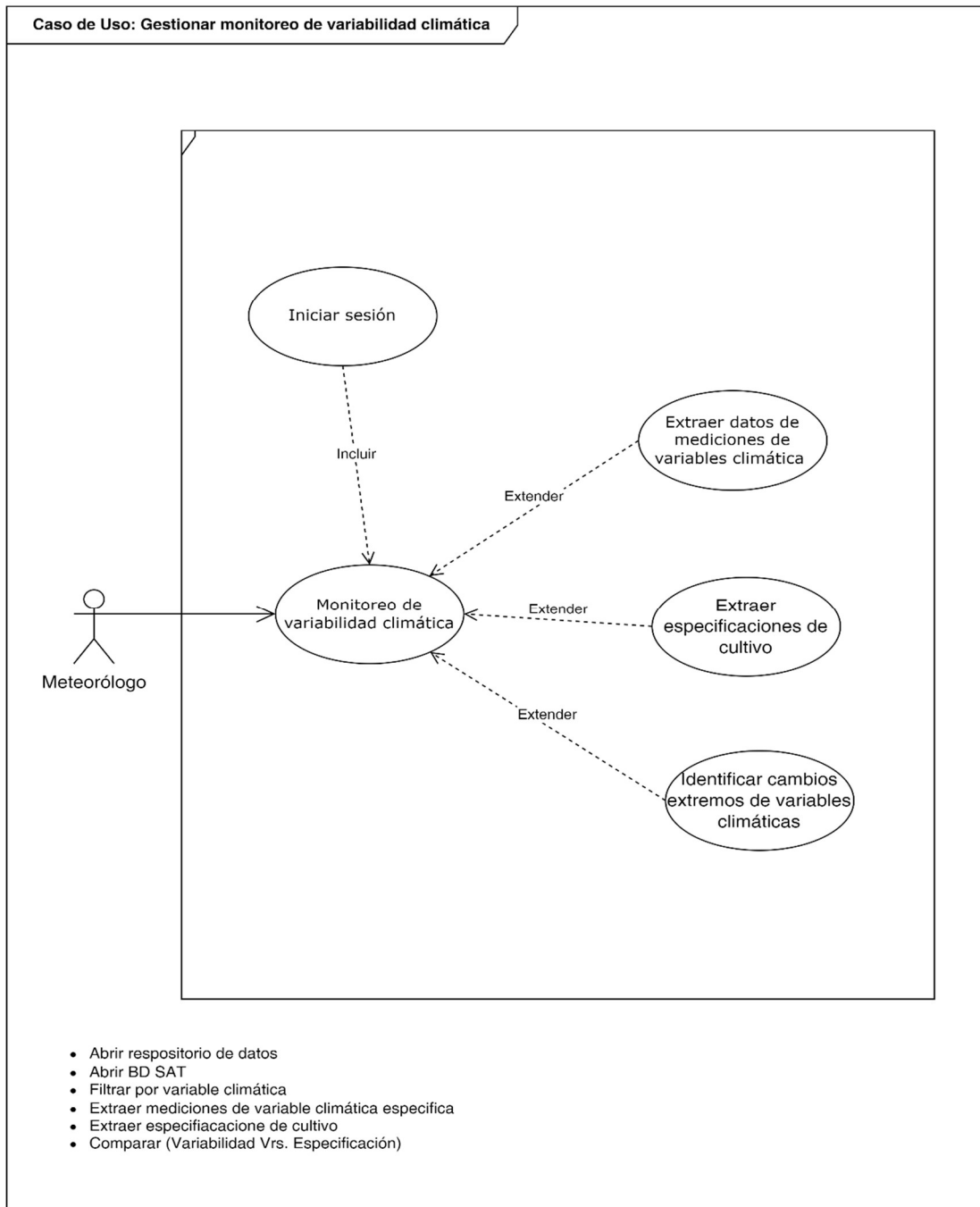


Figura 47. Caso de Uso: Gestionar monitoreo de variabilidad climática

Código	CU-036	Nombre	Monitoreo de variabilidad climática
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Monitoreo de la variabilidad climática.		
Descripción	El usuario encargado del monitoreo de la variabilidad climática busca identificar cambios extremos en las condiciones ambientales del área cultivable para realizar tal tarea debe obtener datos del repositorio institucional que está conectado directamente a las estaciones meteorológicas.		
Precondiciones	Las mediciones de las variables climáticas deben haberse registrado previamente en el repositorio de datos del proyecto, de manera similar las especificaciones de cada cultivo deben haberse registrado previamente en la base de datos del SAT		
Postcondiciones	De existir, las variaciones extremas son identificadas.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El usuario selecciona la opción "Monitoreo de variabilidad climática". 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Extraer datos de mediciones de variables climática 2. Extraer especificaciones del cultivo 3. Identifica cambios extremos 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	La conexión al repositorio de datos institucional debe ser exitosa.		
Extender	Extraer datos de mediciones, extraer especificaciones, e identificar cambios extremos.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 51. Descripción del caso de uso Monitoreo de Variabilidad Climática

Diagrama de actividad: Monitoreo de la variabilidad climática

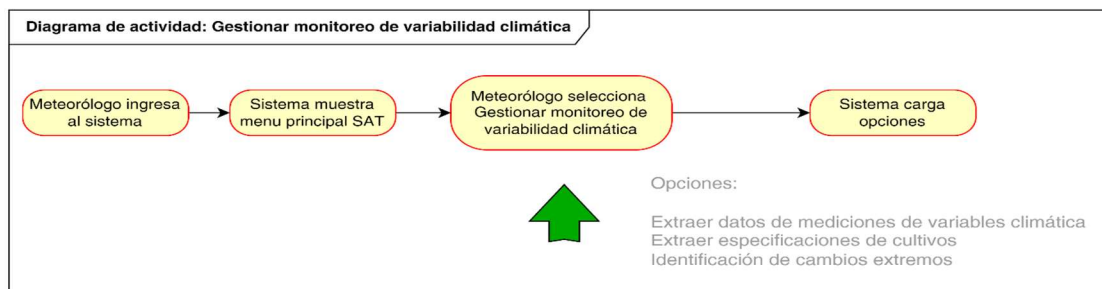


Figura 48. Diagrama de actividad: Monitoreo de la variabilidad climática

Código	CU-037	Nombre	Extraer datos de mediciones de variables climáticas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Extraer mediciones de variables climáticas registradas en el repositorio de datos institucional (Data Warehouse del proyecto)		
Descripción	El usuario encargado extraer los datos del repositorio institucional debe especificar la variable climática de interés. (o conjunto de variables) y el período.		
Precondiciones	Las mediciones de las variables climáticas de interés deben haberse registrado previamente en el repositorio de datos del proyecto.		
Postcondiciones	Datos obtenidos satisfactoriamente y almacenados temporalmente en el SAT.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Monitoreo de variabilidad climática” y luego selecciona “Extraer datos de mediciones de variables climáticas”. 3. El sistema carga el formulario correspondiente. 4. El usuario especifica la variable climática de interés y un período específico para el cual requieren los datos (inicio y fin) 5. El sistema se comunica con el repositorio institucional para conectarse al Data Warehouse y obtener los datos 6. Los datos se extraen y almacenan temporalmente en la base de datos del SAT. 7. Caso de uso finalizado. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no se logre conectar al repositorio de datos institucional o los datos ingresados no sean correctos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje de verificación de datos. 2. Retorna a paso 3 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. 		
Requisitos especiales	Se requiere la autorización para conectarse al repositorio de datos (Data Warehouse) y la conexión al repositorio de datos institucional debe ser exitosa.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 52. Descripción del caso de uso Extraer datos de mediciones de Variables Climáticas

Diagrama de actividad: Extraer mediciones de variables climáticas

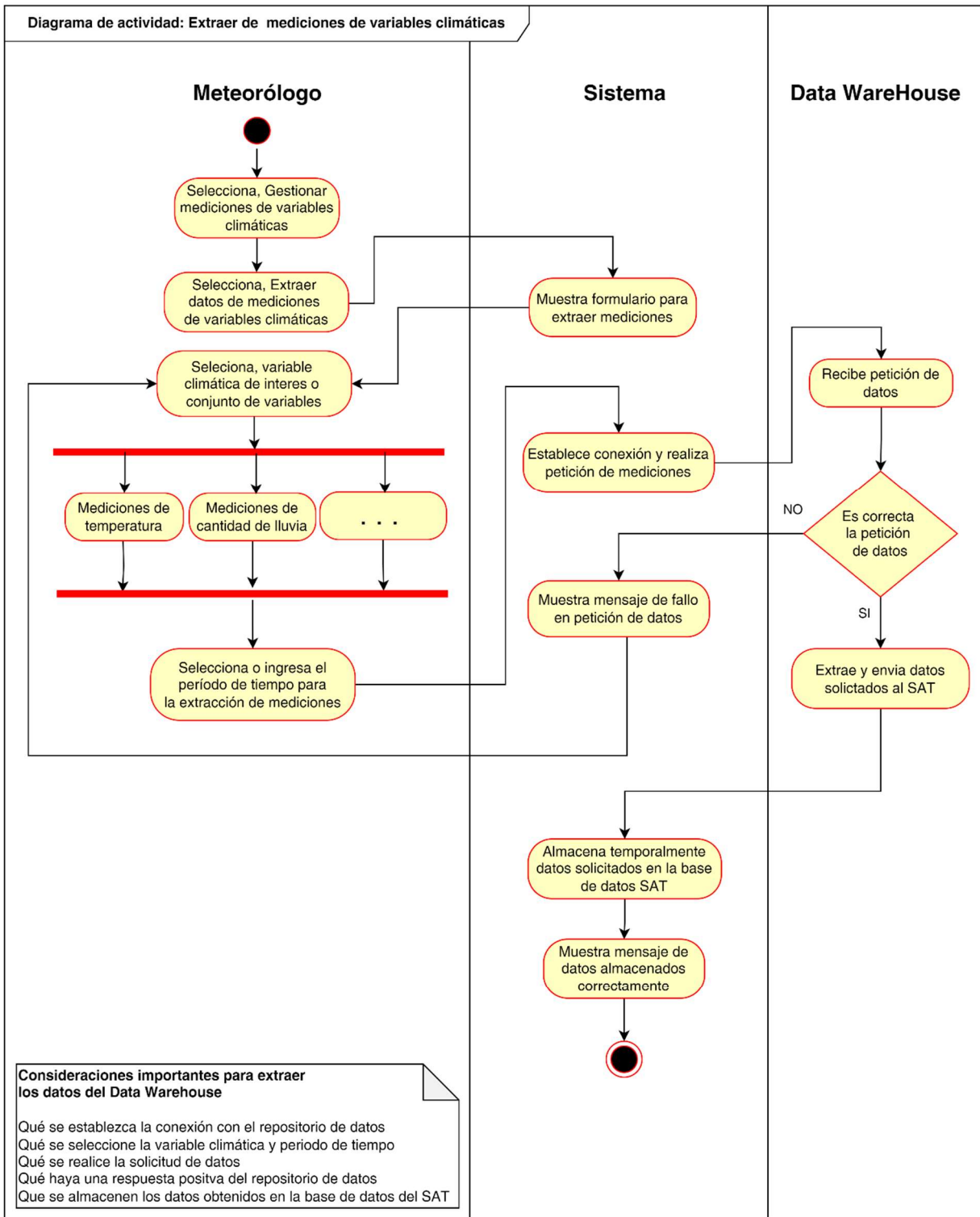


Figura 49. Diagrama de actividad: Extraer mediciones de variables climáticas

Código	CU-038	Nombre	Extraer datos de mediciones de variables climáticas automáticamente
Actores	Meteorólogo		
Propósito	Extraer mediciones de variables climáticas registradas en el repositorio de datos institucional (Data Warehouse del proyecto) de forma automática con una frecuencia de definida		
Descripción	Al poner en producción el sistema, el usuario encargado de extraer los datos del repositorio institucional debe especificar las variables para las cuales extraerá las mediciones y a cada cuántas horas, se ejecutará automáticamente el proceso de extracción. (inicialmente, el periodo establecido de extracción requiere las mediciones de las últimas seis horas).		
Precondiciones	Las mediciones de las variables climáticas de interés deben haberse registrado previamente en el repositorio de datos del proyecto.		
Postcondiciones	Datos obtenidos satisfactoriamente y almacenados temporalmente en el SAT.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Monitoreo de variabilidad climática” y luego selecciona “Extraer datos de mediciones de variables climáticas automáticamente”. 3. El sistema carga el formulario correspondiente. 4. El usuario especifica las variables climáticas de interés y el número de horas del conjunto de mediciones a extraer. 5. El usuario inicia el proceso de extracción. 6. El sistema se comunica con el repositorio institucional para conectarse al Data Warehouse 7. El Data Warehouse ejecuta solicitud de extracción y envía datos al SAT. 8. El sistema almacena los datos en la base de datos del SAT. 9. Caso de uso finalizado. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no se logre conectar al repositorio de datos institucional o los datos ingresados no sean correctos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (6 a) El sistema despliega mensaje de fallo en conexión a repositorio de datos. 2. Retorna a paso 5 del flujo básico, para que el proceso se ejecute nuevamente e intente conectarse. 		
Requisitos especiales	Se requiere la autorización para conectarse al repositorio de datos (Data Warehouse) y la conexión al repositorio de datos institucional debe ser exitosa.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 53. Descripción del caso de uso Extraer Datos de Mediciones de Variables Climáticas Automáticamente

Código	CU-039	Nombre	Extraer especificaciones de cultivo
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Extraer especificaciones de cultivos		
Descripción	El usuario encargado de extraer los datos técnicos de crecimiento y desarrollo de cada cultivo debe obtener las especificaciones de todos los cultivos registrados en el SAT.		
Precondiciones	Los datos técnicos asociados a cada cultivo deben haberse registrado previamente en la base de datos del SAT.		
Postcondiciones	Datos obtenidos satisfactoriamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Monitoreo de variabilidad climática” y luego selecciona “Extraer especificaciones de cultivo”. 3. El sistema solicita periodo de tiempo para cargar datos solicitados. 4. El usuario especifica el período específico para el cual requieren los datos (inicio y fin) 5. El sistema se conecta a la base de datos SAT para obtener los datos 6. El Sistema extrae y almacena los datos temporalmente. 7. Sistema envía mensaje de datos extraídos y almacenados correctamente 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, se encuentren datos de especificaciones de cultivos para el periodo indicado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje indicando que no existen datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente nuevamente con un periodo diferente. 		
Requisitos especiales	Que se hayan implementado MIAF en el periodo solicitado.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 54. Descripción del caso de uso Extraer Especificaciones de Cultivo

Diagrama de actividad: Extraer especificaciones de cultivos

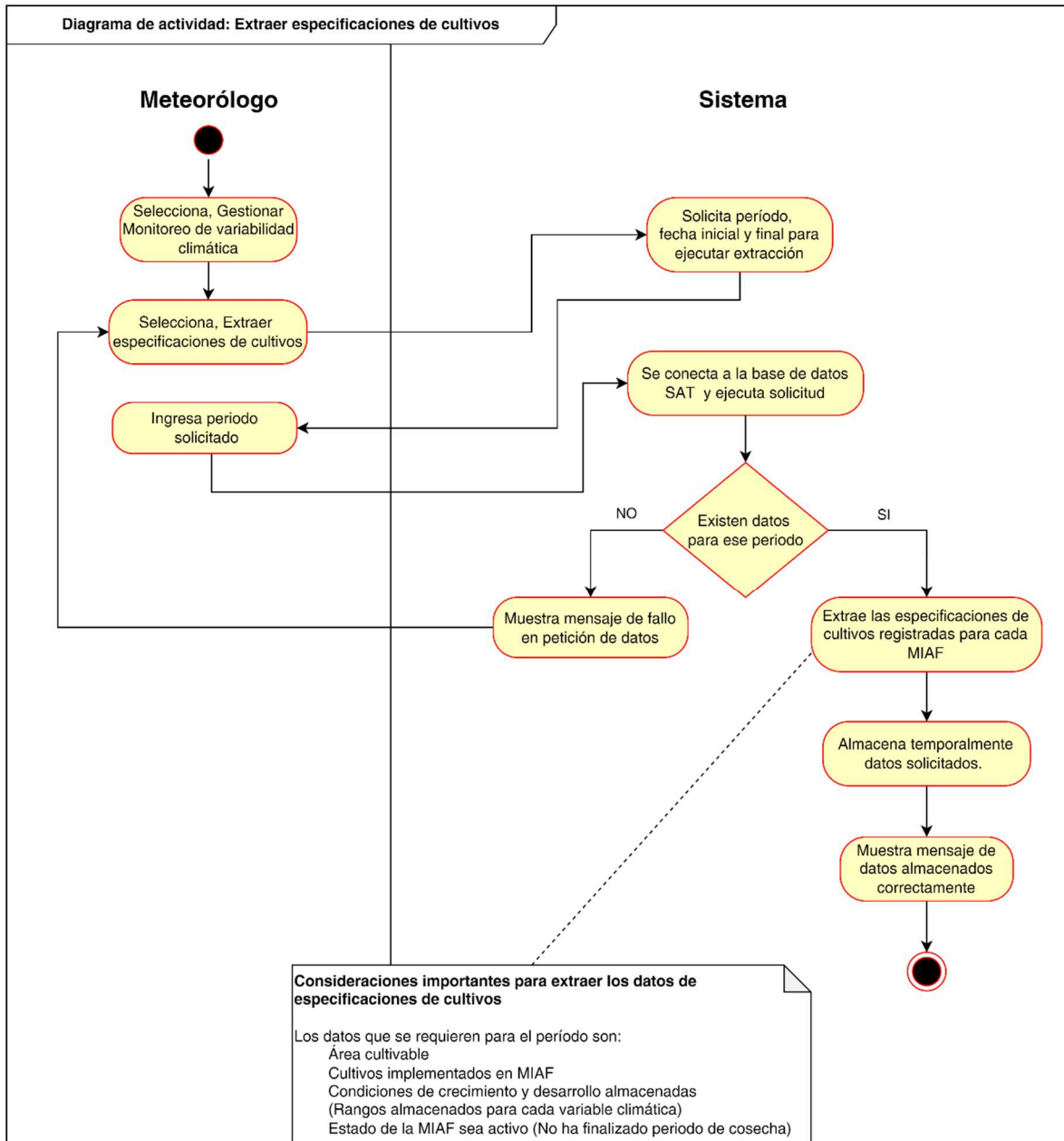


Figura 51. Diagrama de actividad: Extraer especificaciones de cultivos

Código	CU-040	Nombre	Identificar cambios extremos en variables climáticas
Actores	Meteorólogo, e Investigador		
Propósito	Identificar la existencia de cambios extremos en el clima en las áreas cultivables		
Descripción	El usuario encargado de identificar cambios extremos podrá trasladar evidencias de variaciones climáticas que potencialmente puedan dañar los cultivos. Por tanto, deben obtener evidencias con fines de generar alertas.		
Precondiciones	Se requiere tener acceso a las mediciones de variables climáticas (almacenadas en el Data Warehouse) y las especificaciones de los cultivos para efectos de contrastar.		
Postcondiciones	Evidencia de cambios extremos.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Monitoreo de variabilidad climática” y luego selecciona “Identificar cambios extremos”. 3. El sistema carga el formulario correspondiente. 4. El usuario especifica la variable climática de interés y periodo de tiempo (últimas seis horas, últimas doce horas, etc.) 5. El sistema verifica la existencia de mediciones para ese periodo en la base de datos. 6. El sistema extrae las mediciones para ese periodo. 7. El sistema realiza comparación de mediciones registradas contra rangos de crecimiento y desarrollo considerados normales para el cultivo. (especificaciones) 8. El sistema presenta resultados al usuario. 9. El sistema registra variaciones extremas detectadas. 10. El sistema envía mensaje indicando la existencia de cambios extremos en variables. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no existan mediciones de variables climáticas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema despliega mensaje de fallo en petición de datos. 2. Retorna a paso 4 del flujo básico, para que el interesado corrija e intente la carga de datos. <p>En caso de que, no se detecten cambios extremos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (7 a) El sistema envía mensaje indicando que no se registraron cambios extremos. 2. Caso de uso finalizado. 		
Requisitos especiales	Parámetros de crecimiento asociados a la variable climática que se está analizando.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 55. Descripción del caso de uso Identificar Cambios Extremos en la Variables Climáticas

Diagrama de actividad: Identificar cambios extremos en variables climáticas

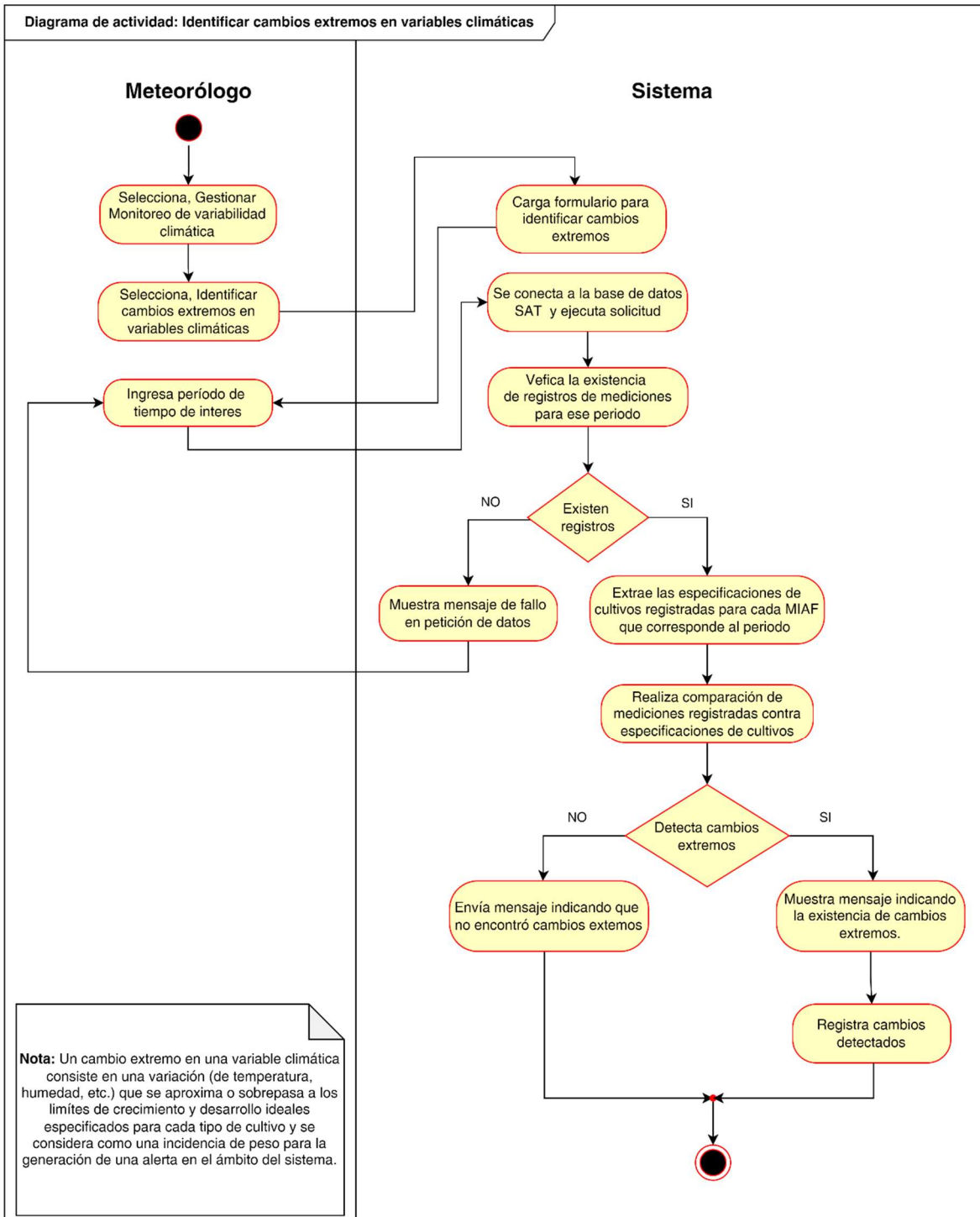


Figura 52. Diagrama de actividad: Identificar cambios extremos en variables climáticas

Generación y comunicación de alertas

Caso de uso: Generación y comunicación de alertas

Este caso de uso genera alertas por identificación de una variabilidad extrema en las mediciones para cada variable climática monitoreada desde las estaciones meteorológicas, las variaciones detectadas se contrastan con las especificaciones de los cultivos con las que se indican las condiciones ideales de crecimiento y desarrollo. Después se identifica el tipo de alerta y la forma de comunicar a los productores, en algunos casos existen alertas que requieren autorización del director de proyecto para comunicarse.

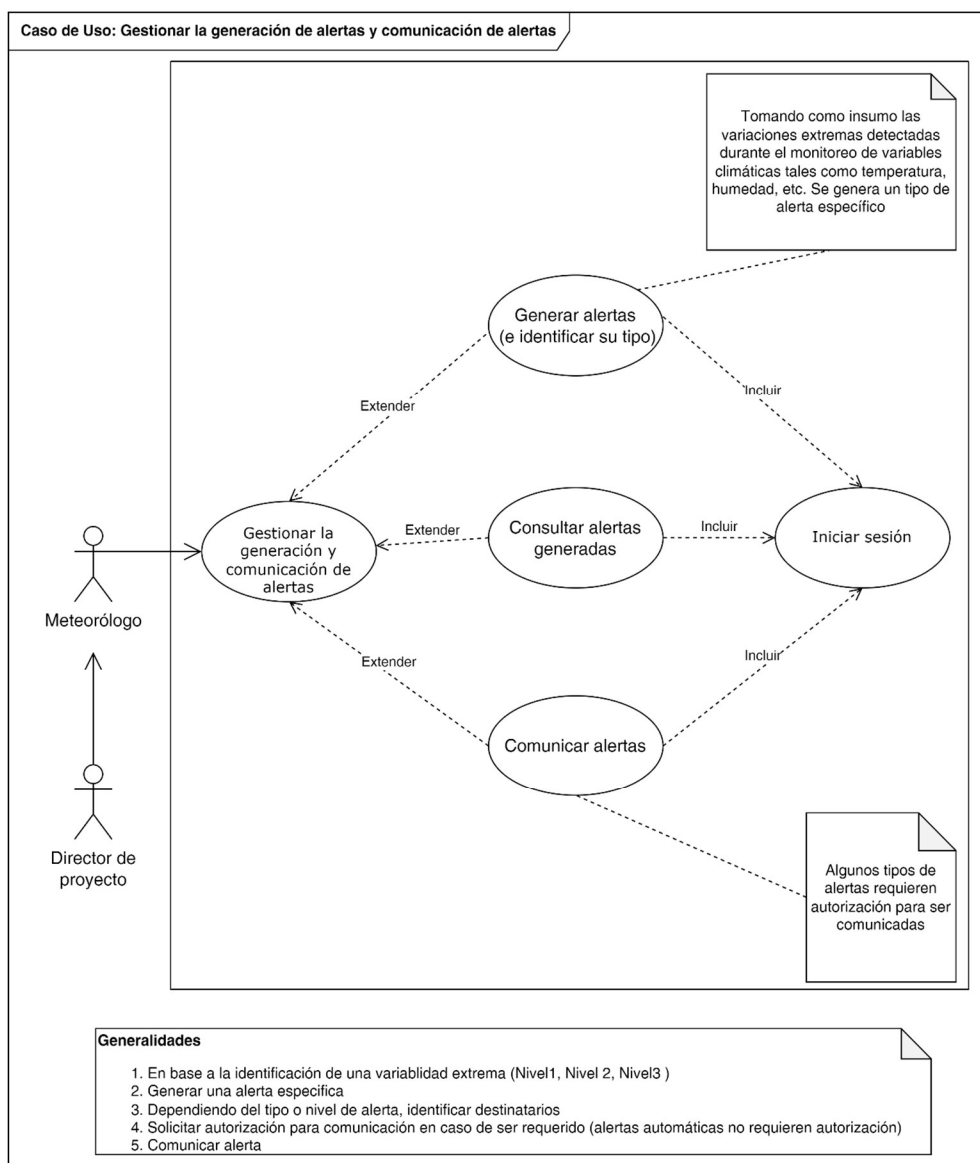


Figura 53. Caso de uso: Generación y comunicación de alertas

Código	CU-041	Nombre	Gestionar la generación y comunicación de alertas
Actores	Meteorólogo, y director de proyecto		
Propósito	Generar alertas y comunicarlas a los productores		
Descripción	Las alertas del sistema surgen de contrastar las variaciones climáticas extremas contra las definiciones de alertas registradas en el sistema, para identificar su tipo y nivel para comunicar oportunamente a los productores.		
Precondiciones	Previamente a la generación de alertas, Debe haberse detectado variaciones climáticas extremas. (mediciones de variabilidad hechas por las estaciones meteorológicas y almacenadas en el repositorio de datos)		
Postcondiciones	Cuando se detecta una variación extrema, se genera una alerta.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la generación y comunicación de alertas”. 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Generar alerta e identificar su tipo 2. Consultar alertas generadas 3. Comunicar alertas 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	La conexión al repositorio de datos institucional debe ser exitosa. Además, se debe contar con mediciones registradas.		
Extender	Extraer datos de mediciones, extraer especificaciones, e identificar cambios extremos.		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 56. Descripción del caso de uso Gestionar la Generación y Comunicación de Alertas

Diagrama de caso de actividad: Gestionar la generación y comunicación de alertas

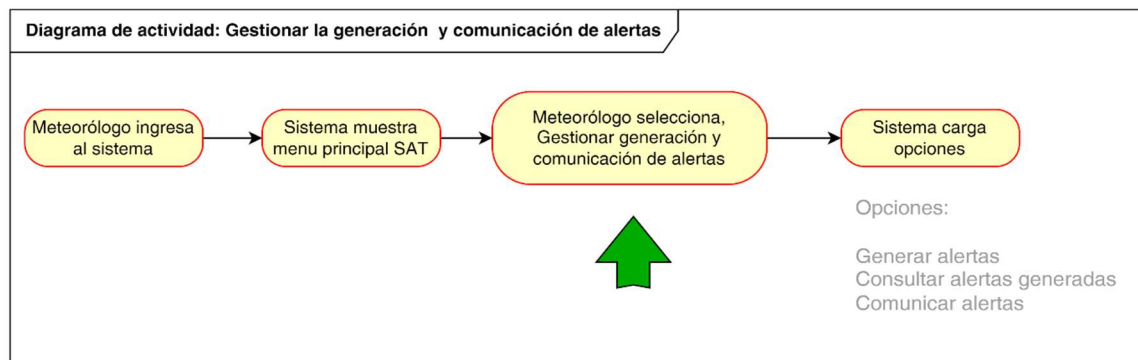


Figura 54. Diagrama de caso de actividad: Gestionar la generación y comunicación de alertas

Código	CU-042	Nombre	Generar alertas
Actores	Meteorólogo, y director de proyecto		
Propósito	Generar una alerta ante la detección de una variación climática que pueda afectar los cultivos de una MIAF.		
Descripción	Una vez que se detecta una variación extrema, el sistema debe de identificar el nivel de variación y el tipo de alerta que debe emitir. Dependiendo el impacto que pueda tener en los cultivos tal variabilidad.		
Precondiciones	El sistema previamente identifica variaciones extremas en la zona cultivada. Los diferentes tipos de alertas y su definición deben estar registrados en el sistema.		
Postcondiciones	Alerta generada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la generación y comunicación de alertas” y luego selecciona “Generar alertas”. 3. El sistema carga el registro de variaciones extremas detectadas. 4. El sistema carga las definiciones de alertas registradas. Incluye los rangos de variabilidad de temperatura, humedad, cantidad de lluvia, etc. 5. El sistema identifica el tipo y nivel de alerta y crea un registro específico por cada alerta generada. En esta tarea, se compara la variabilidad detectada contra la definición de la alerta (rangos de variabilidad). 6. Termina el caso de uso 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no existan variaciones climáticas extremas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje indicando la inexistencia de variaciones. 2. Caso de uso termina. <p>En caso de que, no se encuentren definiciones de alertas registradas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron alertas registradas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Cada cultivo debe tener un conjunto de alertas asociadas de acuerdo con sus características específicas de desarrollo.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 57. Descripción del caso de uso Generar Alertas

Diagrama de actividad: Generar alertas

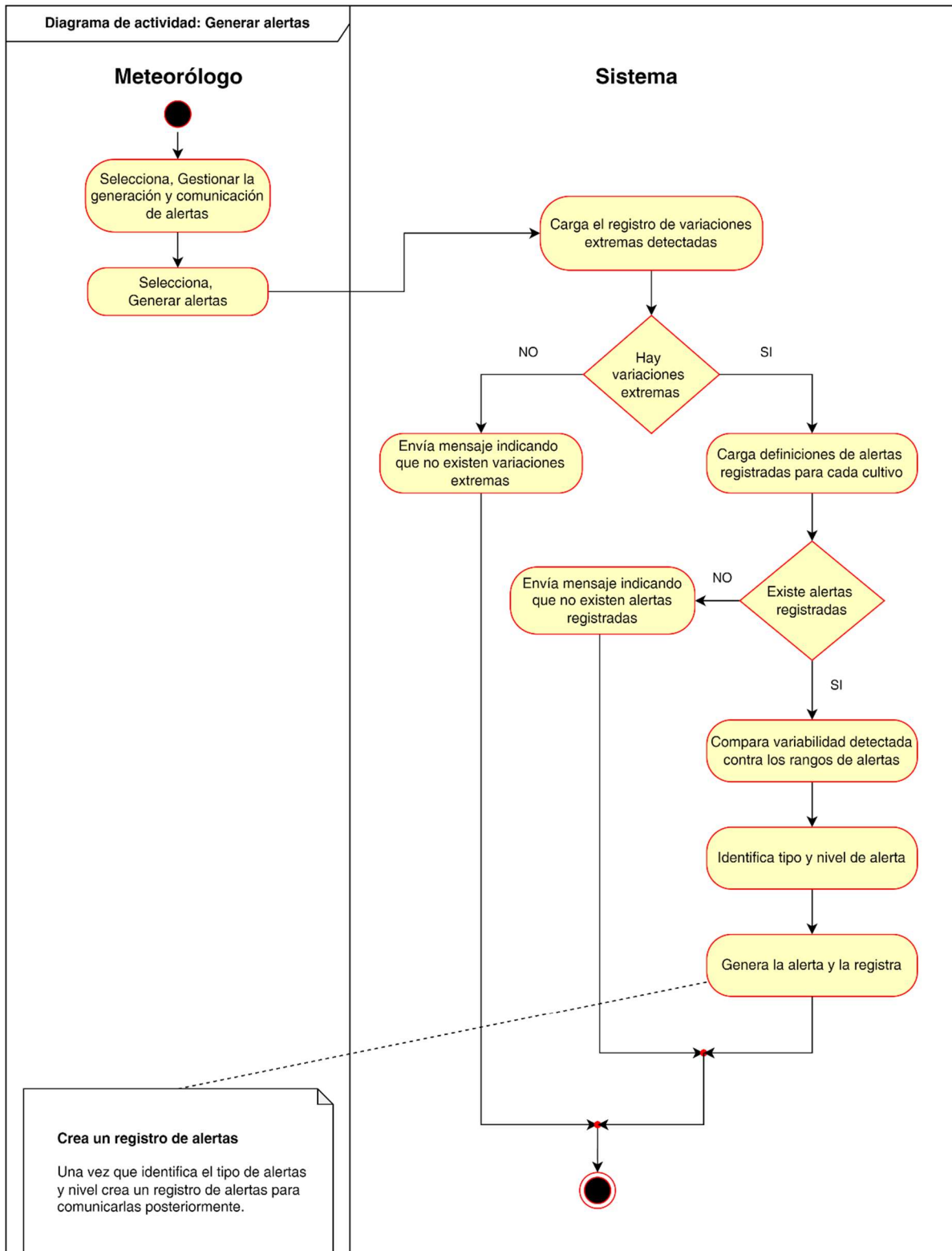


Figura 55. Diagrama de actividad: Generar alertas

Código	CU-043	Nombre	Consultar alertas generadas
Actores	Meteorólogo, y director de proyecto		
Propósito	Consultar las alertas que ha generado el sistema con variaciones climáticas detectadas.		
Descripción	Al implementar una MIAF por área cultivable, y dadas las variaciones climáticas que se presentan a lo largo del tiempo y en una región, es posible que se generen diversas alertas. Por tanto, antes de proceder a comunicar las alertas es importante revisarlas y luego tomar decisiones respecto a la forma correcta de comunicar éstas, a los productores.		
Precondiciones	El sistema debió generar las alertas previamente.		
Postcondiciones	Alerta consultada.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la generación y comunicación de alertas” y luego selecciona “Consultar alertas generadas”. 3. El sistema carga el registro de alertas generadas. 4. El sistema muestra formulario para la consulta de alertas 5. El usuario consulta las alertas filtrando área cultivable o MIAF. 6. El usuario consulta las alertas filtrando por tipo y nivel de alerta 7. El usuario consulta las alertas filtrando por tipo de variable climática. 8. El sistema muestra alertas de acuerdo con la selección realizada por el usuario 9. Termina caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no existan alertas generadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje indicando la inexistencia de alertas 2. Caso de uso termina. <p>En caso de que, no se encuentren alertas registradas para un área cultivable específica, nivel o variable climática específica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron alertas registradas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	<p>Se requiere que, en el área cultivable, se esté implementando un MIAF y éste se encuentra activo. (el período de siembra y cosecha debe estar vigente)</p> <p>Las alertas generadas deben corresponder a la última extracción de datos hecha del repositorio. (últimas seis horas)</p>		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 58. Descripción del caso de uso Consultar Alertas Generadas

Diagrama de actividad: Consultar alertas generadas

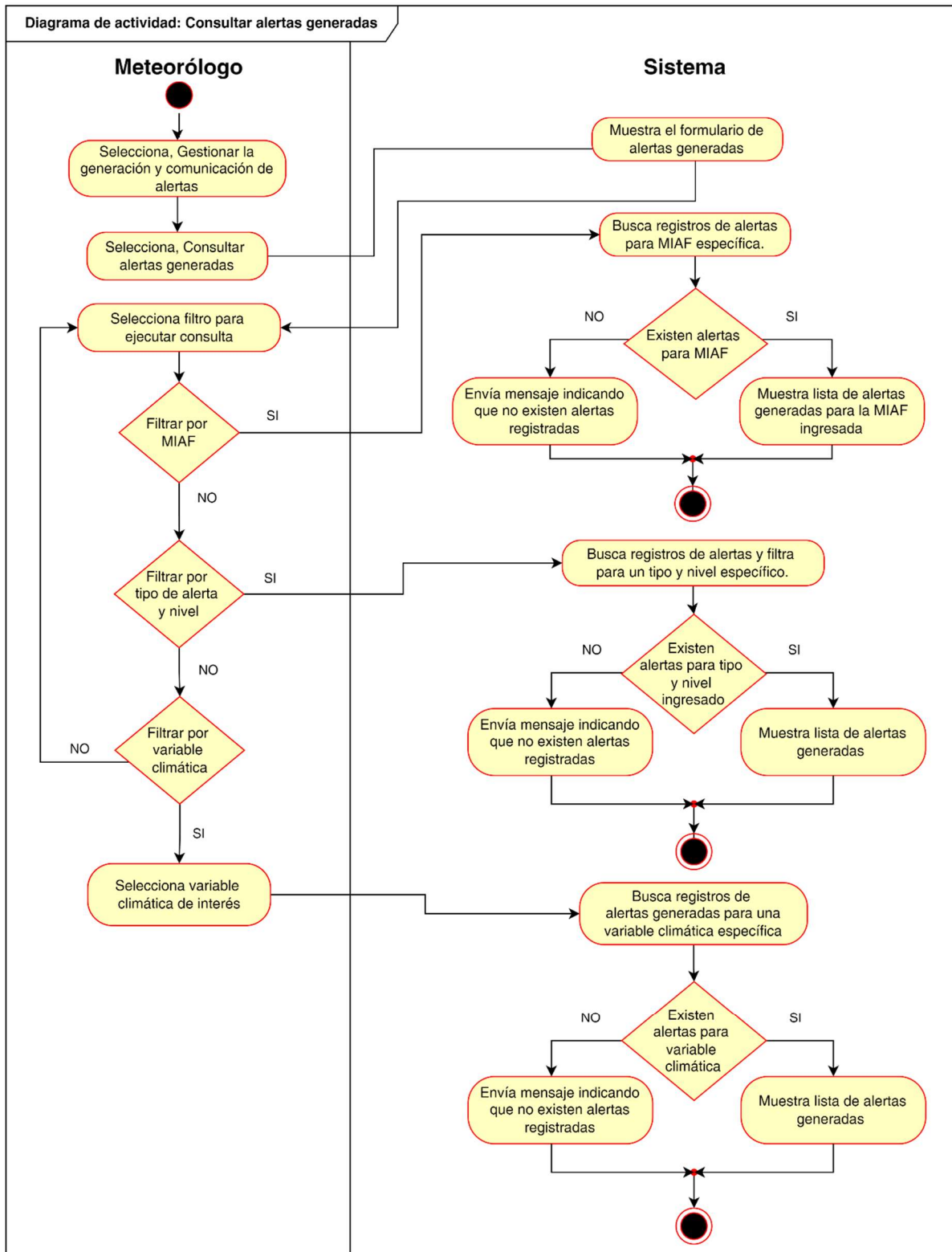


Figura 56. Diagrama de actividad: Consultar alertas generadas

Código	CU-044	Nombre	Comunicar alertas
Actores	Meteorólogo, y director de proyecto		
Propósito	Comunicar las alertas a los productores y demás interesados.		
Descripción	El sistema generará principalmente dos tipos de alertas (automáticas y manuales, cada una con su correspondiente nivel o niveles de alerta). Independientemente del tipo o nivel, estas deberán de comunicarse a los agricultores mediante una App desarrollada para dispositivos móviles e instalada en los teléfonos celulares de los agricultores que participan en el proyecto a través de la implementando de MIAF.		
Precondiciones	El sistema debió generar las alertas previamente.		
Postcondiciones	Alertas enviadas a dispositivos móviles de los productores.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la generación y comunicación de alertas” y luego selecciona “Comunicar alertas”. 3. El sistema carga el registro de alertas generadas. 4. El sistema muestra formulario para la consulta de alertas 5. El sistema busca los registros de alertas filtrando área cultivable o MIAF activas. 6. El sistema muestra alertas de acuerdo con la selección realizada por el usuario 7. El usuario selecciona la alerta o alertas que desea comunicar 8. El director de proyecto autoriza la comunicación de la alerta 9. Sistema envía alerta al dispositivo móvil del productor. 10. Termina caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no existan alertas generadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (3 a) El sistema despliega mensaje indicando la inexistencia de alertas 2. Caso de uso termina. <p>En caso de que, no se encuentren alertas registradas para un área cultivable específica, nivel o variable climática específica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron alertas registradas para esa área. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	<p>Se requiere que, en el área cultivable, se esté implementando un MIAF y éste se encuentra activo. (el período de siembra y cosecha debe estar vigente)</p> <p>Las alertas generadas deben corresponder a la última extracción de datos hecha del repositorio. (últimas seis horas)</p>		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 59. Descripción del caso de uso Comunicar Alertas

Diagrama de actividad: Comunicar alerta

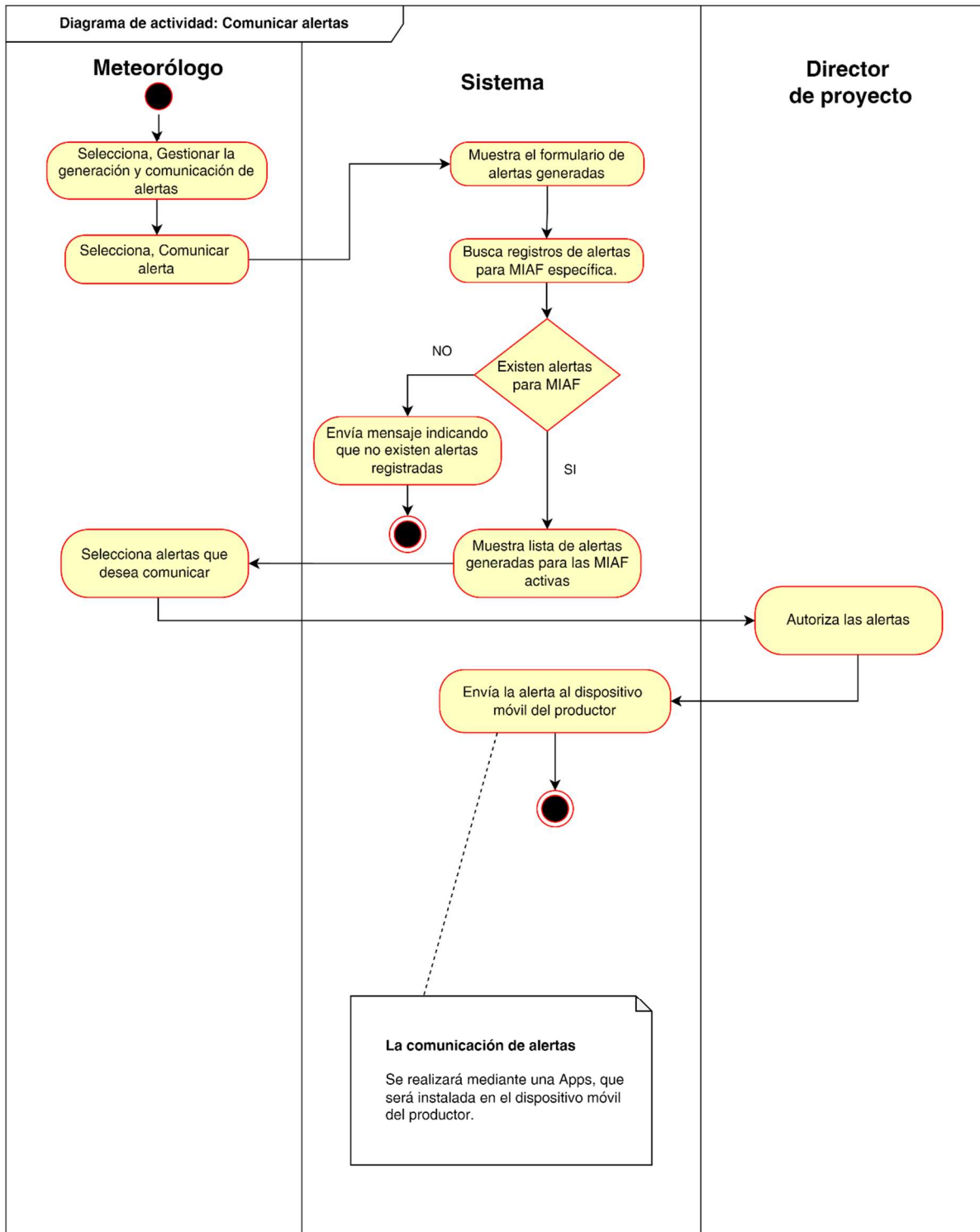


Figura 57. Diagrama de actividad: Comunicar alerta

Gestionar la visualización del SAT

Caso de uso: Gestionar la visualización del SAT

Este caso de uso está relacionado a la forma en la que el SAT presenta la información obtenida, la cual es producto de la medición de la variabilidad climática y el monitoreo de cultivos, de forma tal, que es posible mostrar resultados en forma de tablas, gráficos y mapas. El requerimiento que se describe mediante el caso de uso busca facilitar la comprensión de los resultados que el sistema brinda a sus usuarios, principalmente al director del proyecto, meteorólogos, productores, entre otros.

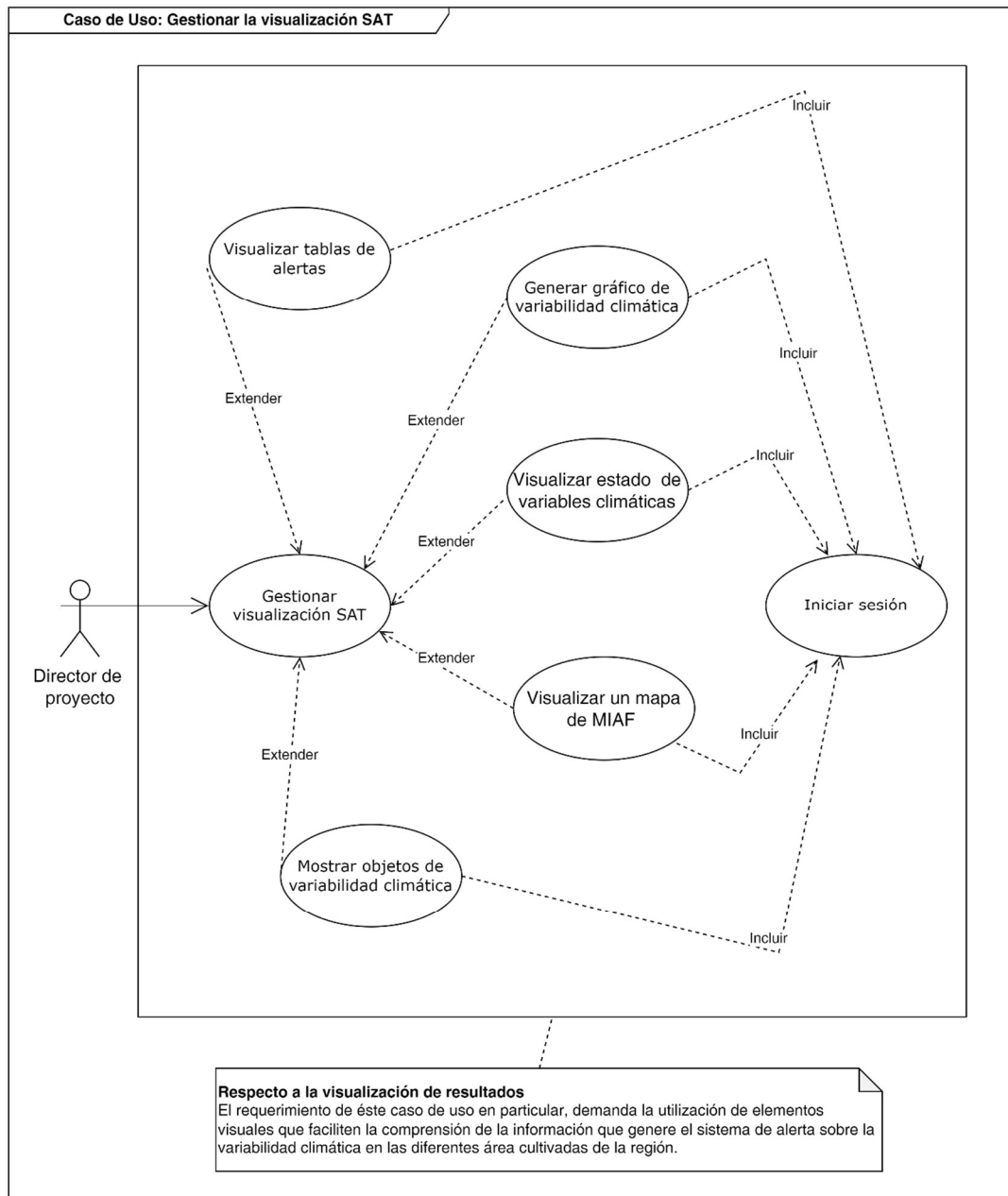


Figura 58. Caso de uso: Gestionar la visualización del SAT

Código	CU-045	Nombre	Gestionar la visualización del SAT
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar información consolidada de la variabilidad climática.		
Descripción	Presentar información consolidada a los usuarios empleando tablas, gráficos, iconos y mapas.		
Precondiciones	La información por presentar en los medios mencionados requiere que ésta, se haya generado previamente.		
Postcondiciones	Información asociada a elementos visuales.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema 2. El usuario selecciona la opción "Gestionar la visualización del SAT". 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Visualizar tablas de alertas 2. Generar gráficos de variabilidad climática 3. Visualizar estado de las variables climáticas 4. Visualizar mapa de MIAF 5. Mostrar objetos o elementos de variabilidad climática. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	En algunos casos de uso, se requiere que la información a presentar se genere previamente. (se especificará en el detalle de cada uno)		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 60. Descripción del caso de uso Gestionar la Visualización SAT

Diagrama de actividad: Gestionar la visualización de alertas

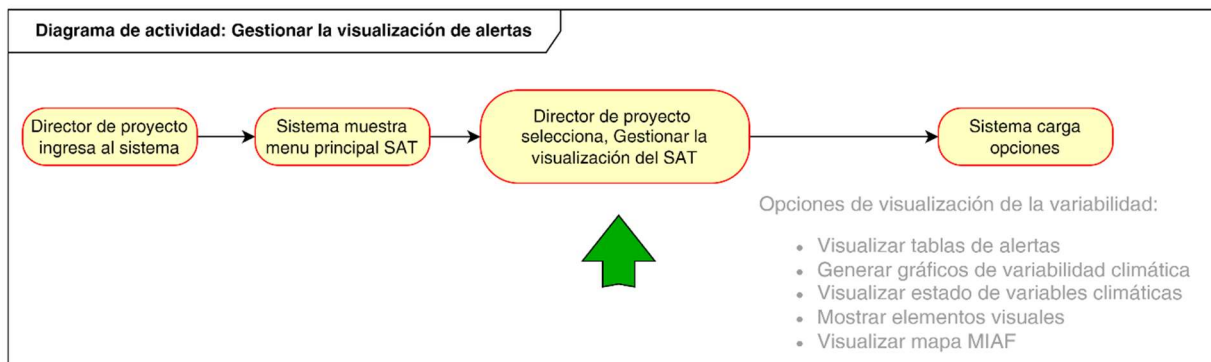


Figura 59. Diagrama de actividad: Gestionar la visualización de alertas

Código	CU-046	Nombre	Visualizar tablas de alertas
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar las alertas generadas para la última extracción de datos del repositorio mediante la utilización de tablas.		
Descripción	Cuando se han generado las alertas, se mostrarán en una tabla clasificada por tipo, nivel y frecuencia con la que se han presentado en un período de tiempo.		
Precondiciones	Las alertas se deben generar previamente. (el insumo para este caso de uso es el registro de alertas generadas previamente)		
Postcondiciones	Tabla de alertas consolidada		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la visualización del SAT” y luego selecciona “Visualizar tablas de alertas”. 3. El sistema el formulario para generar la tabla. 4. El usuario indica el periodo de tiempo para obtener un conjunto de alertas filtrado. 5. El sistema carga el registro de alertas 6. El sistema genera consolidado de alertas, clasificándolas por tipo nivel. 7. El sistema calcula la frecuencia con la que se han presentado las alertas en el periodo indicado. 8. El sistema genera la tabla correspondiente 9. El director de proyecto verifica y habilita el resultado y éste queda a disposición de los usuarios para ser consultado. 10. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el período sea incorrecto</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que el período ingresado es incorrecto. 2. Caso de uso finaliza. <p>En caso de que, no se encuentren alertas registradas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (6 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron alertas registradas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Solamente el director de proyecto puede habilitar los elementos generados para su visualización. (tabla generada)		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 61. Descripción del caso de uso Visualizar Tablas de Alertas

Diagrama de actividad: visualizar tablas de alertas

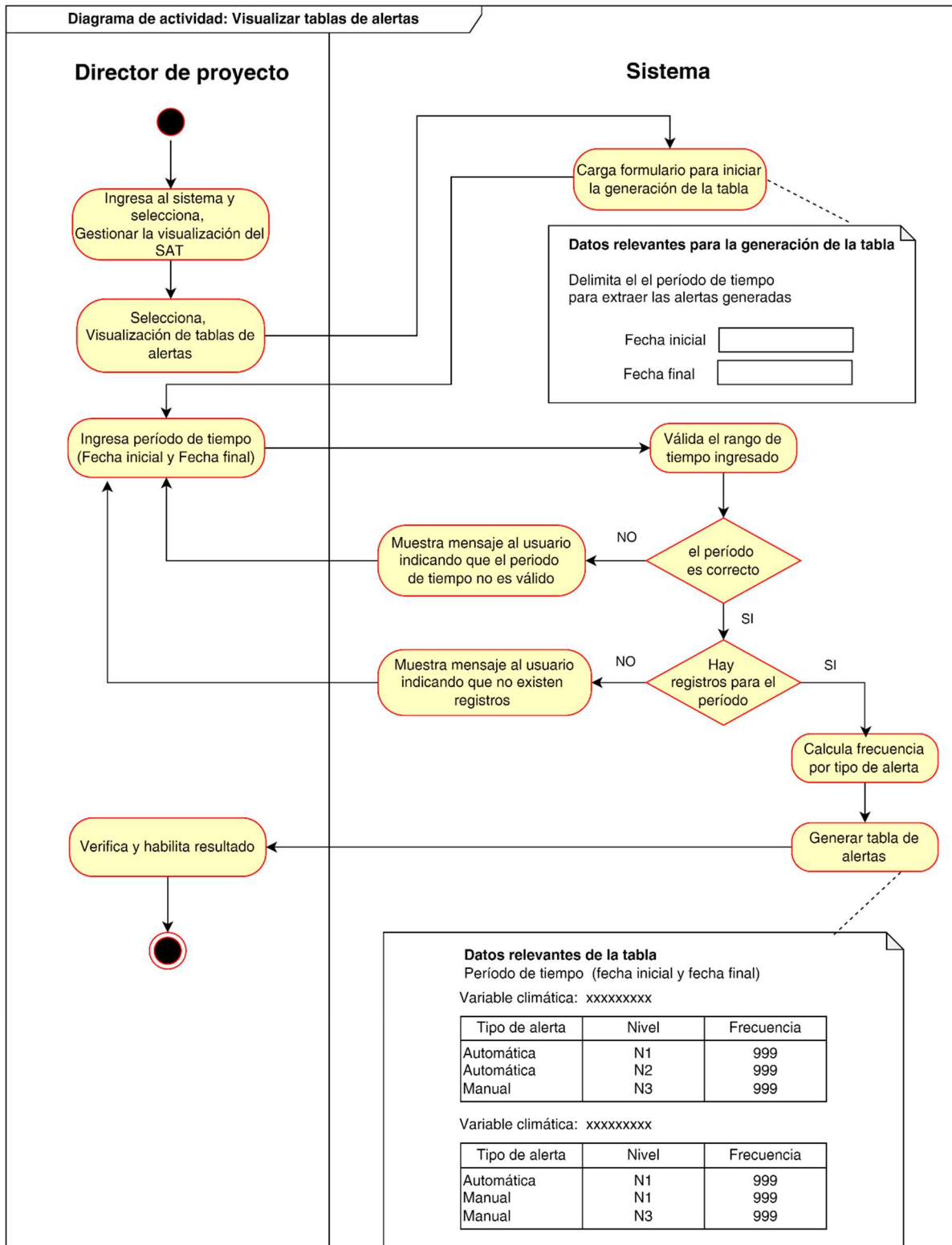


Figura 60. Diagrama de actividad: visualizar tablas de alertas

Código	CU-047	Nombre	Generar gráficos de variabilidad climática
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar la variabilidad climática presentada en la región o la variabilidad medida por una estación meteorológica específica, en un período de tiempo mediante el uso de gráficos.		
Descripción	El sistema debe generar gráficos relacionados con la variabilidad climática en un periodo de tiempo. El usuario podría escoger entre al menos dos tipos de gráficos (líneas y barras) para representar la variable climática de interés o el conjunto de variables que se requiera.		
Precondiciones	La base de datos del SAT debe contar con los registros de la variabilidad climática promedio, para cada variable a mostrar.		
Postcondiciones	Gráfica(s) generada(s) exitosamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la visualización del SAT” y luego selecciona “Visualizar gráficos de variabilidad climática”. 3. El sistema carga el formulario para la generación de gráficos 4. El usuario indica el período de tiempo y tipo de gráfico a generar 5. El sistema valida el rango de tiempo especificado. 6. El usuario indica la variable climática de interés. 7. El sistema filtra los registros en base a los parámetros indicados 8. El sistema genera el gráfico correspondiente. 9. El director de proyecto verifica y habilita el resultado y éste queda a disposición de los usuarios para ser consultado. 10. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, el período sea incorrecto</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. (5 a) El sistema envía mensaje indicando que el período ingresado es incorrecto. 4. Caso de uso finaliza. <p>En caso de que, no se encuentren registros para la variable climática</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. (7 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros. <p>Caso de uso finaliza.</p>		
Requisitos especiales	Solamente el director de proyecto puede habilitar los elementos generados para su visualización. (gráficos generados)		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 62. Descripción del caso de uso Generar Gráficos de Variabilidad Climática

Diagrama de actividad: Generar gráficos de variabilidad climática

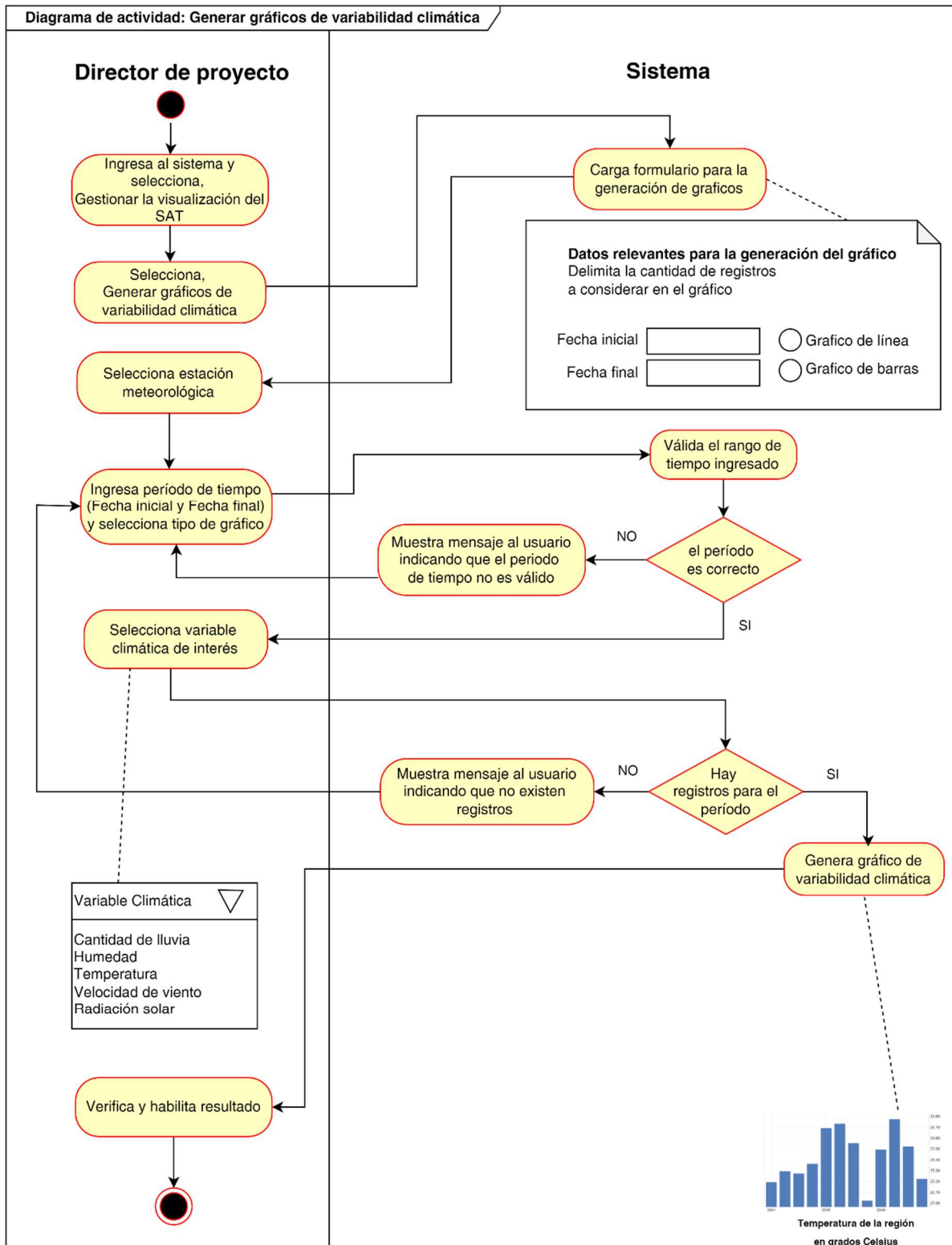
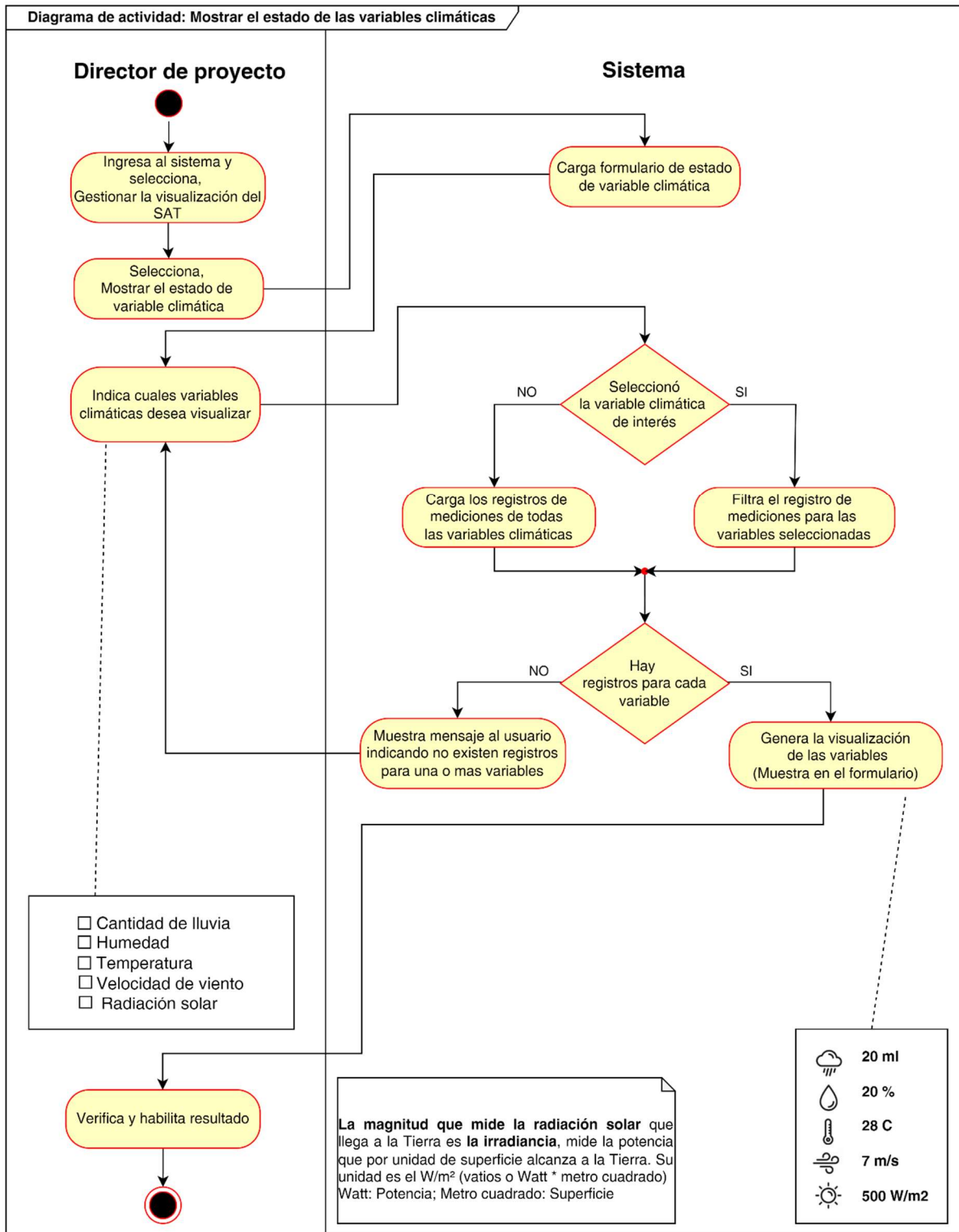


Figura 61. Diagrama de actividad: Generar gráficos de variabilidad climática

Código	CU-048	Nombre	Mostrar el estado de las variables climáticas
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar las últimas mediciones obtenidas del repositorio de datos correspondientes a cada variable climática monitoreada.		
Descripción	Cada variable climática monitoreada, debe estar asociada a un icono o figura mnemónica. El objeto representativo de la variable debe reflejar, las últimas mediciones promediadas en la base de datos del SAT.		
Precondiciones	Las últimas mediciones de variabilidad climática extraídas del Data Warehouse deben haber sido promediadas.		
Postcondiciones	Estado de variables climáticas mostrado exitosamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la visualización del SAT” y luego selecciona “Mostrar el estado de las variables climáticas”. 3. El sistema carga el formulario de estado de variable climática. 4. El usuario indica, cuáles son las variables que le interesa visualizar. (selecciona una o varias en opción múltiple) 5. El sistema verifica cuales son las variables de interés. 6. El sistema filtra los registros para extraer las últimas mediciones de las variables seleccionadas 7. El sistema verifica la existencia de registros 8. El sistema asocia las mediciones registradas a los iconos o figuras previamente establecidas para cada variable climática y las muestra. 9. El director de proyecto verifica y habilita el resultado y éste queda a disposición de los usuarios para ser consultado. 10. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se selecciona variable climática en el formulario.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema cargara los registros de las últimas mediciones de todas las variables climáticas. 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no existen registros.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (7 a) El sistema indicará al usuario la inexistencia de datos para visualización. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Las mediciones a emplear el presente caso de uso deben estar almacenadas en la base de datos del SAT.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 63. Descripción del caso de uso *Mostrar el Estado de las Variables Climáticas*

Diagrama de actividad: Mostrar el estado de las variables climáticas



Código	CU-049	Nombre	Mostrar elementos visuales
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar un conjunto de elementos visuales que representan la información que genera el sistema respecto al monitoreo de la variabilidad climática en la región.		
Descripción	Los elementos visuales corresponden a tablas gráficos y estados de variabilidad generados para un período de tiempo específico. Los elementos visuales son presentados al usuario en un mismo contenedor.		
Precondiciones	Deben existir registros de mediciones para el periodo que se esté ejecutando el caso de uso.		
Postcondiciones	Se visualiza el contenedor con elementos visuales generados.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la visualización del SAT” y luego selecciona “Mostrar elementos visuales”. 3. El sistema carga el formulario para la generación de elementos visuales. 4. El usuario selecciona los elementos que quiere visualizar 5. El sistema genera los elementos a visualizar (Tabla de alertas, estado de variables, gráficos de variabilidad, mapa MIAF) 6. El director de proyecto verifica y habilita el resultado y éste queda a disposición de los usuarios para ser consultado. 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se seleccionan elementos u objetos a visualizar en el formulario.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema indica al director de proyecto que debe seleccionar al menos una elemento u objeto 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no existen registros para cara elemento seleccionado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema indicará al usuario la inexistencia de datos para visualización. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Las mediciones a emplear el presente caso de uso deben estar almacenadas en la base de datos del SAT.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 64. Descripción del caso de uso *Mostrar Elementos Visuales*

Diagrama de actividad: Mostrar elementos visuales

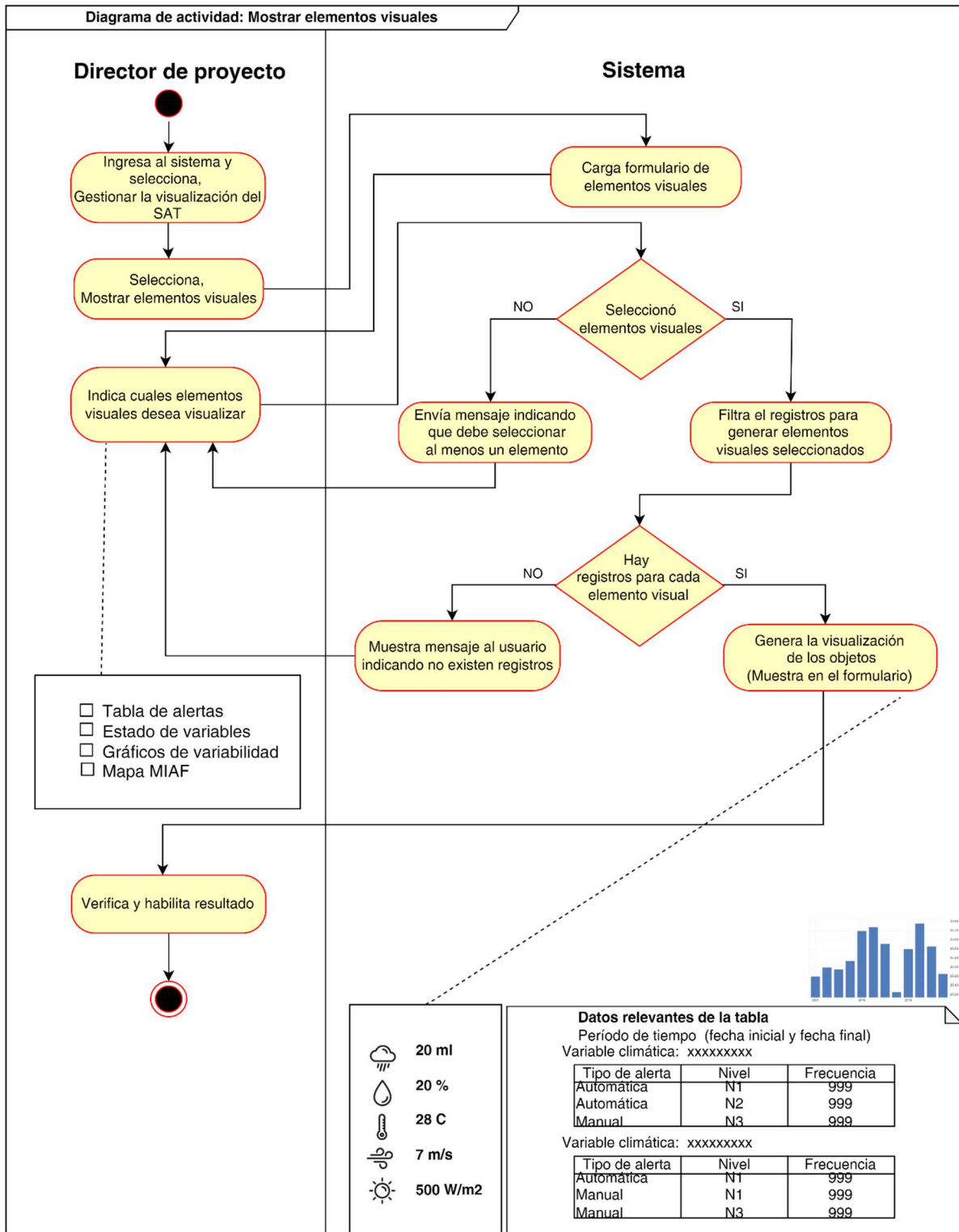


Figura 63. Diagrama de actividad: Mostrar elementos visuales

Código	CU-050	Nombre	Mostrar mapa MIAF
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar el conjunto de áreas o terrenos que tienen implementada una MIAF en una región cubierta por una estación meteorológica.		
Descripción	El requerimiento en este caso de uso busca visualizar un conjunto de áreas donde se tienen cultivos en proceso de crecimiento. (MIAF en estado activo), el elemento visual corresponde a un mapa de la región.		
Precondiciones	La MIAF debe haber sido registrada en el sistema, incluyendo coordenada que permite la geolocalización de esta.		
Postcondiciones	Se muestra el mapa donde se visualiza las áreas cultivadas.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Gestionar la visualización del SAT” y luego selecciona “Mostrar mapa MIAF”. 3. El sistema carga el formulario para la visualización de MIAF 4. El usuario selecciona, estación meteorológica específica. 5. El sistema carga registro áreas cultivadas, filtrado por la estación meteorológica indicada. 6. El sistema carga el mapa, enfatizando (con color o relleno) aquellas áreas o terrenos donde existe un MIAF en estado activo. 7. El director de proyecto verifica y habilita el resultado y éste queda a disposición de los usuarios para ser consultado. 8. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>En caso de que, no se seleccione una estación meteorológica específica,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema cargará los registros de todas las estaciones meteorológicas 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no existen registros de MIAF activas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema indicará al usuario la inexistencia de datos para visualización. 1. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Se requiere de un mapa de la región para la generación de elemento visual.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 65. Descripción del caso de uso Mostrar Mapa MIAF

Diagrama de actividad: Mostrar mapa MIAF

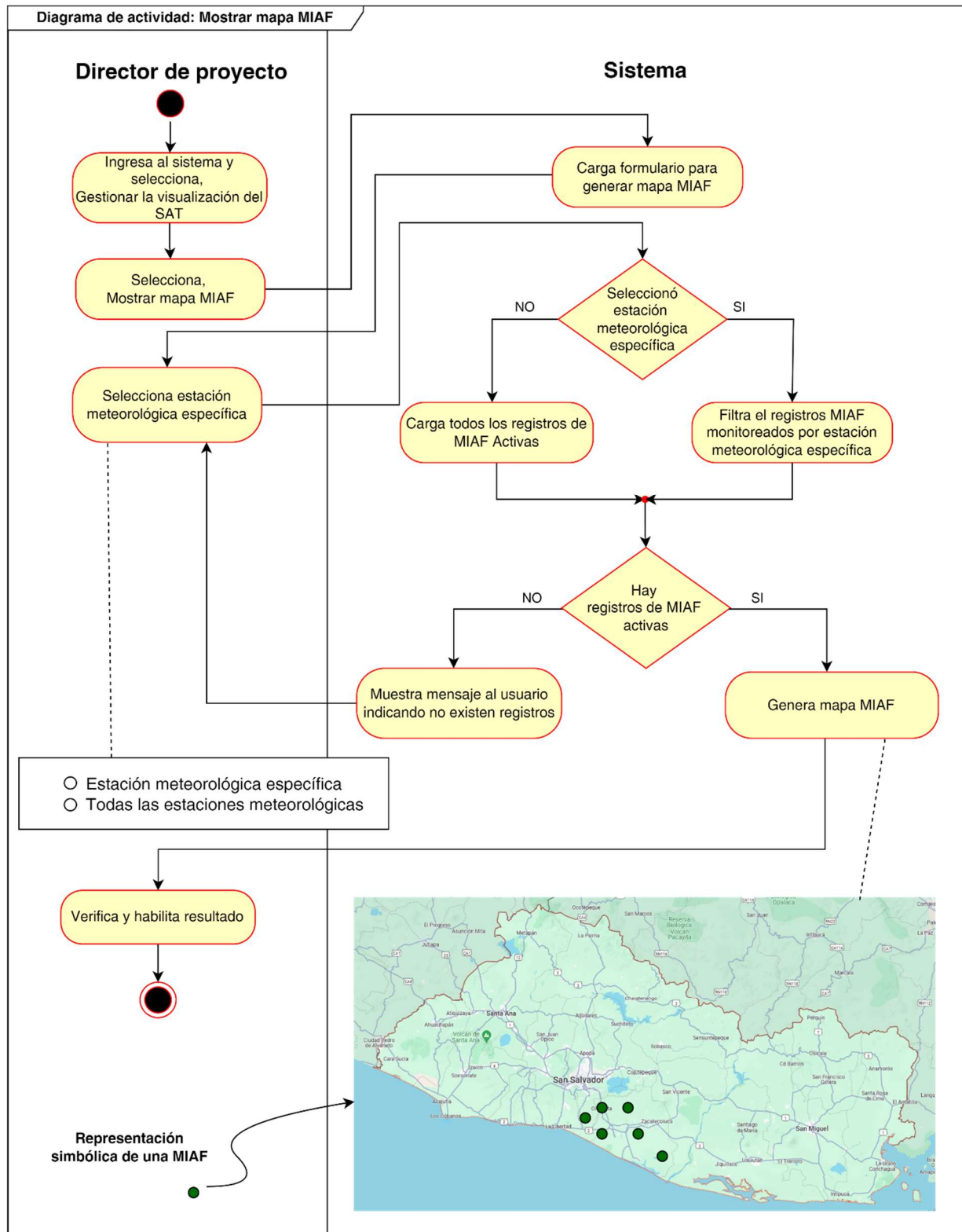


Figura 64. Diagrama de actividad: Mostrar mapa MIAF

Generar reportes del SAT

Caso de uso: generar reportes del SAT

Luego de haber procesado los datos de productores, áreas cultivables, especificaciones de cultivos, configuraciones de MIAF, Mediciones de variabilidad climática, generación de alertas, etc. El sistema debe generar información útil que permita tomar decisiones sustentadas en información confiable. El caso de uso generar reportes del SAT, incluye aquellos requerimientos o necesidades principales que han expresado los usuarios del sistema.

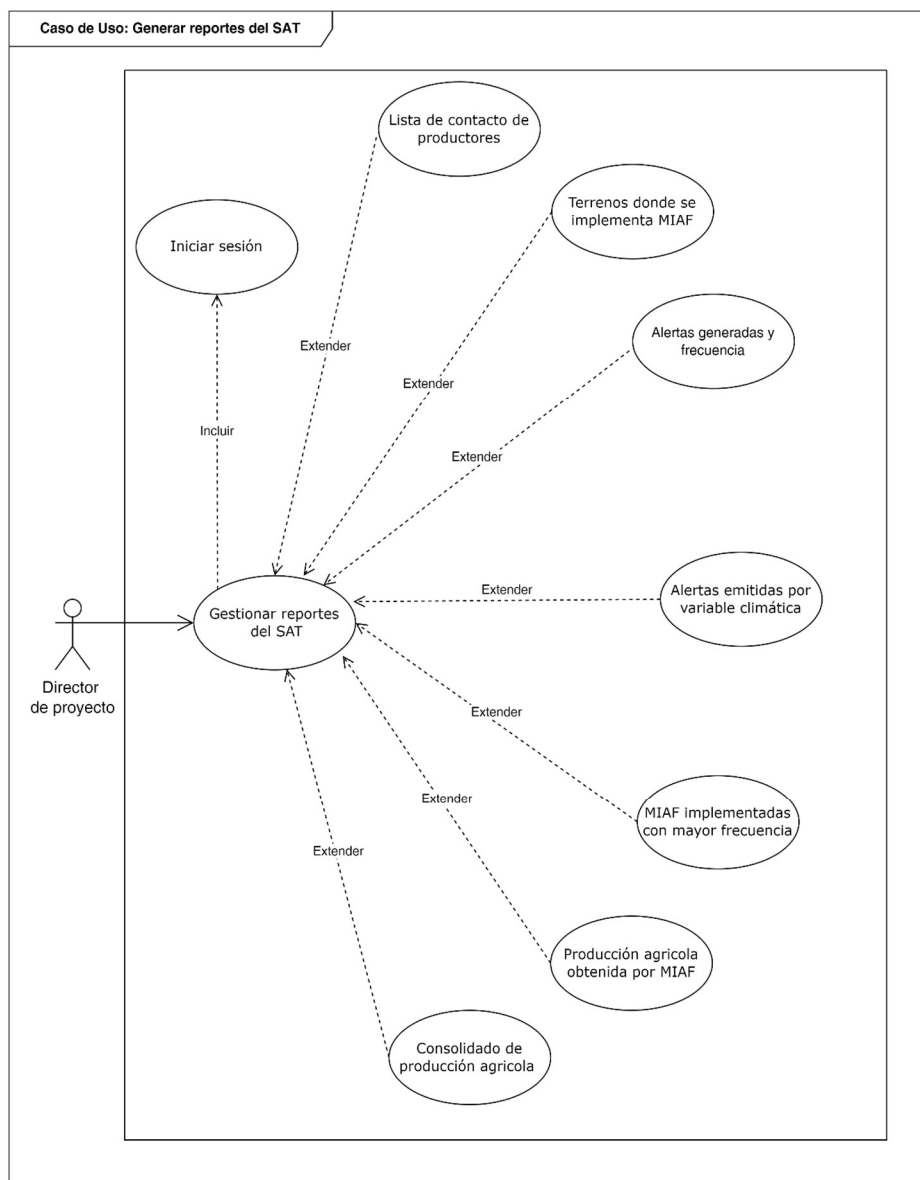


Figura 65. Caso de uso: generar reportes del SAT

Código	CU-051	Nombre	Generar reportes del SAT
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Generar los diferentes reportes que ofrece el sistema a sus usuarios.		
Descripción	Los reportes presentan información no solo de las diferentes fases de la implementación de MIAF sino también información que corresponde específicamente al monitoreo de la variabilidad climática en las áreas cultivadas.		
Precondiciones	En el sistema, se deben haber registrado datos de productores, áreas cultivables, MIAF, mediciones de variabilidad, alertas, etc.		
Postcondiciones	Reportes generados exitosamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de inicio e ingresa al sistema 2. El usuario selecciona la opción "Generar reportes del SAT". 3. El sistema muestra las opciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de contactos de productores. 2. Terrenos donde se implementa MIAF. 3. Alertas generadas y frecuencia. 4. Alertas emitidas por variable climática 5. MIAF implementadas con mayor frecuencia. 6. Producción agrícola obtenida por MIAF. 7. Consolidado de la producción agrícola por cultivo. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	N/A		
Requisitos especiales	Para obtener la información, se requiere que el usuario seleccione los filtros de datos correspondientes a cada reporte. Tal como detalla en los casos de uso siguientes, que permiten generar cada reporte.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 66. Descripción del caso de uso Generar Reportes del SAT

Diagrama de actividad: Generar reportes del SAT

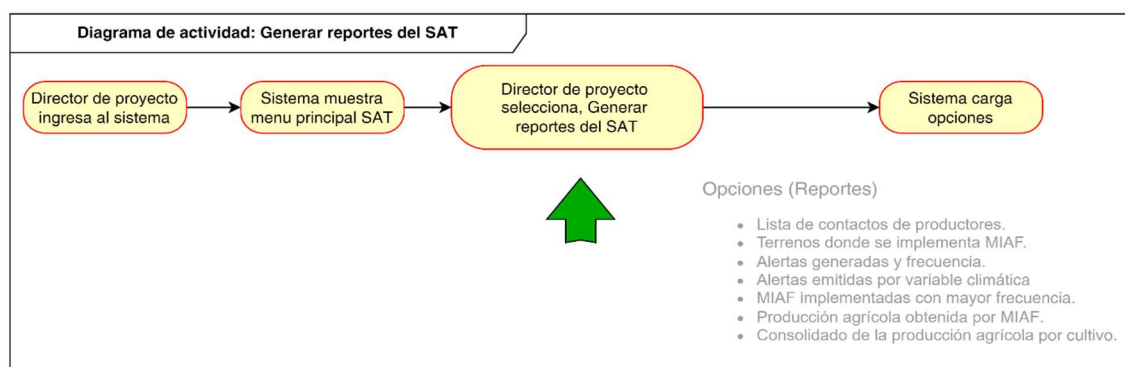


Figura 66. Diagrama de actividad: Generar reportes del SAT

Código	CU-052	Nombre	Lista de contactos de productores
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar una lista de todos los productores de la región registrados en el sistema.		
Descripción	Cuando se registren los productores que implementaran MIAF en el proyecto, y para mantener una comunicación constante, entre investigadores de SIC UES y productores, el sistema generará una lista de contactos para facilitar la tarea.		
Precondiciones	N/A		
Postcondiciones	Lista de productores generada exitosamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Lista de contactos de productores”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el periodo para el que necesita la lista. 5. El usuario puede indicar si requiere de una lista general (todos los productores) o selecciona lista de productores que se encuentran con MIAF activas. 6. El sistema carga la lista de datos de productores, la cual incluye, nombre, dirección, teléfono y correo electrónico (generar archivo PDF) 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se encuentran registros de productores para el período indicado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de productores. 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no hay registros de productores con MIAF activas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema envía mensaje indicando que no existen MIAF activas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Debe existir un registro de productores en el sistema.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 67. Descripción del caso de uso Lista de Contactos de Productores

Diagrama de actividad: Lista de contactos de productores.

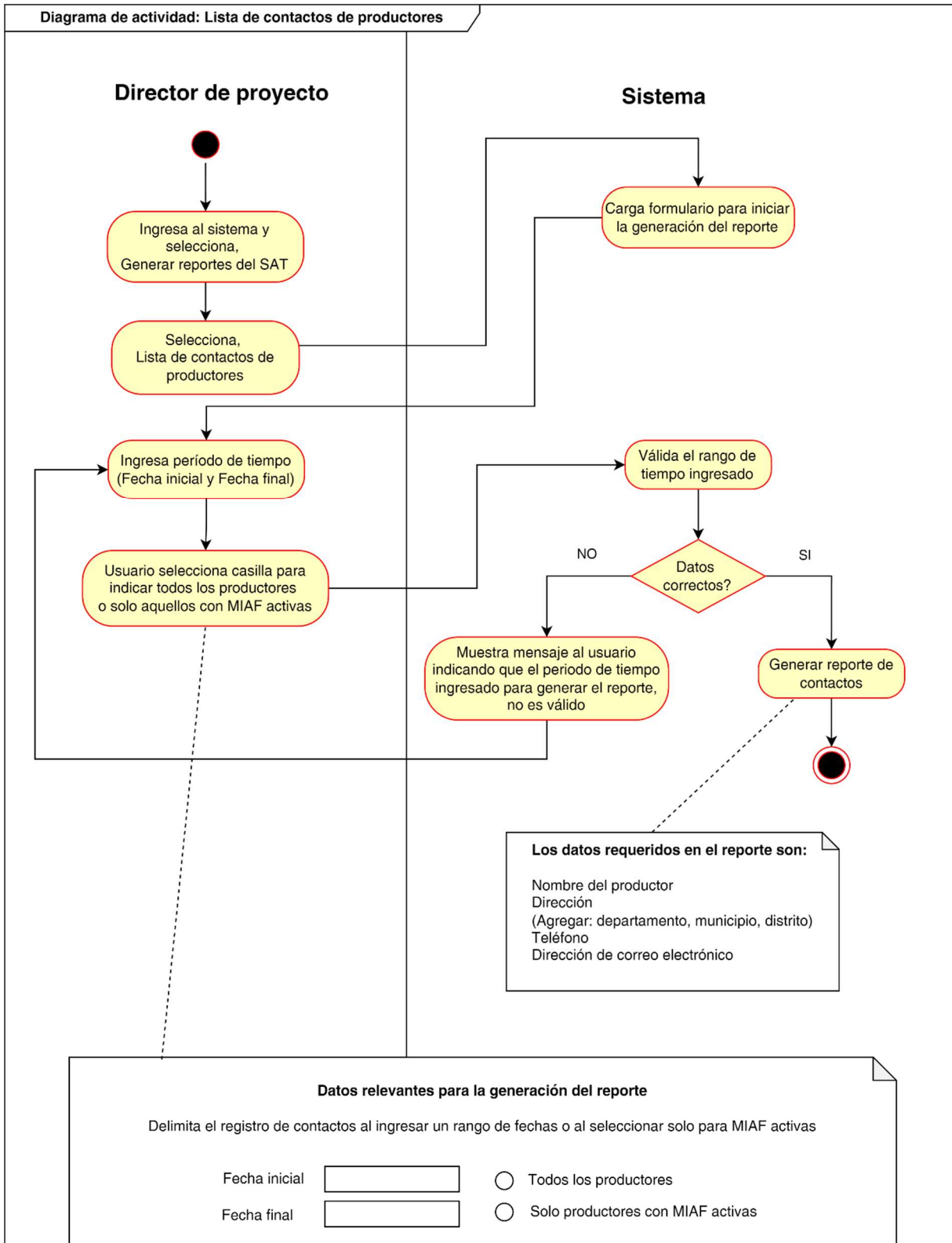


Figura 67. Diagrama de actividad: Lista de contactos de productores

Código	CU-053	Nombre	Terrenos donde se implementa una MIAF
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar una lista de áreas o terrenos donde se está implementando una MIAF.		
Descripción	Para mejorar el control de aquellas áreas cultivables donde se ha combinado maíz con árboles frutales, el sistema generará un reporte con los principales datos de cada terreno.		
Precondiciones	Debe existir una MIAF registrada para ese terreno.		
Postcondiciones	Lista de terrenos generada exitosamente.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Terrenos donde se implementa una MIAF”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el período para el que necesita la lista. 5. El sistema filtra el registro, para los terrenos que tienen MIAF en estado activo. 6. El sistema carga y muestra la lista de datos de los terrenos. La lista incluye, código de área, dirección, dimensiones, propietario o productor. (generar archivo PDF) 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se encuentran registros de terrenos para el periodo indicado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de terrenos. 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no hay registros de MIAF activas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (5 a) El sistema envía mensaje indicando que no existen MIAF activas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	La MIAF debe encontrarse en estado activo. (El periodo de siembra o cosecha está vigente).		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 68. Descripción del caso de uso Terrenos donde se implementa una MIAF

Diagrama de actividad: terrenos donde se implementa una MIAF

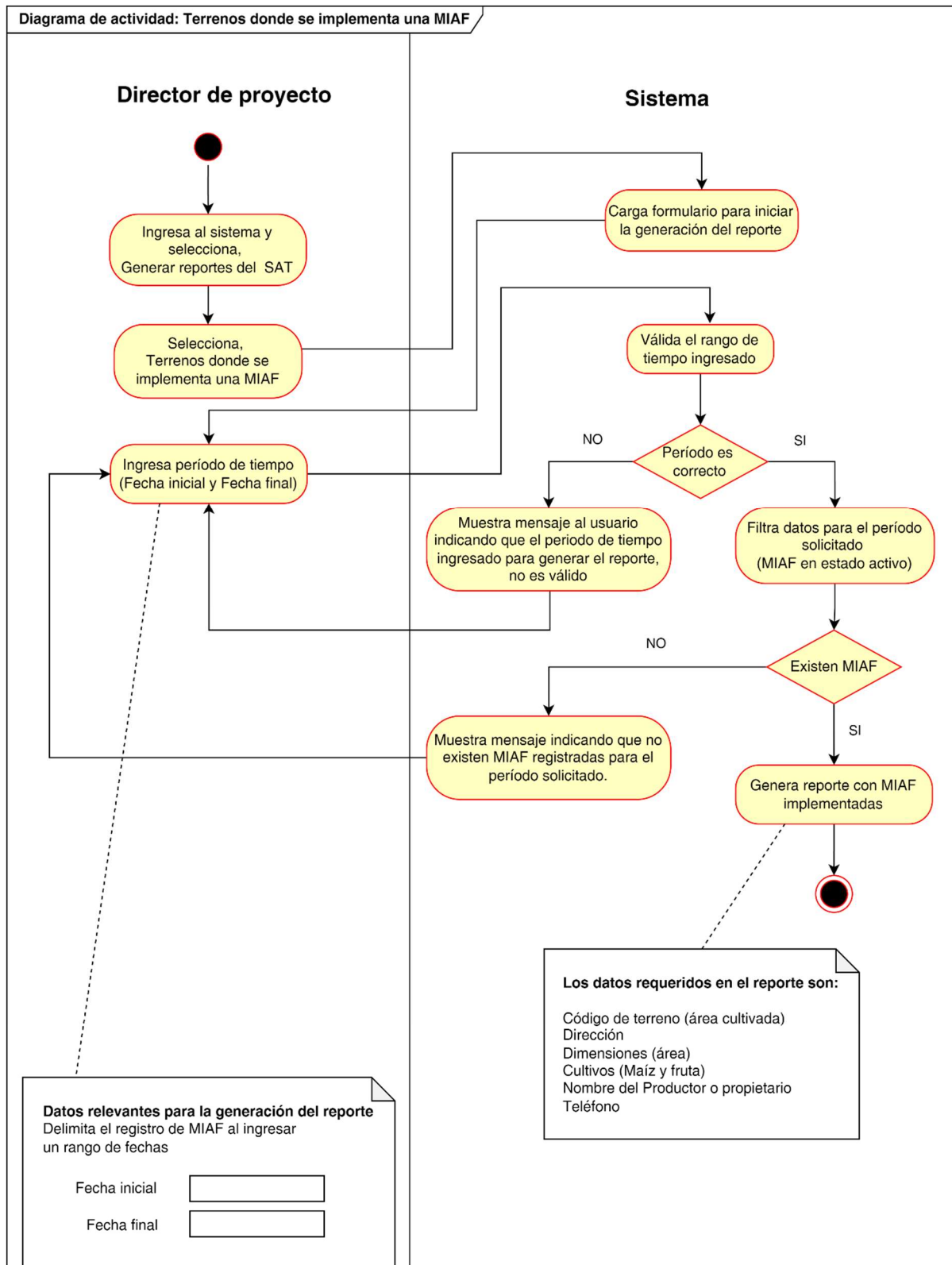


Figura 68. Diagrama de actividad: terrenos donde se implementa una MIAF

Código	CU-054	Nombre	Alertas generadas y frecuencia
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar una lista de alertas generadas como producto de la variabilidad climática.		
Descripción	Para identificar cuáles variables climáticas tuvieron mayor impacto en el periodo de cosecha, el sistema generará un informe con cálculo en términos de frecuencia, que alertas tipos de alertas fueron la más generadas.		
Precondiciones	Debe existir registro histórico de alertas.		
Postcondiciones	Lista de alertas y su frecuencia.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Alertas generadas y frecuencia”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el período para el que necesita la lista. 5. El sistema filtra el registro histórico de alertas. 6. El usuario puede seleccionar filtro de alertas generadas solo para MIAF en estado activo o todas las alertas. 7. El sistema calcula la frecuencia de ocurrencia de cada tipo de alerta. 8. El sistema carga y muestra la lista de datos de alertas y frecuencia. La lista incluye, código de alerta, tipo, nivel, descripción, frecuencia. (generar archivo PDF) 9. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se encuentran registros de terrenos para el periodo indicado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de alertas. 2. Caso de uso finaliza. <p>Si no hay registros de MIAF activas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (6 a) El sistema envía mensaje indicando que no existen MIAF activas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	La MIAF debe encontrarse en estado activo. (El período de siembra o cosecha está vigente).		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 69. Descripción del caso de uso Alertas Generadas y Frecuencia

Diagrama de actividad: alertas generadas y frecuencia

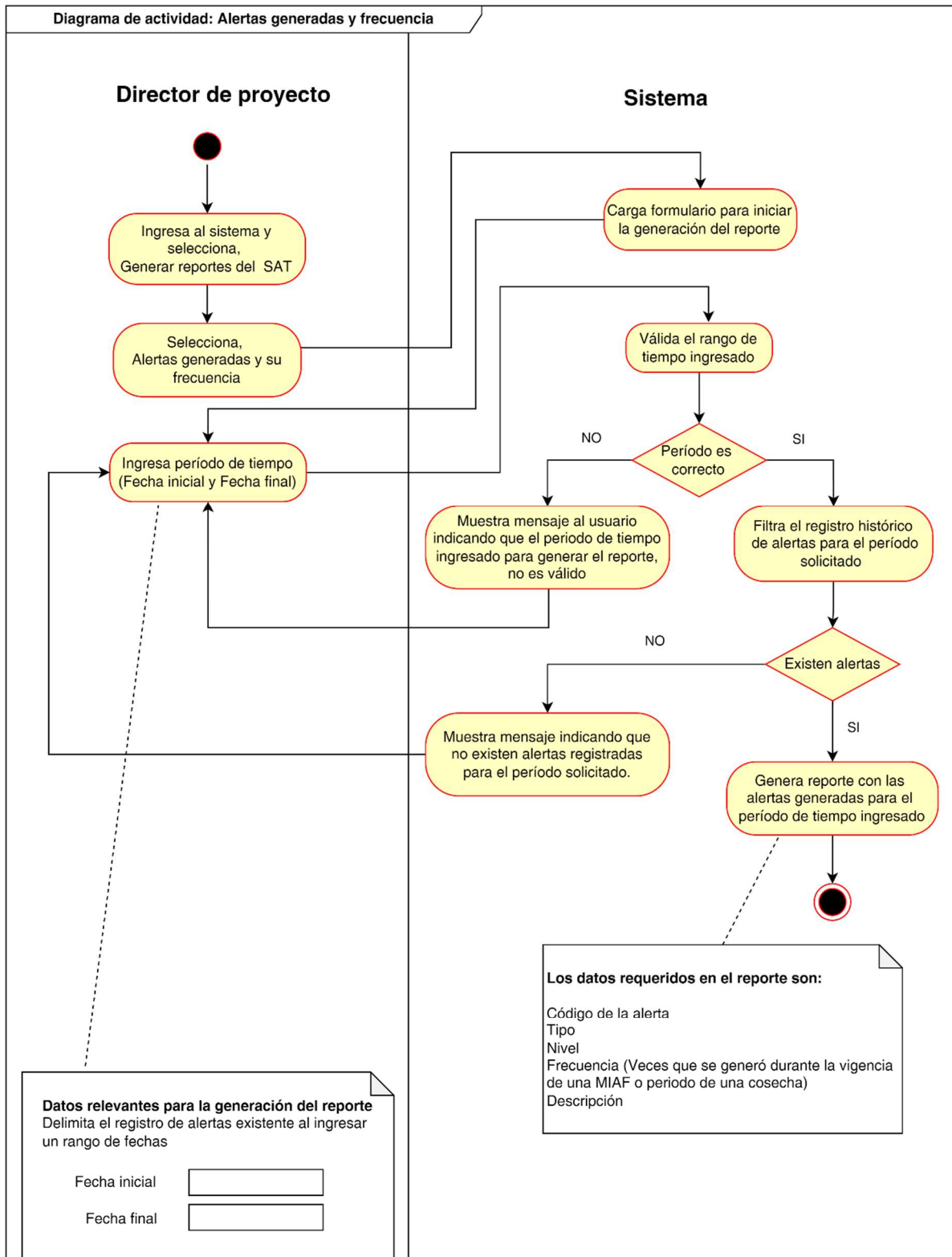


Figura 69. Diagrama de actividad: alertas generadas y frecuencia

Código	CU-055	Nombre	Alertas emitidas por variable climática
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Mostrar una lista de alertas generadas y clasificadas por variable climática.		
Descripción	El sistema proporcionará un informe relacionado a alertas emitidas para un periodo de tiempo específico, o durante un periodo de cosecha, las cuales para efectos de organización y comprensión se clasificarán por tipo de alerta y variable climática.		
Precondiciones	Debe existir registro histórico de alertas.		
Postcondiciones	Lista de alertas emitidas por tipo y variable climática.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Alertas emitidas por variable climática”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el período para el que necesita la lista. 5. El usuario indica para cual variable climática requiere la lista de alertas emitidas. 6. El sistema clasifica por tipo de alerta y por variable climática para el período indicado. 7. El sistema carga y muestra la lista de alertas. La lista incluye, variable climática, código de alerta, tipo, nivel, y frecuencia. (generar archivo PDF) 8. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se encuentran registros de terrenos para el periodo indicado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de alertas. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Cada alerta generada debe estar asociada a una variable climática específica.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 70. Descripción del caso de uso Alertas emitidas por variables Climáticas

Diagrama de actividad: Alertas emitidas por variable climática

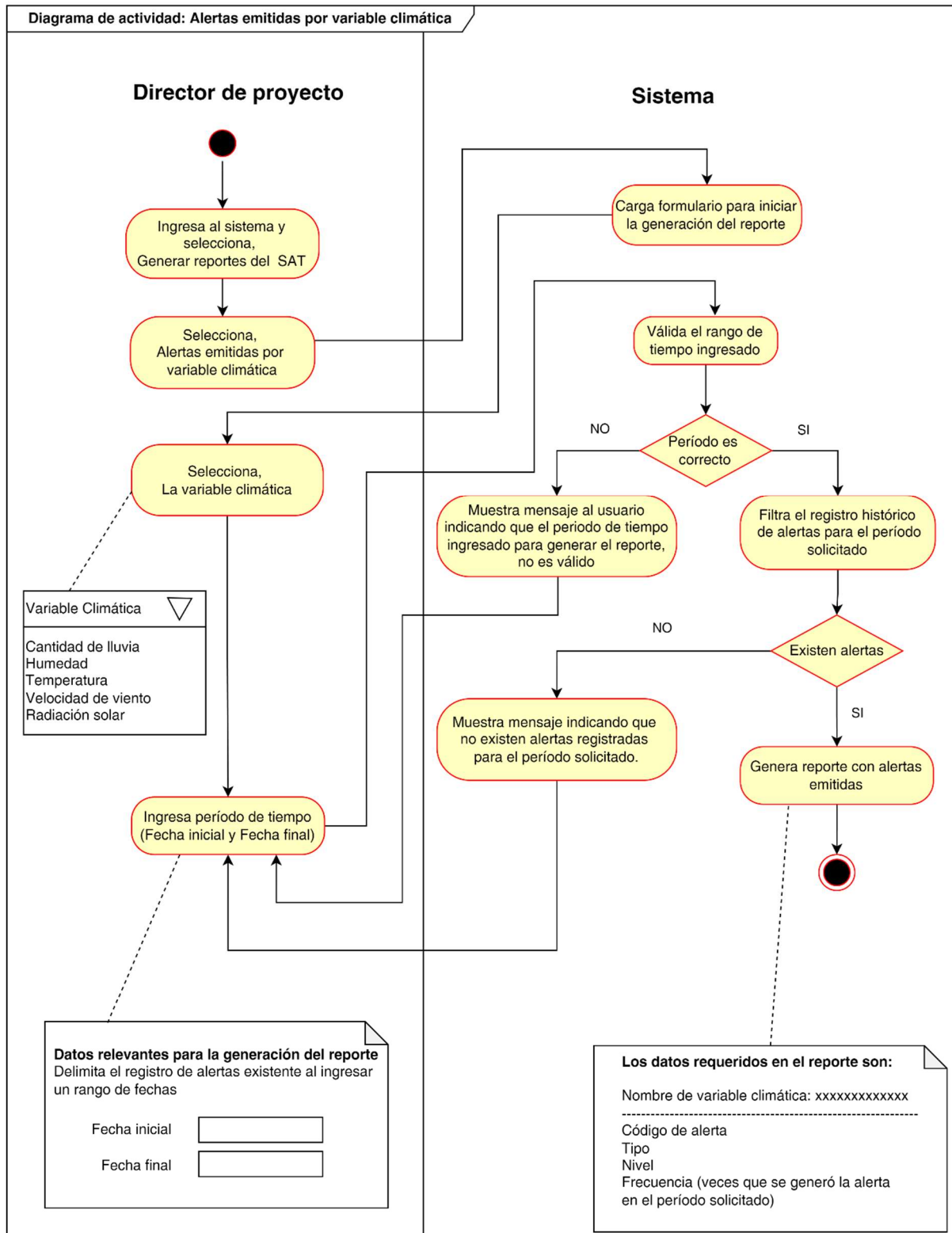


Figura 70. Diagrama de actividad: Alertas emitidas por variable climática

Código	CU-056	Nombre	MIAF implementadas con mayor frecuencia
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Identificar cuáles combinaciones de cultivos son los que han sembrado con mayor frecuencia los productores.		
Descripción	El sistema generará un informe que permita, identificar a cuáles cultivos le están apostando los productores de la zona, ya sea durante una cosecha o durante un período de tiempo más extenso. (más de un año)		
Precondiciones	Se debe contar con un registro de MIAF.		
Postcondiciones	Lista de cultivos sembrados con mayor frecuencia por los productores		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “MIAF implementadas con mayor frecuencia”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el periodo para el que necesita la lista. 5. El sistema filtra el registro de MIAF para el tiempo indicado por el usuario. 6. El sistema calcula la frecuencia de ocurrencia de cada tipo de MIAF registrada. 7. El sistema carga y muestra la lista de datos de la MIAF y su correspondiente frecuencia. La lista incluye, código de área cultivada, en el caso de la MIAF (presenta nombres de los cultivos sembrados), estado de la MIAF y la frecuencia obtenida. (generar archivo PDF) 8. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	Si no se encuentran registros de MIAF para el período indicado. <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de MIAF. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	Según la frecuencia calculada, la lista obtenida debe presentarse en orden de mayor a menor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 71. Descripción del caso de uso MIAF implementadas con mayor frecuencia

Diagrama de actividad: MIAF implementadas con mayor frecuencia

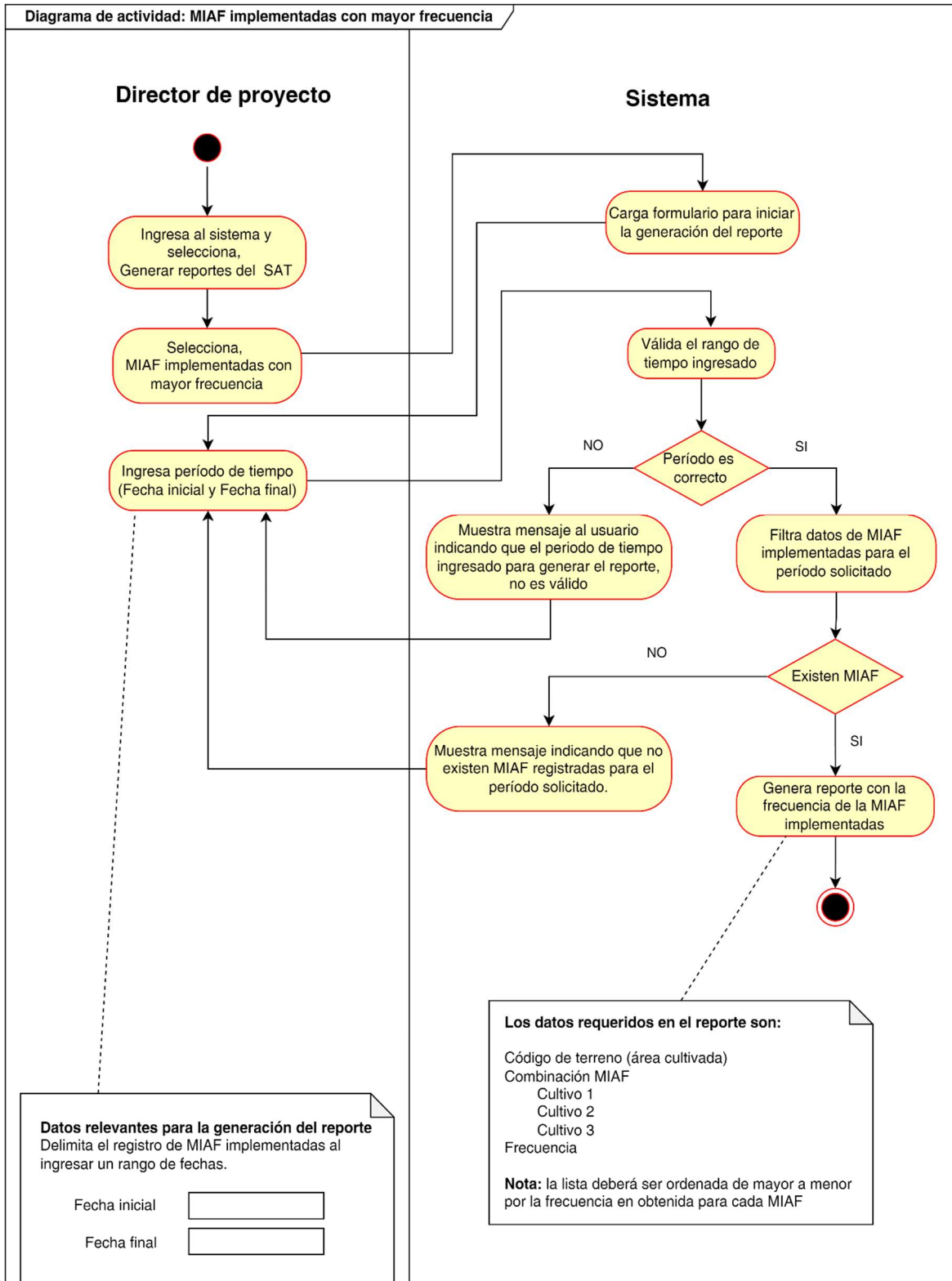


Figura 71. Diagrama de actividad: MIAF implementadas con mayor frecuencia

Código	CU-057	Nombre	Producción agrícola obtenida por MIAF
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Identificar la producción agrícola que se ha producido por terreno cultivado.		
Descripción	El sistema permitirá identificar de manera específica y mostrar a través de un listado, cuanto es lo producido por cada área cultivada. Especificando cada tipo de cultivo que se ha combinado como parte de la MIAF.		
Precondiciones	Se debe contar con el registro previo de la producción agrícola.		
Postcondiciones	Listado de producción agrícola obtenida.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Producción agrícola obtenida por MIAF”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el período para el que necesita la lista. 5. El sistema filtra el registro de la producción agrícola para el tiempo indicado por el usuario. 6. El sistema carga y muestra la lista de datos de la producción obtenida. (generar archivo PDF) La lista incluye, código de área cultivada, en el caso de la MIAF, muestra nombres de los cultivos sembrados, y la correspondiente cantidad obtenida en la cosecha (muestra las cantidades acompañadas de las unidades de medida que fueron registradas previamente o simplemente unidades). 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	<p>Si no se encuentran registros de producción para el período indicado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de producción. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	La lista obtenida debe ser presentada en orden de fecha y las cantidades producidas de mayor a menor. La MIAF debe encontrarse en estado inactivo. (la cosecha fue recogida y registrada en el sistema)		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 72. Descripción del caso de uso Producción Agrícola obtenida por MIAF

Diagrama de actividad: Producción agrícola obtenida por MIAF

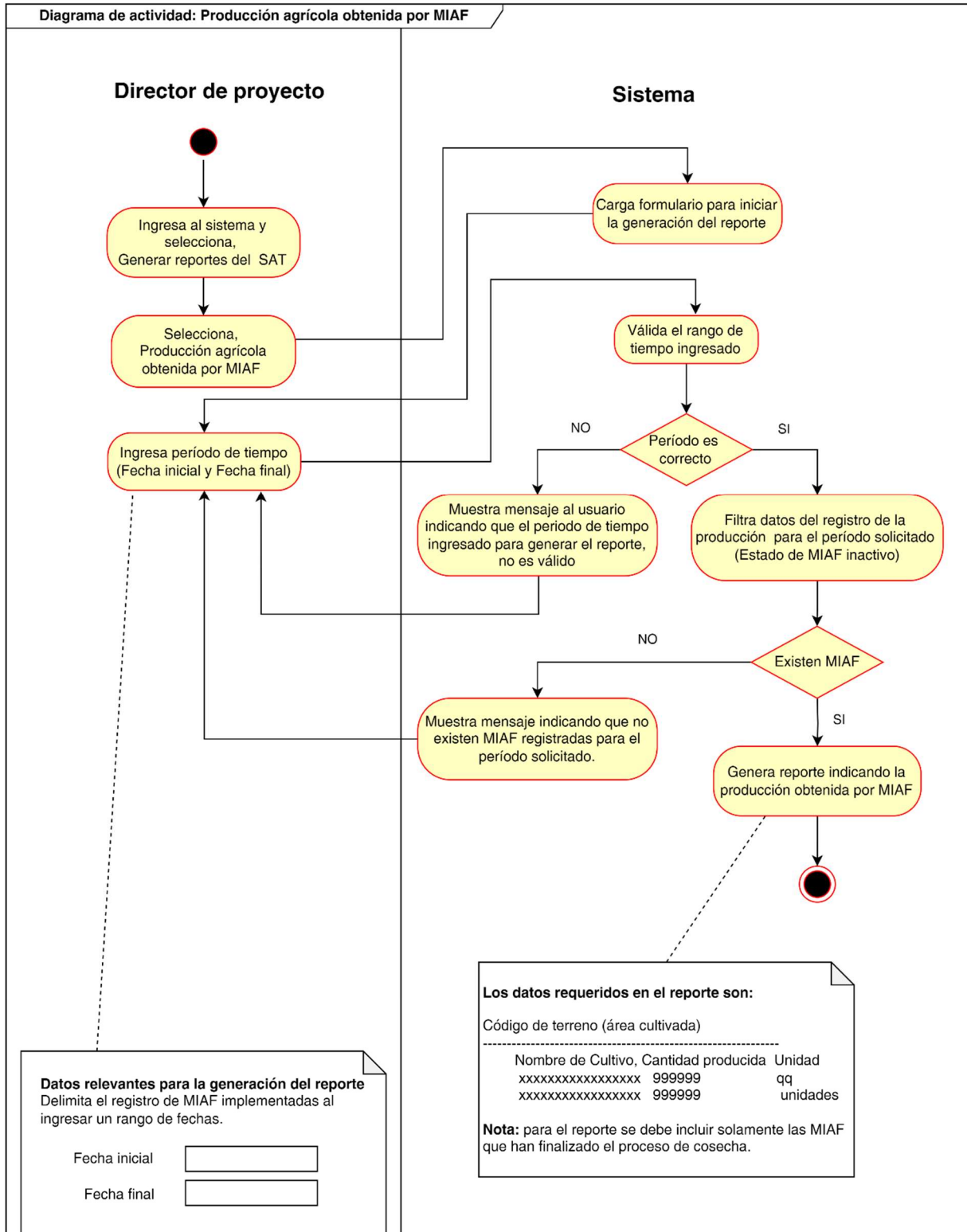


Figura 72. Diagrama de actividad: Producción agrícola obtenida por MIAF

Código	CU-058	Nombre	Consolidado de la producción agrícola
Actores	Director de proyecto		
Propósito	Listar los cultivos que se han sembrado en la región mediante la implementación de MIAF con sus correspondientes cantidades producidas.		
Descripción	El sistema permitirá identificar de manera individual y mostrar a través de un listado, cuanto es lo producido por tipo de cultivo en la región. Principalmente calculará la producción consolidada obtenida por el cultivo de maíz y los diferentes árboles frutales.		
Precondiciones	Se debe contar con el registro previo de la producción agrícola.		
Postcondiciones	Listado de producción agrícola obtenida.		
Flujo básico			
Escenario de éxito	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra a la pantalla de login e ingresa al sistema. 2. El usuario selecciona la opción “Generar reportes del SAT” y luego selecciona “Consolidado de la producción agrícola”. 3. El sistema carga el formulario para generar reporte. 4. El usuario indica el período para el que necesita la lista. 5. El sistema filtra el registro de la producción agrícola para el tiempo indicado por el usuario. 6. El sistema carga y muestra la lista de datos de la producción obtenida. (generar archivo PDF) La lista incluye, código de cultivo, nombre, y cantidad producida (muestra las cantidades acompañadas de las unidades de medida que fueron registradas previamente o simplemente unidades). 7. Termina el caso de uso. 		
Flujos alternos			
Escenario alternativo	Si no se encuentran registros de producción para el período indicado. <ol style="list-style-type: none"> 1. (4 a) El sistema envía mensaje indicando que no se encontraron registros de producción. 2. Caso de uso finaliza. 		
Requisitos especiales	La lista obtenida debe ser presentada en los cultivos y las cantidades producidas de mayor a menor.		
Extender	N/A		
Incluir	Inicio de sesión		

Tabla 73. Descripción del caso de uso Consolidado de la Producción Agrícola

Diagrama de actividad: Consolidado de la producción agrícola

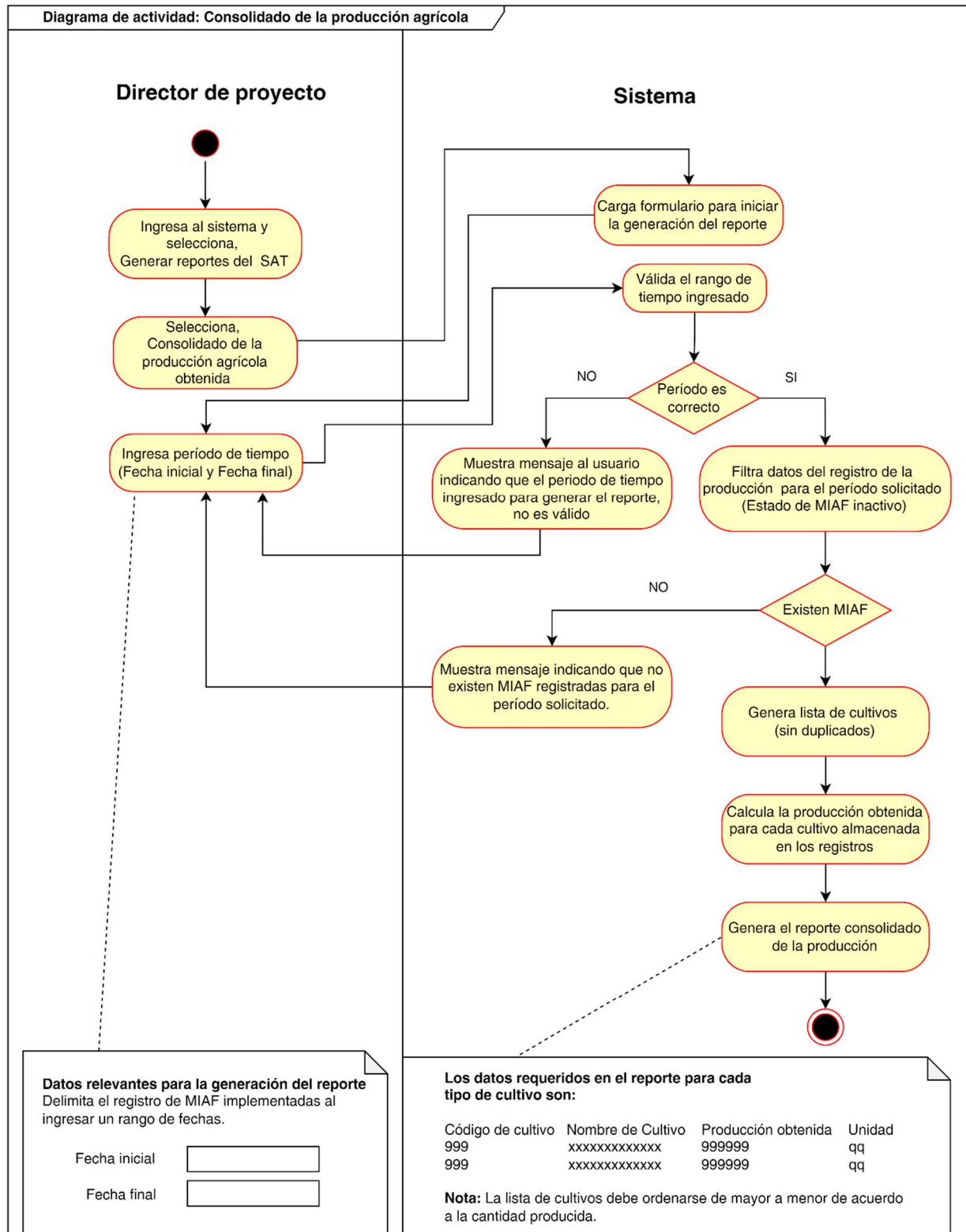


Figura 73. Diagrama de actividad: Consolidado de la producción agrícola

Modelo de Dominio

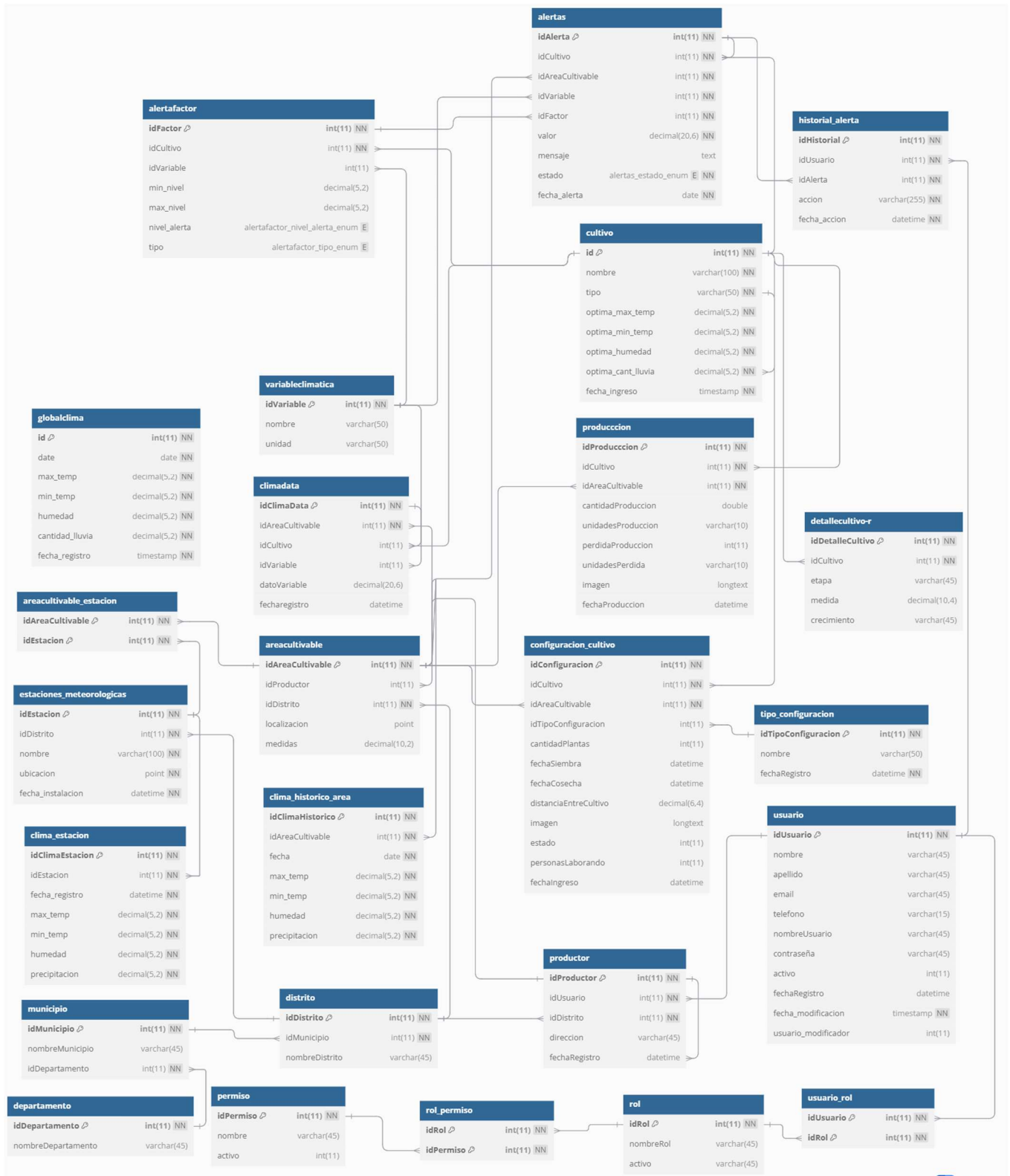


Figura 74. Modelo de Dominio

DISEÑO DEL SISTEMA

Introducción

El diseño informático de un sistema de alerta temprana quiere cubrir la necesidad de la búsqueda de mitigar los impactos de desastres naturales y otras emergencias. Este sistema tiene como objetivo procesar la información de manera eficiente y transmitir alertas oportunas a los productores que están dentro del proyecto de investigación denominado: “Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2025.”.

En esta sección se mostrará el diseño de la interfaz de usuario que facilita la comunicación entre los operadores y los usuarios del sistema, que busca garantizar que sea fácil de usar y adaptable a las necesidades de diferentes contextos y situaciones de emergencia.

Objetivos de la Fase

General

Diseñar el sistema de alerta temprana mediante la aplicación de herramientas de diseño orientado a objetos, cuyo propósito es la de obtener las especificaciones técnicas de la funcionalidad de los componentes del sistema, de tal forma que se facilite la construcción posterior del mismo.

Objetivos específicos

- Identificar los estándares institucionales que se emplean para el desarrollo de sistemas informáticos o en su defecto los correspondientes a la facultad de Agronomía/Secretaría de Investigaciones Científicas y aplicar dichos estándares en el diseño de la solución planteada.
- Diseñar la base de datos del sistema especificando, las relaciones lógicas entre los datos que se resguardaran en ella, mediante el modelo relacional para obtener como productos, el modelo lógico y físico de la base de datos.
- Elaborar el diccionario de datos mediante la aplicación de estándares institucionales y priorizando los principios de organización, coherencia, y precisión.
- Diseñar la interfaz de usuario considerando principalmente el entorno en que operará el sistema, los dispositivos que se emplearán para la comunicación, y la interacción de los usuarios.
- Diseñar un componente de visualización que permita comunicar información relevante y consolidada de variaciones climáticas de manera efectiva, específicamente, haciendo énfasis en la comunicación de alertas a los interesados como un componente vital del sistema.
- Diseñar la seguridad del sistema, considerando principalmente los roles que tendrán los diferentes usuarios, aunado a la relevancia de la información a la que tenga acceso, como en el caso de mediciones de variables climáticas o generación de alertas y su comunicación.

Nota: El diseño de pantallas de entrada y salida se considera parte de la interfaz

Estándares de programación

Para asegurar que el sistema sea efectivo y cumpla con sus objetivos, se deben seguir estándares y buenas prácticas de programación que aseguren la calidad, seguridad y mantenimiento del software.

1. Arquitectura del Sistema

- Dado que es un sistema que se está diseñando apoyando el proyecto **“Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2025”** por parte de la Secretaría de Investigaciones Científicas y facultad de Agronomía, los aspectos de la arquitectura quedarán a la disposición de los espacios que están administrados por la Universidad de El Salvador

2. Seguridad

- **Autenticación y Autorización:** Para asegurarse que solo los usuarios autorizados puedan acceder al sistema de alerta temprana. Se recomienda el uso de herramientas de Multi-Factor Authentication (MFA) que son aplicaciones que mejora la seguridad de las cuentas de usuario donde se requieren 2 formas de autenticación como Google Authenticator y como segunda opción se recomienda el uso de contraseñas encriptadas en la base de datos, pero se propone el uso para agregar una capa más de seguridad.
- **Cifrado de Datos:** Protege los datos sensibles (como información personal o datos de eventos) usando cifrado, tanto en tránsito (usando **TLS/SSL**) como en reposo.
- **Auditoría de Eventos:** Implementa un sistema de auditoría que registre las acciones realizadas por los usuarios o el sistema, lo cual es clave para el diagnóstico de fallos o el análisis posterior a una alerta.

3. Gestión de Datos

- **Bases SQL:** como MySQL o PostgreSQL para manejar datos estructurados y transacciones.
- **Bases NoSQL:** para manejar conjunto de datos grande y complejos como **Redis** es una base de datos en memoria de código abierto, que se utiliza comúnmente como **caché, intermediario de mensajes o base de datos**. Soporta diferentes estructuras de datos como cadenas, listas, conjuntos, conjuntos ordenados,

bitmaps, hyperloglogs e índices geoespaciales, lo que lo hace extremadamente versátil para una variedad de casos de uso. Redis está diseñado para ofrecer un alto rendimiento, baja latencia y escalabilidad, lo que lo hace muy popular en aplicaciones en tiempo real.

Redis es una base de datos en memoria de alto rendimiento, utilizada para una variedad de aplicaciones como el almacenamiento en caché, la gestión de sesiones, la mensajería en tiempo real y el análisis de datos. Gracias a su velocidad, escalabilidad y soporte de estructuras de datos avanzadas, es una herramienta poderosa para aplicaciones que requieren acceso rápido y eficiente a los datos.

Dentro de todos los casos en los que se puede utilizar Redis, estos elementos resaltan para la aplicación del sistema de alerta temprana.

- **Caché:** Redis se utiliza comúnmente como capa de caché para almacenar datos que se acceden frecuentemente (como páginas web o resultados de consultas a bases de datos), reduciendo la latencia y la carga en las bases de datos primarias.
- **Almacenamiento de sesiones:** Redis es una opción popular para almacenar datos de sesiones en aplicaciones web, ya que permite un acceso rápido y persistencia entre múltiples solicitudes.
- **Análisis en tiempo real:** Redis es utilizado para el procesamiento y análisis de datos en tiempo real, como el seguimiento de usuarios activos, vistas de página y actividades de los usuarios en aplicaciones web y móviles.
- **Índices geoespaciales:** Redis permite almacenar y consultar datos geoespaciales, como las ubicaciones de usuarios u objetos, utilizando índices geoespaciales y comandos especiales.

Por el momento la cantidad usuarios se estima alrededor de 30 personas, incluyendo productores y administradores del sistema, por lo cual el uso de Redis en las primeras etapas sería opcional, pero sería de tomar en cuenta a medida que la cantidad de usuario se incrementa.

4. Comunicación y Notificaciones

- **Sistema de Notificación Multicanal:** El sistema debe ser capaz de emitir alertas a través de múltiples canales como SMS, correo electrónico, notificaciones push para garantizar que los usuarios reciban la información crítica de forma rápida. Para esta sección se hace recomendación del uso de herramientas como:

Twilio es una plataforma de comunicación en la nube que ofrece servicios de mensajería, voz, video y autenticación para aplicaciones y sistemas. Su objetivo es permitir a las empresas y desarrolladores integrar fácilmente capacidades de comunicación en sus aplicaciones sin necesidad de gestionar infraestructuras complejas, ya que se distingue por API que permite a los desarrolladores integrar sus servicios en aplicaciones o sitios web, que facilita la creación de soluciones de comunicación escalables sin tener que gestionar infraestructura propia. Aparte que ofrece soporte a más de 100 países y servicios de mensajería, voz y video en diferentes idiomas, lo que facilita su uso a nivel global. dentro de toda la gama soluciones de comunicación que ofrece Twilio y que se acoplarían fácilmente la comunicaciones y notificaciones del sistema de alerta temprana podemos destacar:

- **Mensajería SMS y MMS:**

- Twilio permite enviar y recibir **mensajes de texto (SMS)** y **mensajes multimedia (MMS)** a nivel global.
- Las empresas pueden usar Twilio para enviar alertas, notificaciones, códigos de verificación o campañas de marketing a través de mensajes de texto.

- **Voz y Llamadas:**

- Twilio proporciona servicios para realizar **llamadas telefónicas** tanto de voz como de conferencia.
- Los desarrolladores pueden integrar la capacidad de hacer o recibir llamadas en sus aplicaciones, así como funcionalidades avanzadas como grabación de llamadas, transcripción y enrutamiento de llamadas.

Amazon SNS (Simple Notification Service) es un servicio de mensajería en la nube ofrecido por **Amazon Web Services (AWS)**, que permite a los desarrolladores y empresas enviar mensajes o notificaciones a una amplia variedad de destinatarios, tales como usuarios, dispositivos o aplicaciones. SNS

está diseñado para ser altamente escalable y flexible, permitiendo la transmisión de mensajes a un gran número de usuarios y sistemas de manera rápida y eficiente. SNS es completamente gestionado y está diseñado para escalar automáticamente para manejar grandes volúmenes de mensajes, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren enviar miles o millones de notificaciones a una audiencia masiva, además utilizando la infraestructura global de AWS para ofrecer redundancia y resiliencia.

Este integra fácilmente con otros servicios de AWS y aplicaciones de terceros, permitiendo a los desarrolladores automatizar y orquestar flujos de trabajo y notificaciones dentro de su infraestructura en la nube, lo que permite crear, gestionar y enviar notificaciones desde aplicaciones web o móviles.

Tiene un modelo de precios basado en el uso. Los usuarios pagan según la cantidad de mensajes enviados, la cantidad de suscriptores y el tipo de canal de entrega utilizado (por ejemplo, el envío de mensajes SMS puede tener tarifas diferentes a las notificaciones por correo electrónico).

Soporta múltiples canales de entrega para enviar notificaciones, entre ellos:

- **SMS:** Para enviar mensajes de texto a teléfonos móviles.
- **Correo electrónico/Correo electrónico-HTML:** Para enviar mensajes a direcciones de correo electrónico.
- **HTTP/HTTPS:** Para enviar mensajes a servidores web o APIs.
- **Amazon SQS (Simple Queue Service):** Para integrar SNS con SQS y procesar mensajes de manera asíncrona.
- **Lambda:** Para activar funciones de AWS Lambda al recibir un mensaje.
- **Aplicaciones móviles (Push notifications):** SNS permite enviar notificaciones push a dispositivos móviles a través de servicios como **Apple Push Notification Service (APNS)** o **Google Firebase Cloud Messaging (FCM)**.

5. Desempeño y Escalabilidad

- **Tiempo de Respuesta en Tiempo Real:** El sistema de alerta temprana debe ser capaz de generar y enviar alertas en **tiempo real** o casi en tiempo real, por lo que las métricas de rendimiento son esenciales para garantizar que el sistema reaccione a tiempo.

6. Priorización de Alertas:

Cada cultivo requiere de condiciones climáticas específicas para su desarrollo. Cada semilla o variante que se siembra requiere de condiciones particulares para su crecimiento. En general, las variables climáticas son parámetros medibles que describen las condiciones atmosféricas y ambientales de un lugar en un período de tiempo específico. Estas variables son fundamentales para el estudio del clima y los fenómenos meteorológicos. En el campo de la agricultura el monitoreo de estas variables tiene un interés particular asociado a la protección de los cultivos y la seguridad alimentaria. Es importante mencionar que unas variables tienen mayor impacto que otras en el desarrollo de los cultivos siendo la temperatura, humedad, radiación solar, y precipitación las más importantes. Por supuesto que existen otros aspectos relevantes que contribuyen al desarrollo de los cultivos tales como la calidad del suelo y sus nutrientes.

A continuación, se presentan las descripciones de las principales variables climáticas:

No.	Variable	Descripción
1	Temperatura	Es la medida del calor presente en la atmósfera en un momento y lugar determinados. Se expresa en grados Celsius (°C), Fahrenheit (°F) o Kelvin (K).
2	Precipitación	Representa la cantidad de agua que cae del cielo en forma de lluvia, nieve, granizo o niebla. Se mide generalmente en milímetros (mm).
3	Humedad	Indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Puede expresarse como humedad absoluta (gramos de agua por metro cúbico de aire) o como humedad relativa (porcentaje de saturación del aire con respecto a la temperatura).

4	Presión atmosférica	Es el peso que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. Se mide en hectopascales (hPa) o milibares (mb).
5	Velocidad y dirección del viento	Describe el movimiento del aire en la atmósfera. La velocidad del viento se mide en kilómetros por hora (km/h), metros por segundo (m/s) o nudos, y la dirección indica de dónde proviene el viento (usualmente expresada en puntos cardinales).
6	Radiación solar:	Es la cantidad de energía proveniente del sol que llega a la superficie terrestre. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m ²).
7	Nubosidad	Refleja la cantidad de nubes en el cielo en un momento dado. Se mide en octas (partes de ocho del cielo cubiertas por nubes) o se describe de forma cualitativa (despejado, parcialmente nublado, cubierto).
8	Evaporación	Es el proceso mediante el cual el agua pasa de estado líquido a vapor. Se mide en milímetros (mm) y es un indicador del agua que se pierde en la atmósfera.
9	Índice de calor	Combina temperatura y humedad para indicar cómo se siente el calor en el cuerpo humano.
10	Punto de rocío	Es la temperatura a la que el aire debe enfriarse para que el vapor de agua se condense y forme rocío.

Tabla 74. Descripción de las Principales Variables Climáticas

A continuación, se detallan los rangos de variabilidad que requieren los principales cultivos que se producen en la zona de la región de los Nonualcos.

Requerimientos climáticos, térmicos y de altitud de principales cultivos en El Salvador

Especie	Temperatura	Altitud	Clima
<i>Maíz</i>	15-40 °C	5-1000 msnm	Seco con más de 700 mm de precipitación
<i>Frijol</i>	15-30 °C	0-800 msnm	Cálido/húmedo

<i>Arroz</i>	20-30 °C	300-2500 msnm	Cálido/húmedo
<i>Sorgo</i>	15-32 °C	1-1000 msnm	Seco con más de 500 mm de precipitación
<i>Pepinos</i>	15-40 °C	0-1200 msnm	Tropical cálido con estación húmeda
<i>Pipían</i>	22-32 °C	0-1800 msnm	Seco con mediana precipitación
<i>Ajonjolí</i>	22-38 °C	0-600 msnm	Vulnerabilidad térmica baja
<i>Jocote</i>	30-37 °C	10-1700 msnm	Cálido y húmedo
<i>Marañón</i>	17-38 °C	0-600 msnm	Cálido con precipitación entre 800-1600 mm
<i>Naranja</i>	10-37 °C	400-1300 msnm	Cálido y húmedo
<i>Limón pérsico</i>	18-35 °C	10-700 msnm	Precipitación entre los 400-1200 mm
<i>Maracuyá</i>	21-32 °C	0-1200 msnm	Tropical con precipitaciones entre 800-1750msnm
<i>Pitahaya</i>	20-30 °C	0-2500 msnm	Precipitación entre 600-1500 mm

Tabla 75. Requerimientos climáticos de principales Cultivos en El Salvador

Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal – CENTA

Diseño y generación de alertas

Para efectos de generar alertas se ha diseñado junto a los expertos en agricultura involucrados en el proyecto un conjunto de alertas para cada variable climática a monitorear. Como puede observarse en la siguiente tabla, se generarán seis niveles de alerta, cada uno está asociada a los límites inferiores y superiores de los rangos de desarrollo especificados en las guías técnicas que proporcionan las entidades especializadas en los cultivos. Los rangos empleados para cada cultivo en el presente documento deben ser considerados a manera de ejemplo para propósitos de construcción del sistema. Los valores reales deberán ser introducidos en etapas posteriores al análisis y diseño.

Rangos de alertas para el cultivo del maíz a considerar en el sistema de alerta temprana.

Rangos de alertas para el cultivo de maíz						
Condición de temperatura en grados centígrados para el desarrollo del maíz						
15 gC	15-40 grados					40 gC
			Rango sin generación de alertas			
1-10%	11-20%	21-30%	31-70%	71-80%	81-90%	91-100%
Temperatura <= 17.5	Temperatura > 17.5 y Temperatura <=20	Temperatura >20 y Temperatura <=22.5	22.6-32.5	Temperatura > 32.5 y Temperatura <=35	Temperatura > 35 y Temperatura <=37.5	Temperatura > 37.5

Figura 75. Rangos de alertas para el cultivo del maíz

Fuente: Expertos en agricultura y meteorología de la contraparte del proyecto de desarrollo SAT.

Asegúrate de que las alertas estén correctamente priorizadas. Las alertas críticas deben ser procesadas y comunicadas de inmediato, mientras que las alertas de menor prioridad pueden ser retrasadas o procesadas con menos urgencia.

Especificaciones de Hardware

Para el dispositivo móvil en el cual el usuario final podrá ingresar y recibirá las alertas, tendrá ciertas especificaciones que se detallan a continuación ya que su principal función será recibir notificaciones y alertas en tiempo real, sin necesidad de interacción compleja o procesamiento de datos.

1. Sistema Operativo

- **Android 8.0 (Oreo) o superior o iOS 12.0 o superior:** Para ser compatible con las aplicaciones de alerta más recientes y recibir actualizaciones de seguridad importantes.

2. Conectividad

- **Redes 4G o 5G:** Para recibir alertas rápidas y en tiempo real, especialmente en áreas con buena cobertura móvil.
- **Wifi:** Para poder recibir alertas a través de Internet cuando haya conexión disponible.
- **GPS:** Para recibir alertas geolocalizadas y ofrecer información relevante según la ubicación del usuario.

3. Sensores

- **Sensor de proximidad:** Para detectar si el usuario tiene el teléfono cerca, mejorando la efectividad de las alertas.

4. Batería

- **Batería de capacidad media (mínimo 3000 mAh):** Suficiente para que el teléfono esté activo durante largos períodos y pueda recibir alertas sin necesidad de recargar constantemente.
- **Carga rápida (opcional):** Para recargar rápidamente en caso de emergencias.

5. Pantalla

- **Pantalla de 5.0 a 6.0 pulgadas,** con resolución mínima de **HD (720p):** Tamaño adecuado para visualizar alertas y notificaciones de forma clara sin ser un dispositivo de gran tamaño.

- **Pantalla táctil:** Para una interacción simple, aunque el foco principal es la recepción de alertas.

6. Rendimiento

- **Procesador de 4 núcleos (mínimo 1.8 GHz):** ya que el sistema mostrará alertas sin ejecutar aplicaciones pesadas.
- **Memoria RAM (mínimo 2GB):** Asegura un rendimiento fluido para recibir y mostrar las alertas sin problemas de retraso.

7. Almacenamiento

- **Almacenamiento interno (mínimo 16GB):** Suficiente para almacenar aplicaciones básicas y notificaciones, sin requerir mucho espacio.
- **Ranura para tarjeta microSD (opcional):** Para permitir expansión del almacenamiento en caso de que el usuario desee almacenar más información o contenido.

8. Resistencia

- **Certificación IP67 o IP68 (opcional):** Para asegurar que el dispositivo sea resistente al agua y al polvo, lo que puede ser útil si el usuario está expuesto a condiciones climáticas adversas.
- **Construcción resistente:** Si el móvil va a ser usado en condiciones de trabajo duras o al aire libre, una carcasa robusta sería beneficiosa.

9. Notificaciones de Emergencia

- **Notificaciones push:** Debe ser compatible con las notificaciones push, asegurando que las alertas se reciban incluso si la aplicación no está abierta.
- **Alertas visuales y sonoras:** El dispositivo debe ser capaz de emitir alertas sonoras y visuales (como vibración o luz de notificación) para asegurar que el usuario perciba la emergencia, incluso si está ocupado con otras tareas.

10. Seguridad

- **Contraseña o PIN para acceso básico:** Si el teléfono solo se usa para alertas, una autenticación básica (como un PIN o patrón) puede ser suficiente para asegurar que el teléfono esté protegido en caso de robo.

- **Cifrado de datos básico:** Para proteger la privacidad y la integridad de las alertas recibidas.

Resumen de Especificaciones Básicas:

- **Sistema operativo:** Android 9.0/iOS 12.0 o superior
- **Conectividad:** 4G/5G, Wifi, GPS
- **Pantalla:** 5.0-6.0" HD
- **Procesador:** 4 núcleos, 1.8 GHz
- **RAM:** 2 GB
- **Almacenamiento:** 16 GB (expandible con microSD)
- **Batería:** 3000 mAh mínimo
- **Sensores:** Proximidad, acelerómetro (opcional)
- **Resistencia:** IP67/IP68 (opcional)
- **Notificaciones:** Alertas sonoras y visuales
- **Seguridad:** PIN/contraseña básica

Diagrama de Componentes

Para la notación de los diagramas de componente. **Ver Anexo 12**

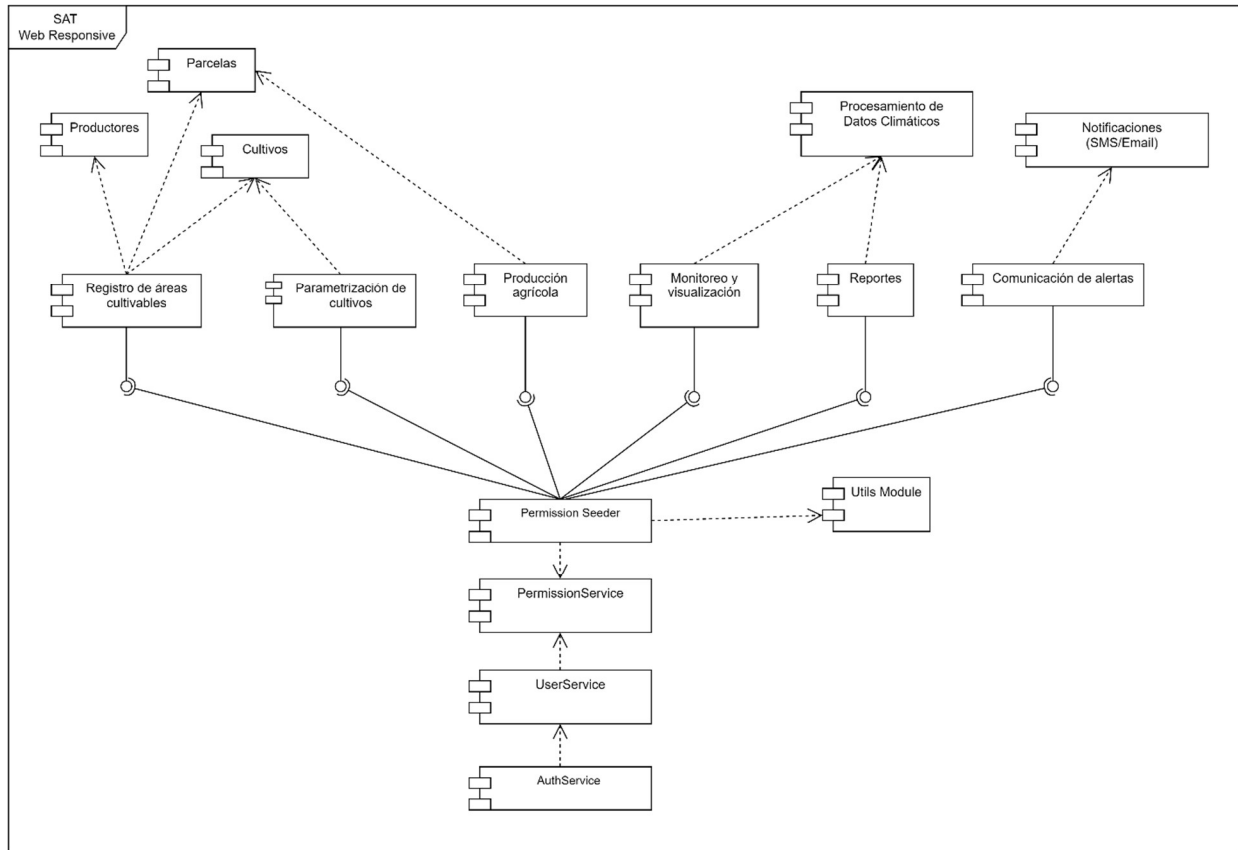


Figura 76. Diagrama de Componentes

Diagrama de Despliegue

Para la notación de los diagramas de Despliegue. **Ver Anexo 13**

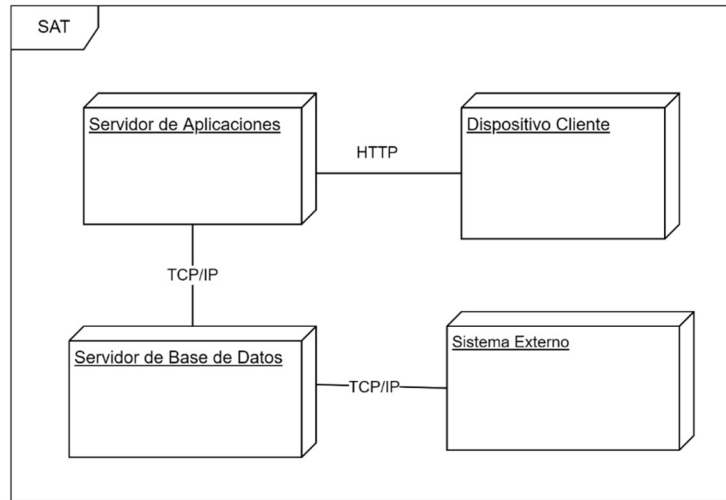


Figura 77. Diagrama de Despliegue

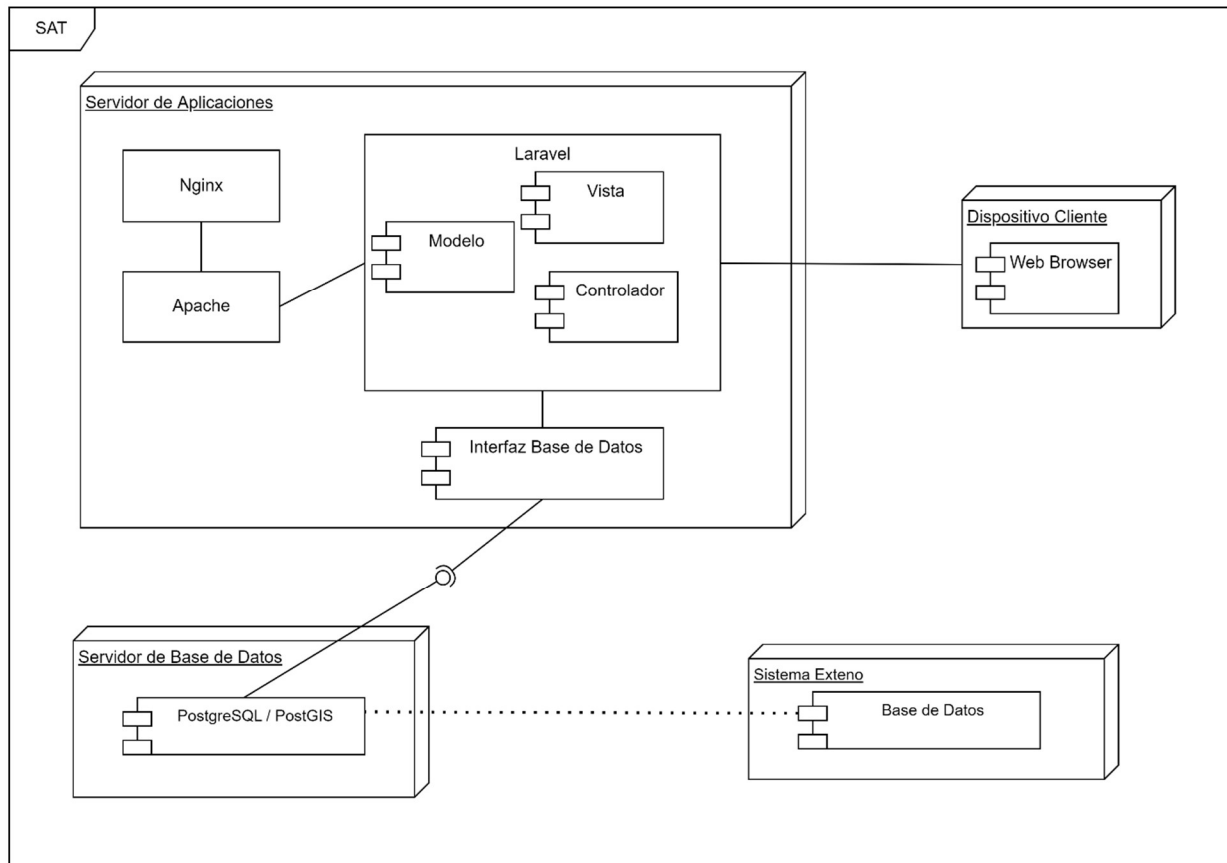


Figura 78. Diagrama de Despliegue Extendido

Especificaciones de Software

A continuación, se presentan las tecnologías de software recomendadas para el desarrollo de un sistema de alerta temprana. Estas herramientas han sido seleccionadas por su alta eficiencia, escalabilidad y capacidad para optimizar la productividad durante el proceso de desarrollo.

Software	Versión	Descripción
Debian	11	Sistema operativo del servidor.
Nginx	1.23.4	Es un servidor web, proxy de código abierto.
PostgreSQL	15-bullseye	Sistema de gestión de base de datos relacional orientado a objetos.
PostGIS	3.3.3	Es una extensión para la base de datos PostgreSQL que le agrega capacidades para manipular datos espaciales, índices espaciales y funciones para operar con ellos.
PHP	8.2-fpm	Utilizado para la comunicación web.
Composer	2.5.8	Es el administrador de paquete de PHP.
Laravel Framework	9.91	Framework para desarrollo de aplicaciones y servicios web.

Tabla 76. Software recomendado

Modelo Entidad Relación

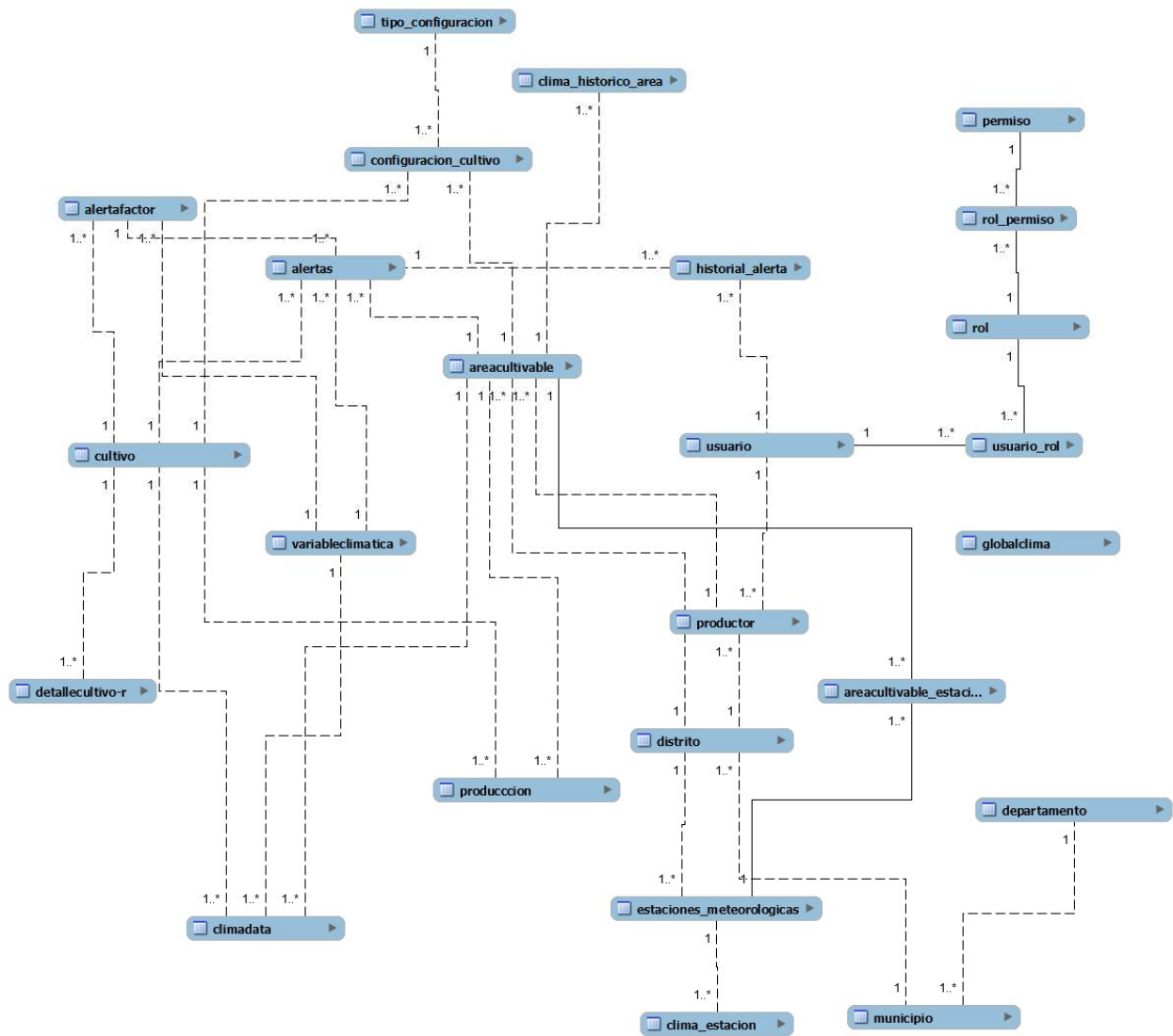


Figura 79. Modelo Entidad Relación

Diccionario de Datos

Lista de tablas:

- alertafactor
- alertas
- areacultivable
- areacultivable_estacion
- clima_estacion
- clima_historico_area
- climadata
- configuracion_cultivo
- cultivo
- departamento
- detallecultivo-r
- distrito
- estaciones_meteorologicas
- globalclima
- historial_alerta
- municipio
- permiso
- produccion
- productor
- rol
- rol_permiso
- tipo_configuracion
- usuario
- usuario_rol
- variableclimatica
- alertafactor

alertafactor										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idFactor	INT(11)	✓	✓					✓		
idCultivo	INT(11)		✓							
idVariable	INT(11)								NULL	
min_nivel	DECIMAL(5,2)								NULL	
max_nivel	DECIMAL(5,2)								NULL	
nivel_alerta	ENUM('Bajo', 'Medio', 'Alto', 'Critico', 'Fuera de Rango')								NULL	
tipo	ENUM('Auto', 'Manual')								NULL	
alertas										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idAlerta	INT(11)	✓	✓					✓		
idCultivo	INT(11)		✓							
idAreaCultivable	INT(11)		✓							
idVariable	INT(11)		✓							
idFactor	INT(11)		✓							
valor	DECIMAL(20,6)		✓						0	

mensaje	TEXT									NULL	
estado	ENUM('Pendiente', 'Enviada')		✓								
fecha_alerta	DATE		✓								
areacultivable											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idAreaCultivable	INT(11)	✓	✓								
idProductor	INT(11)								NULL		
idDistrito	INT(11)		✓								
localizacion	POINT								NULL		
medidas	DECIMAL(10,2)								NULL		
areacultivable_estacion											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idAreaCultivable	INT(11)	✓	✓								
idEstacion	INT(11)	✓	✓								
clima_estacion											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idClimaEstacion	INT(11)	✓	✓					✓			
idEstacion	INT(11)		✓								

fecha_registro	DATETIME		✓							CURRENT_TIMESTAMP()	
max_temp	DECIMAL(5,2)		✓								
min_temp	DECIMAL(5,2)		✓								
humedad	DECIMAL(5,2)		✓								
precipitacion	DECIMAL(5,2)		✓								
clima_historico_area											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idClimaHistorico	INT(11)	✓	✓					✓			
idAreaCultivable	INT(11)		✓								
fecha	DATE		✓								
max_temp	DECIMAL(5,2)		✓								
min_temp	DECIMAL(5,2)		✓								
humedad	DECIMAL(5,2)		✓								
precipitacion	DECIMAL(5,2)		✓								
climadata											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idClimaData	INT(11)	✓	✓					✓			
idAreaCultivable	INT(11)		✓								
idCultivo	INT(11)								NULL		

idVariable	INT(11)									NULL	
datoVariable	DECIMAL(20,6)									NULL	
fecharegistro	DATETIME									NULL	
configuracion_cultivo											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idConfiguracion	INT(11)	✓	✓								
idCultivo	INT(11)		✓								
idAreaCultivable	INT(11)		✓								
idTipoConfiguracion	INT(11)								NULL		
cantidadPlantas	INT(11)								NULL		
fechaSiembra	DATETIME								NULL		
fechaCosecha	DATETIME								NULL		
distanciaEntreCultivo	DECIMAL(6,4)								NULL		
imagen	LONGTEXT								NULL		
estado	INT(11)								NULL		
personasLaborando	INT(11)								NULL		
fechaIngreso	DATETIME								NULL		
cultivo											

Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
id	INT(11)	✓	✓					✓		
nombre	VARCHAR(100)		✓							
tipo	VARCHAR(50)		✓						'0'	
optima_max_temperatura	DECIMAL(5,2)		✓							
optima_min_temperatura	DECIMAL(5,2)		✓							
optima_humedad	DECIMAL(5,2)		✓							
optima_cantidad_lluvia	DECIMAL(5,2)		✓							
fecha_ingreso	TIMESTAMP		✓						CURRENT_TIMESTAMP()	
departamento										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idDepartamento	INT(11)	✓	✓							
nombreDepartamento	VARCHAR(45)								NULL	
detallecultivo-r										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idDetalleCultivo	INT(11)	✓	✓					✓		

idCultivo	INT(11)		✓								
etapa	VARCHAR(45)									NULL	
medida	DECIMAL(10,4)									NULL	
crecimiento	VARCHAR(45)									NULL	
distrito											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idDistrito	INT(11)	✓	✓					✓			
idMunicipio	INT(11)		✓								
nombreDistrito	VARCHAR(45)								NULL		
estaciones_meteorologicas											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idEstacion	INT(11)	✓	✓					✓			
idDistrito	INT(11)		✓								
nombre	VARCHAR(100)		✓								
ubicacion	POINT		✓								
fecha_instalacion	DATETIME		✓						CURRENT_TIMESTAMP()		
globalclima											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	

id	INT(11)	✓	✓					✓		
date	DATE		✓							
max_temp	DECIMAL(5,2)		✓							
min_temp	DECIMAL(5,2)		✓							
humedad	DECIMAL(5,2)		✓							
cantidad_lluvia	DECIMAL(5,2)		✓							
fecha_registro	TIMESTAMP		✓						CURRENT_T IMESTAMP()	
historial_alerta										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idHistorial	INT(11)	✓	✓					✓		
idUsuario	INT(11)		✓							
idAlerta	INT(11)		✓							
accion	VARCHAR(255)		✓							
fecha_accion	DATETIME		✓						CURRENT_T IMESTAMP()	
municipio										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idMunicipio	INT(11)	✓	✓					✓		

nombreMunicipio	VARCHAR(45)									NULL	
idDepartamento	INT(11)		✓								
permiso											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idPermiso	INT(11)	✓	✓								
nombre	VARCHAR(45)								NULL		
activo	INT(11)								NULL		
produccion											
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario	
idProduccion	INT(11)	✓	✓								
idCultivo	INT(11)		✓								
idAreaCultivable	INT(11)		✓								
cantidadProduccion	DOUBLE								NULL		
unidadesProduccion	VARCHAR(10)								NULL		
perdidaProduccion	INT(11)								NULL		
unidadesPerdida	VARCHAR(10)								NULL		
imagen	LONGTEXT								NULL		
fechaProduccion	DATETIME								NULL		

productor										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idProductor	INT(11)	✓	✓					✓		
idUsuario	INT(11)		✓							
idDistrito	INT(11)		✓							
direccion	VARCHAR(45)								NULL	
fechaRegistro	DATETIME								NULL	
rol										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idRol	INT(11)	✓	✓							
nombreRol	VARCHAR(45)								NULL	
activo	VARCHAR(45)								NULL	
rol_permiso										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idRol	INT(11)	✓	✓							
idPermiso	INT(11)	✓	✓							
tipo_configuracion										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario

idTipoConfigurac ion	INT(11)	✓	✓					✓		
nombre	VARCHAR(50)								NULL	
fechaRegistro	DATETIME		✓							
usuario										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idUsuario	INT(11)	✓	✓					✓		
nombre	VARCHAR(45)								NULL	
apellido	VARCHAR(45)								NULL	
email	VARCHAR(45)								NULL	
telefono	VARCHAR(15)								NULL	
nombreUsuario	VARCHAR(45)								NULL	
contraseña	VARCHAR(45)								NULL	
activo	INT(11)								NULL	
fechaRegistro	DATETIME								NULL	
fecha_modificaci on	TIMESTAMP		✓						CURRENT_T IMESTAMP() ON UPDATE CURRENT_T IMESTAMP()	
usuario_modific ador	INT(11)								NULL	
usuario_rol										

Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idUsuario	INT(11)	✓	✓							
idRol	INT(11)	✓	✓							
variableclimatica										
Nombre Columna	Tipo Dato	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comentario
idVariable	INT(11)	✓	✓					✓		
nombre	VARCHAR(50)								NULL	
unidad	VARCHAR(50)								NULL	

Tabla 77. Diccionario de Datos

Elementos del diseño de interfaces

Para el diseño de alerta temprana se pretende integrar una serie de principios y elementos clave de diseño de interfaces de usuario (UI) que aseguren que la aplicación sea funcional para lo que se detalla algunos de los elementos clave y principios fundamentales para el diseño de una interfaz web:

1. Diseño Responsivo (Responsive Design)

El diseño responsivo garantiza que la aplicación se vea bien y sea funcional en una variedad de dispositivos móviles (y otros tamaños de pantalla), ajustando dinámicamente el diseño de los elementos según el tamaño de la pantalla.

- **Grillas fluidas:** Utiliza un sistema de grillas que se adapte automáticamente al tamaño de la pantalla.
- **Imágenes escalables:** Usa imágenes que se ajusten a diferentes resoluciones y tamaños de pantalla.

2. Navegación Intuitiva

La navegación debe ser simple, clara y fácil de usar para que los usuarios de dispositivos móviles puedan moverse por la aplicación sin confusión.

- **Barra de navegación superior o inferior:** Utiliza una barra de navegación fija o emergente que contenga los elementos más importantes (Inicio, Buscar, Perfil, etc.).
- **Menú de hamburguesa o menú desplegable:** En aplicaciones con muchas secciones, un menú desplegable o tipo "hamburguesa" puede ser útil para organizar la información de manera compacta.

3. Diseño Visual

Los elementos visuales no solo deben ser atractivos, sino también funcionales, facilitando la navegación y comprensión de la aplicación.

- **Colores:** Usa una paleta de colores coherente con la identidad de la marca, dado que SIC – UES forma parte de la Universidad de El Salvador, se ha utilizado la gama cromática oficial de la institución para garantizar la coherencia con su identidad visual y fortalecer su imagen.



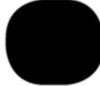

Asegurando que los colores sean accesibles y ayuden a diferenciar las acciones (por ejemplo, botones de acción en colores vibrantes).

GAMA CROMÁTICA







En la paleta principal se observan los valores autorizados para el logo UES o insignia. La paleta terciaria podrá usarse para material impreso y ocasiones especiales.

En el caso del diseño de **materiales institucionales** para instancias de dirección puede utilizarse la paleta principal y secundaria.

PALETA PRINCIPAL

			
Pantone 199	C=0 R=201 M=100 G=0 Y=100 B=25 K=15 #=C90019	C=0 R=26 M=0 G=23 Y=0 B=27 K=100 #=1A171B	C=0 R=255 M=0 G=255 Y=0 B=255 K=0 #=FFFFFF

PALETA SECUNDARIA

					
Pantone 1945	C=0 R=139 M=100 G=14 Y=100 B=19 K=50 #=8B0E13	Pantone 287	C=100 R=0 M=80 G=47 Y=0 B=107 K=50 #=002E6A	Pantone Cool Gray 9	C=0 R=135 M=0 G=136 Y=0 B=138 K=60 #=868789

PALETA TERCIARIA


	Pantone Dorado		Pantone Plateado
---	----------------	---	------------------

Figura 80. Gama Cromática

- **Tipografía:** Es importante que los títulos y el contenido sean fácilmente legibles sin forzar al usuario a hacer zoom, utilizando tamaños de texto adecuados.

El tipo de letra a utilizar dentro de la aplicación es Poppins y sus variaciones, seleccionadas por su legibilidad y estética moderna, con el fin de ofrecer una experiencia de lectura clara y agradable.



Figura 81. Tipografía

- **Iconografía:** Utiliza íconos claros y comprensibles que representen acciones comunes (como buscar, agregar, eliminar). En cuanto a los logos oficiales se utilizarán los siguientes elementos gráficos que corresponden la identidad visual de la SIC-UES/ Universidad de El Salvador y normativa Institucional



Figura 82. Logo SIC-UES Formato Horizontal



Figura 83. Logo SIC-UES Formato Vertical

Las versiones del logo oficial tienen su formato en color blanco, que es el que se ha tomado en el diseño de la aplicación, se incluyen en el documento los formatos en negro y rojo para tomarlos de referencia.

- **Espaciado y márgenes:** Deja suficiente espacio entre los elementos interactivos para evitar errores de toque.

4. Interacción y Usabilidad

La facilidad de interacción es fundamental. Los usuarios deben sentirse cómodos usando la app sin la necesidad de instrucciones adicionales.

- **Tamaños de botones:** Los botones deben ser lo suficientemente grandes como para tocarlos fácilmente (mínimo 44px x 44px según las recomendaciones de Apple y Google).
- **Retroalimentación táctil:** Proporciona retroalimentación visual y táctil (háptica) para que el usuario sepa cuándo ha realizado una acción correctamente, como un cambio de color en un botón al presionar o una vibración cuando se confirma una acción.
- **Animaciones:** Las animaciones deben ser suaves y no intrusivas, como transiciones entre pantallas o cambios de estado de los botones. Evita animaciones largas que puedan distraer.

5. Accesibilidad

Asegúrate de que tu aplicación sea accesible para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades.

- **Contraste de colores:** Asegúrate de que haya suficiente contraste entre el texto y el fondo para facilitar la lectura, especialmente en entornos con luz brillante.
- **Texto alternativo:** Proporciona texto alternativo para imágenes e íconos, de modo que las personas con discapacidades visuales puedan acceder a los contenidos utilizando lectores de pantalla.
- **Controles de accesibilidad:** Implementa controles como el aumento de tamaño de texto o el modo de alto contraste.

6. Flujos de Usuario y Jerarquía de Contenidos

Una aplicación debe tener un flujo de usuario claro, donde los pasos para realizar una tarea sean intuitivos.

- **Jerarquía visual:** Organiza los elementos de la interfaz de manera jerárquica, asegurando que las tareas principales se destaquen, y las opciones secundarias o menos importantes queden al final.
- **Formularios optimizados:** Los formularios deben ser lo más simples posible, con campos claramente etiquetados y con validación en tiempo real para evitar frustraciones.

7. Rendimiento

El rendimiento es crucial en las aplicaciones móviles, especialmente porque los usuarios esperan que las aplicaciones se carguen rápidamente y respondan al instante.

- **Tiempo de carga:** Minimiza los tiempos de carga de la aplicación, optimizando imágenes y otros recursos.

8. Notificaciones y Mensajes

Las notificaciones pueden mejorar la experiencia, pero también pueden ser una molestia si no se usan adecuadamente.

- **Notificaciones Push:** Úsalas con moderación, solo para enviar alertas importantes o actualizaciones relevantes.
- **Mensajes in-app:** Utiliza mensajes emergentes o banners dentro de la aplicación para proporcionar información sin interrumpir al usuario de manera intrusiva.

Diseño UI/UX

Para garantizar una experiencia de usuario en un sistema de alerta temprana implica priorizar la simplicidad, claridad, rapidez, accesibilidad, y fiabilidad. Esto permite que los usuarios reciban alertas de manera efectiva y tomen las acciones necesarias sin complicaciones, incluso en situaciones de alto estrés, por lo que se consideran estos aspectos:

1. Interfaz Intuitiva y Clara

- **Diseño simple y directo:** Las interfaces, tanto en el componente móvil como web, deben ser fáciles de usar y entender, incluso en situaciones de estrés o emergencia. Esto implica el uso de colores contrastantes, tipografía legible y botones grandes y accesibles.
- **Alertas claras y visuales:** Las alertas deben ser visualmente destacadas con colores llamativos (por ejemplo, rojo para emergencias graves, amarillo para advertencias), y mensajes claros que indiquen el tipo de alerta.
- **Notificaciones efectivas:** Las notificaciones deben incluir información clave de forma breve y clara. Además, deberían permitir la posibilidad de acceder rápidamente a más detalles si es necesario.

2. Velocidad de Respuesta

- **Notificaciones en múltiples canales:** Para asegurar que los usuarios reciban las alertas de manera inmediata, el sistema debe enviar notificaciones no solo a través de aplicaciones móviles, sino también por SMS, correo electrónico y otros métodos si es necesario, dependiendo de la disponibilidad de conexión.

3. Personalización de Alertas

- **Notificaciones diferenciadas:** El sistema debe permitir que las alertas sean diferenciadas según su gravedad, asegurando que las alertas críticas (por ejemplo, evacuaciones por terremoto) sean más prominentes que las alertas informativas o preventivas.

4. Accesibilidad

- **Multiplataforma:** El sistema debe ser accesible desde diferentes dispositivos, como smartphones, tablets, y computadoras, para garantizar que los usuarios puedan recibir alertas independientemente del dispositivo que usen.

5. Transparencia y Confianza

- **Actualizaciones en tiempo real:** A medida que evoluciona la emergencia, el sistema debe enviar actualizaciones continuas para mantener a los usuarios informados sobre el progreso o cambios en la situación. Esta capacidad para actualizar la información en tiempo real es clave para tomar decisiones informadas.

Además, el sistema de alerta temprana está diseñado para notificación en tiempo real de eventos que pueden tener un impacto negativo en los cultivos, incorporando tanto un componente web como un componente móvil.

- **Componente Web:** El sistema contará con una plataforma web que permitirá la administración centralizada de las alertas. A través de esta interfaz, los administradores podrán gestionar la emisión de alertas, visualizar datos históricos y configurar notificaciones para diferentes tipos de situaciones críticas. La plataforma web facilitará la integración con otros sistemas para la distribución efectiva de alertas.
- **Componente Móvil (Responsive):** El componente móvil estará diseñado para el usuario final, con el objetivo de replicar las funcionalidades del componente web, permitiendo su visualización de manera óptima en dispositivos móviles. Este desarrollo facilitará que los productores reciban alertas y notificaciones en tiempo real directamente en sus dispositivos, asegurando que puedan tomar decisiones informadas ante situaciones de emergencia. Asimismo, el sistema móvil ofrecerá la posibilidad de personalizar las alertas de acuerdo con las preferencias del usuario, garantizando así una experiencia de uso eficiente.

Ambos componentes trabajarán de manera conjunta para proporcionar una solución robusta y eficaz, asegurando que las alertas lleguen tanto a los administradores como a los usuarios finales de manera rápida y confiable. Esto permitirá una respuesta más ágil y organizada ante cualquier situación de riesgo.

Tomando en cuenta los elementos del diseño de interfaces, se presentan los diseños de las pantallas las cuales describen la disposición visual y la experiencia de usuario prevista para la aplicación.

Para esta sección se han seleccionado las pantallas que se consideran más importantes debido ya que estos elementos se utilizarán a medida que el sistema vaya creciendo en el futuro desarrollo del sistema.

Componente Móvil

Pantallas de Inicio de sesión

Están son las pantallas para el ingreso de sesión del usuario del sistema, ocupando los colores oficiales de la universidad.



Figura 84. Componente Móvil: Pantallas de Inicio de Sesión

Pantallas de gestión de usuario

Estas pantallas muestran cómo se ingresará un nuevo usuario, además de la edición de información básica del usuario.

The image displays two mobile application screens for user management, both featuring a red header with the logo of the Universidad de El Salvador and the text 'UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR' and 'Secretaría de Investigaciones Científicas'. A hamburger menu icon is visible in the top right corner of both screens.

The left screen, titled 'Nuevo Usuario', contains the following elements:

- A 'Usuario' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- An 'Email' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- A 'Password' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- A checked checkbox labeled 'Label' with the text 'Description' below it.
- A red button labeled 'Registrarse' at the bottom.

The right screen, titled 'Editar Usuario', contains the following elements:

- A 'Usuario' label above a greyed-out text input field with the placeholder 'Value'.
- A 'Teléfono' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- An 'Email' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- A 'Password' label above a text input field with the placeholder 'Value'.
- A checked checkbox labeled 'Label' with the text 'Description' below it.
- A red button labeled 'Guardar' at the bottom.

Figura 85. Componente Móvil: Pantallas Gestión de Usuario

Las pantallas continúan con la gestión del usuario para los procesos de búsqueda y selección del usuario para la modificación.

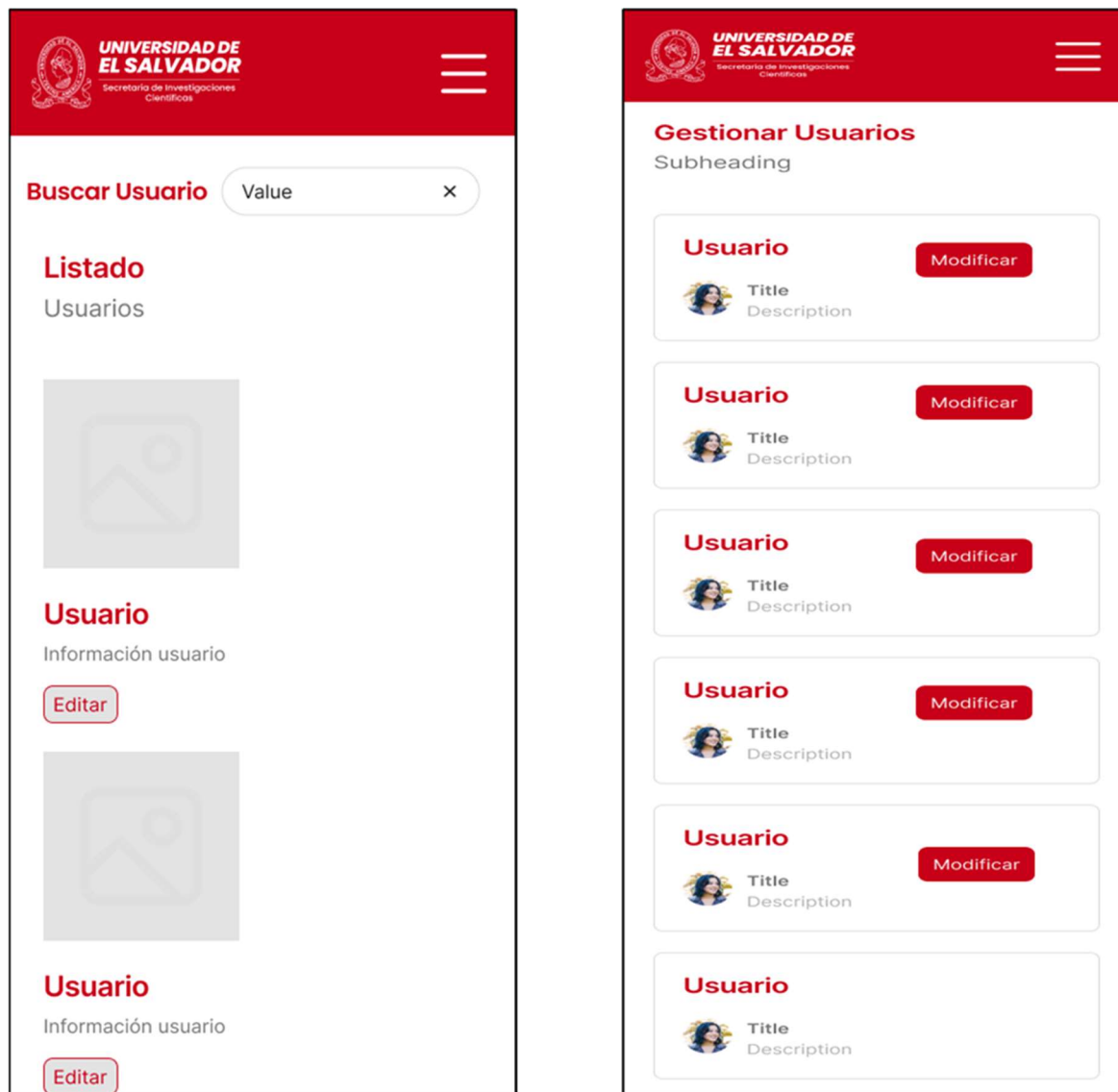


Figura 86. Componente Móvil: Pantallas de Gestión de Usuario cont.

Pantallas de gestión de productores

Estas pantallas muestran cómo se ingresará un productor al sistema, como los elementos de búsqueda

The image displays two mobile application screens for the 'Gestión de Productores' (Producer Management) component. Both screens feature a red header with the 'UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR' logo and 'Secretaría de Investigaciones Científicas' text, along with a hamburger menu icon.

Left Screen: Registrar Productor
This screen is titled 'Registrar Productor' in red. It contains a vertical stack of input fields for registration:

- Four 'Usuario' (User) fields, each with a 'Value' placeholder.
- An 'Email' field with a 'Value' placeholder.
- A 'Password' field with a 'Value' placeholder.
- A checkbox labeled 'Label' with the text 'Description' below it.
- A prominent red button at the bottom labeled 'Registrarse'.

Right Screen: Buscar Productor
This screen is titled 'Buscar Productor' in red. It features a search bar at the top with a 'Value' placeholder and a close icon (x). Below the search bar, the screen is titled 'Listado' (List) in red, followed by the text 'Usuarios' (Users). The list contains two entries, each consisting of:

- A placeholder image for a user profile picture.
- The title 'Usuario' in red.
- The text 'Información usuario' (User information).
- A red button labeled 'Editar' (Edit).

Figura 87. Componente Móvil: Gestión de Productores

Pantallas de Área Cultivable

Estas pantallas muestran cómo después de ingresar a un productor al sistema se le asociará el área cultivable con la respectiva carga de imágenes de ser necesario.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Secretaría de Investigaciones Científicas

Registrar Área Cultivable

Usuario
Value

Usuario
Value

Usuario
Value

Usuario
Value

Mapa de ubicación

Label Description

Registrarse

Registrar Imágenes Área Cultivable

Usuario
Value

Usuario
Value

Usuario
Value

Upload your file:

Drag & Drop image file or Browse
Supports: JPEG, PNG, GIF, TIFF

Label Description

Registrarse

Figura 88. Componente Móvil: Gestionar Área Cultivable

Muestra la pantalla para mostrar las imágenes cargadas en el sistema

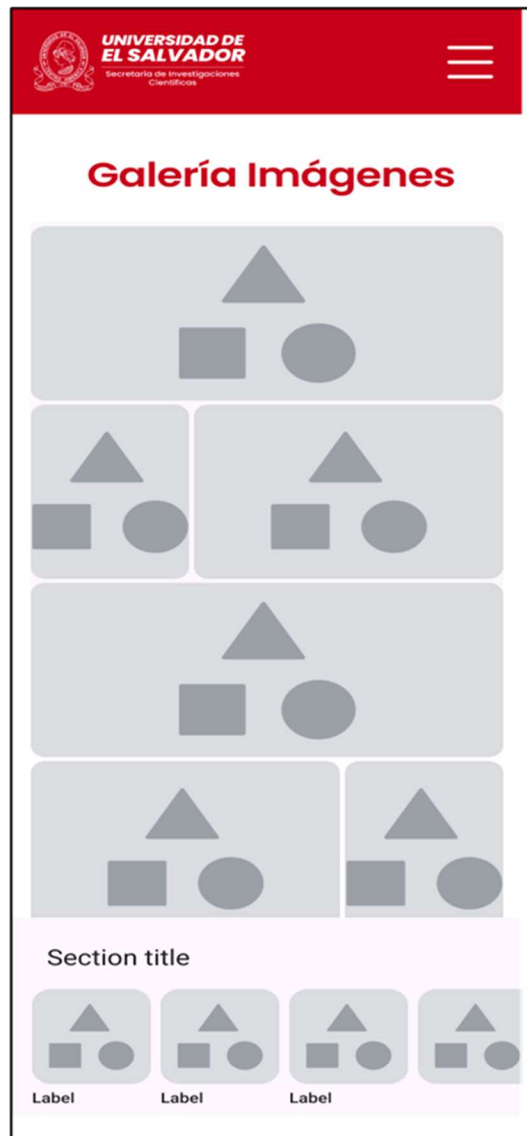


Figura 89. Componente Móvil: Galería de Imágenes

Pantallas para el manejo de Variables Climáticas y Parametrización de Alertas

Esto permitirá agregar nuevas variables climáticas al sistema, que se tomaran en cuenta para futuros análisis, junto con esto permitirá parametrizar las alertas para los cultivos.

The image displays two mobile application screens side-by-side, both featuring a red header with the logo of the Universidad de El Salvador and the text 'SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS'. The left screen is titled 'Agregar Variables Climáticas' and contains three input fields for 'Nombre', 'Unidad', and 'Unidad', each with a 'Value' placeholder. Below these fields is a checkbox labeled 'Label Description' which is checked. At the bottom of the screen is a red button labeled 'Registrarse'. The right screen is titled 'Parametrizar Alertas' and contains four input fields: 'Tipo Alerta', 'Detalle', 'Medida', and 'Tipo Cultivo', each with a 'Value' placeholder. Below these fields are two dropdown menus labeled 'Tipo Cultivo' and 'Grado Alerta', both with a downward arrow icon. At the bottom of the screen is a red button labeled 'Registrarse'.

Figura 90. Componente Móvil: Pantallas Manejo de Variables Climáticas

Pantallas para Visualización

Esto permitirá mostrar graficas que muestran la información consolidada de las variables climáticas.

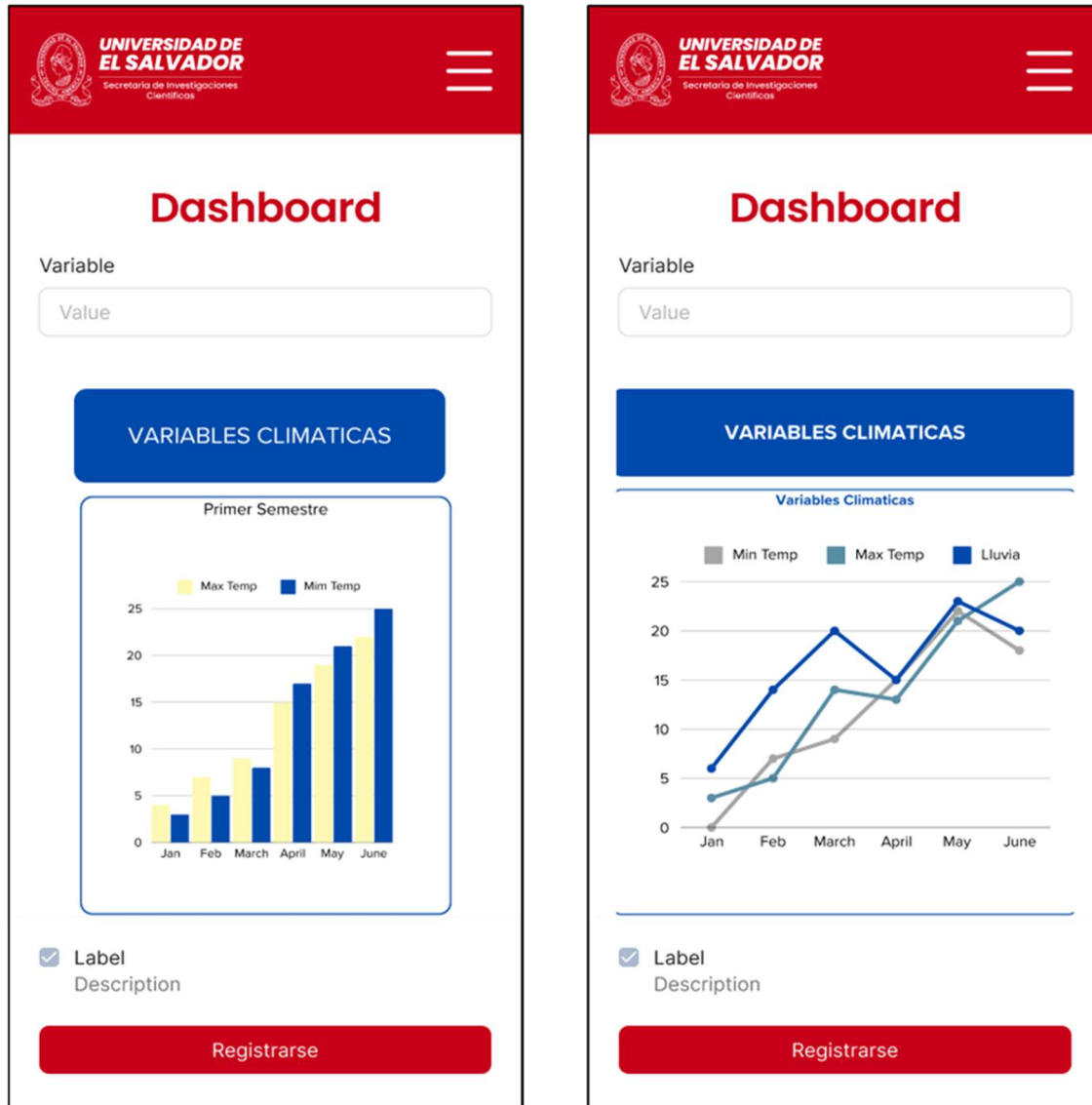


Figura 91. Componente Móvil: Pantallas para los graficas de las Variables Climáticas

Componente Web

Pantallas de Inicio de sesión



Figura 92. Componente Web: Inicio de sesión



Figura 93. Componente Web: Página de Inicio

Pantallas de gestión de usuario

Estas pantallas muestran cómo se ingresará un nuevo usuario, además de la edición de información básica del usuario en el componente web.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Secretaría de Investigaciones Científicas

Label1 Label2 Label3 Label4 Label5 Label6 Register

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Nuevo Usuario

1 2 3

Nombre
Value

Apellido
Value

Email
Value

Label
Description

Guardar

i Title
Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.

i Title
Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.

i Title
Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.

X Instagram YouTube LinkedIn

Use cases
UI design
UX design
Wireframing

Explore
Design
Prototyping
Development features

Resources
Blog
Best practices
Colors

Figura 94. Componente Web: Nuevo Usuario

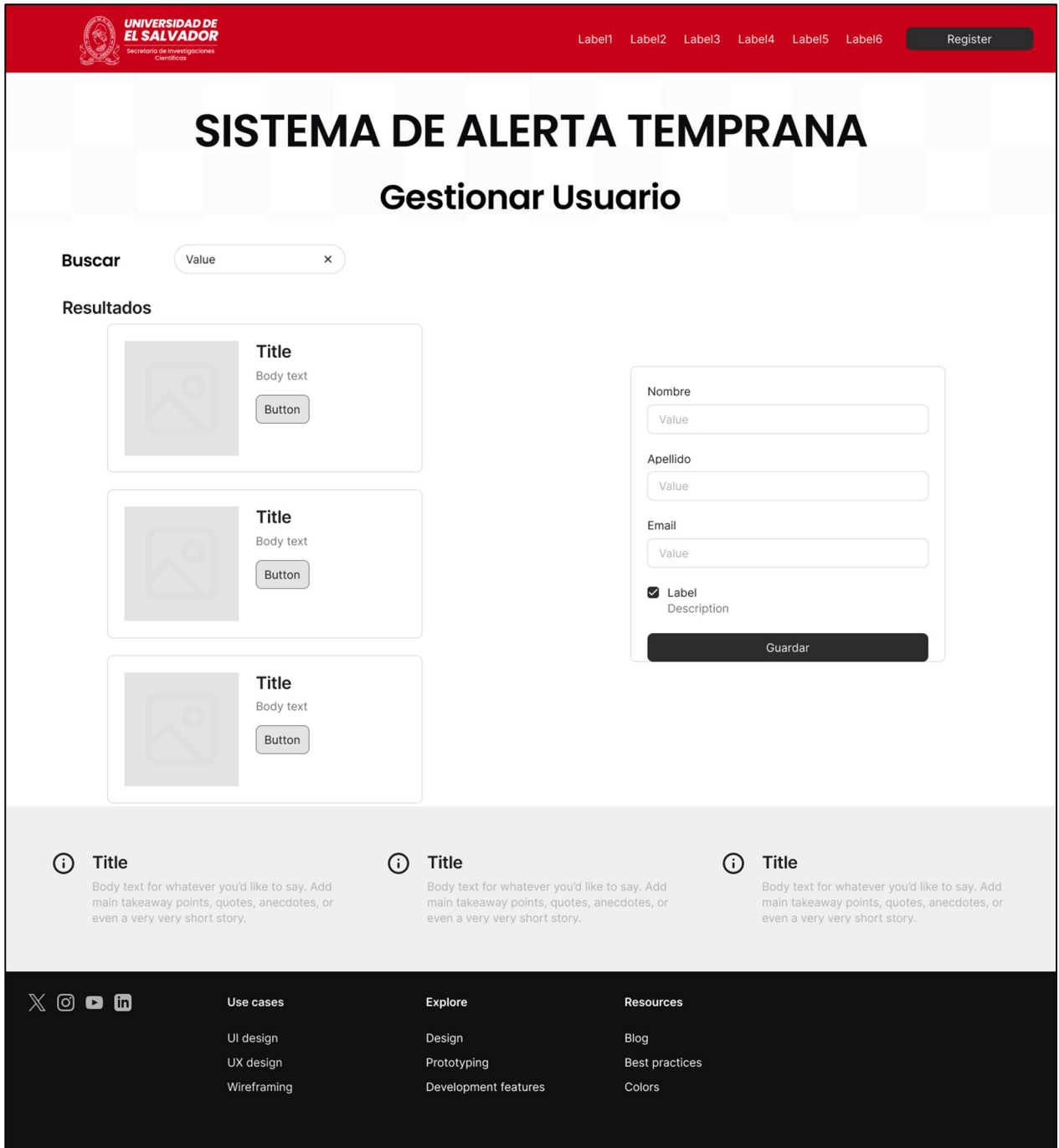


Figura 95. Componente Web: Gestionar Usuario

Pantallas de gestión de productor

Estas pantallas muestran cómo se ingresará un nuevo productor, además de la edición de información básica del productor en el componente web

The screenshot displays a web interface for registering a new producer. At the top, there is a red header with the logo of the Universidad de El Salvador and the text 'SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS'. To the right of the header are labels 'Label1' through 'Label6' and a 'Register' button. The main content area features a large heading 'SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA' and a sub-heading 'Nuevo Productor'. Below the sub-heading is a progress indicator with three steps, where step 1 is active. The registration form includes fields for 'Nombre', 'Apellido', and 'Email', each with a 'Value' placeholder. There is a checked checkbox for 'Label' and a 'Description' field. A 'Guardar' button is located at the bottom of the form. Below the form are three placeholder blocks, each with an information icon, a title, and a body of text. The footer contains social media icons (X, Instagram, YouTube, LinkedIn) and three columns of links: 'Use cases' (UI design, UX design, Wireframing), 'Explore' (Design, Prototyping, Development features), and 'Resources' (Blog, Best practices, Colors).

Figura 96. Componente Web: Ingresar Productor

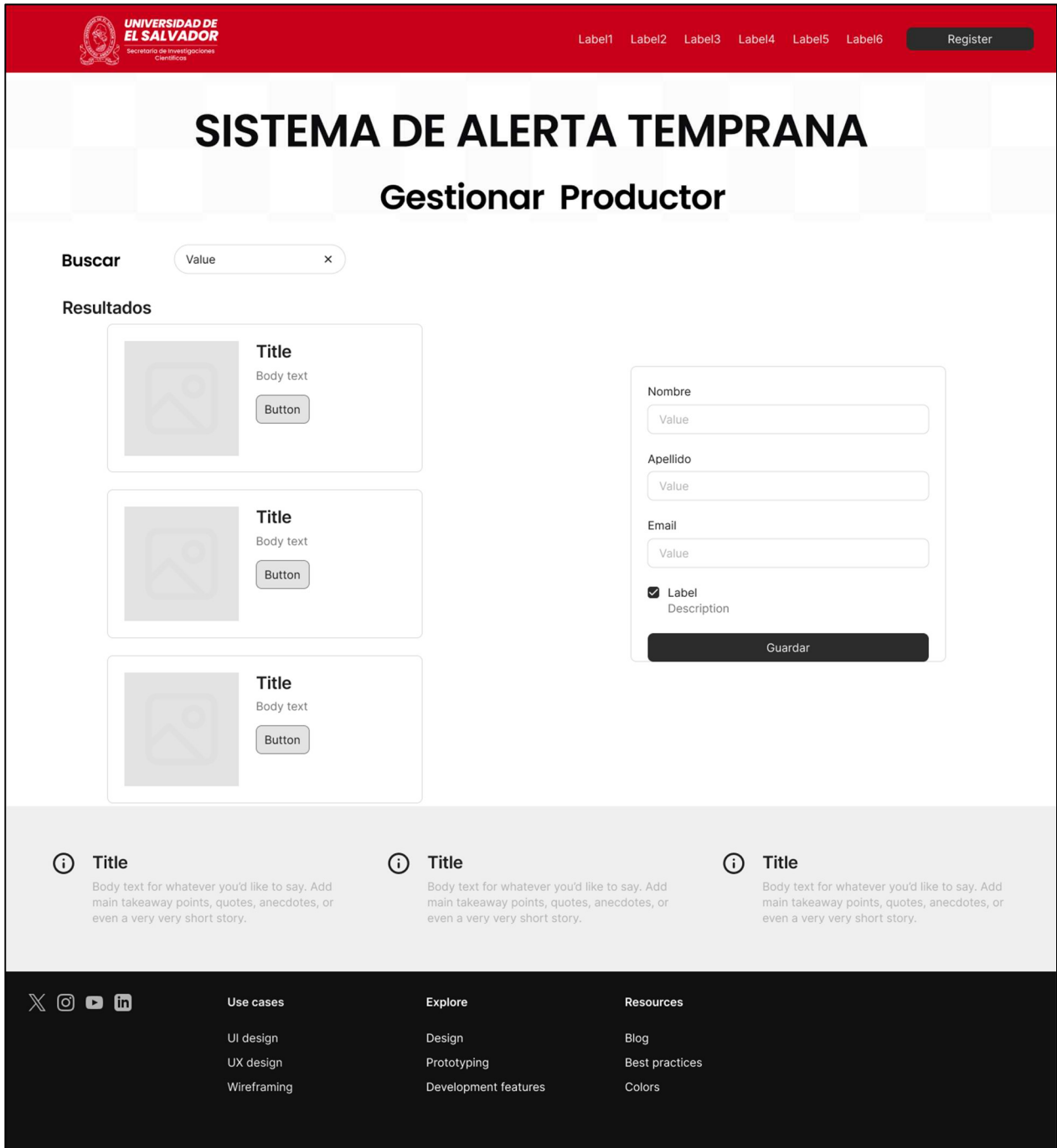


Figura 97. Componente Web: Gestionar Productores

Pantallas para el manejo de Variables Climáticas y Parametrización de Alertas

Esto permitirá agregar nuevas variables climáticas al sistema, que se tomaran en cuenta para futuros análisis, junto con esto permitirá parametrizar las alertas para los cultivos en el componente Web.

The screenshot shows a web interface for the 'SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA' (Early Warning System). The header is red and contains the logo of the 'UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR' (University of El Salvador) and the 'Secretaría de Investigaciones Científicas' (Secretariat of Scientific Investigations). Navigation links for 'Label1' through 'Label6' and a 'Register' button are also present.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Agregar Variables Climáticas

The main content area features a form for adding a new climate variable:

- Nombre Variable:** A text input field with the placeholder 'Value'.
- Unidad:** A text input field with the placeholder 'Value'.
- Label:** A checked checkbox with the label 'Label'.
- Description:** A text input field with the placeholder 'Description'.
- Guardar:** A dark grey button labeled 'Guardar' (Save).

Below the form, there are three placeholder cards, each with an information icon, a title, and a body of text: 'Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.'

The footer is dark and contains social media icons (X, Instagram, YouTube, LinkedIn) and three columns of links:

- Use cases:** UI design, UX design, Wireframing
- Explore:** Design, Prototyping, Development features
- Resources:** Blog, Best practices, Colors

Figura 98. Componente Web: Agregar Variables Climáticas

Pantallas de Área Cultivable

Estas pantallas muestran cómo después de ingresar a un productor al sistema se le asociará el área cultivable con la respectiva carga de imágenes de ser necesario en el componente Web

The screenshot displays a web interface for the 'SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA' (Early Warning System). The header features the logo of the 'UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR' and the 'Secretaría de Investigaciones Científicas'. Navigation links labeled 'Label1' through 'Label6' and a 'Register' button are present in the top right. The main heading is 'SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA' with a sub-heading 'Parametrizar Alertas'. The central form includes fields for 'Tipo de Alerta', 'Variable Climatica', 'Tipo de Cultivo', and 'Grado de Alerta', each with a 'Value' placeholder. A checkbox labeled 'Label Description' is checked. A 'Guardar' button is at the bottom of the form. Below the form are three placeholder sections, each with an information icon, a title, and body text. The footer contains social media icons and three columns of links: 'Use cases' (UI design, UX design, Wireframing), 'Explore' (Design, Prototyping, Development features), and 'Resources' (Blog, Best practices, Colors).

Figura 99. Componente Web: Parametrizar Alertas

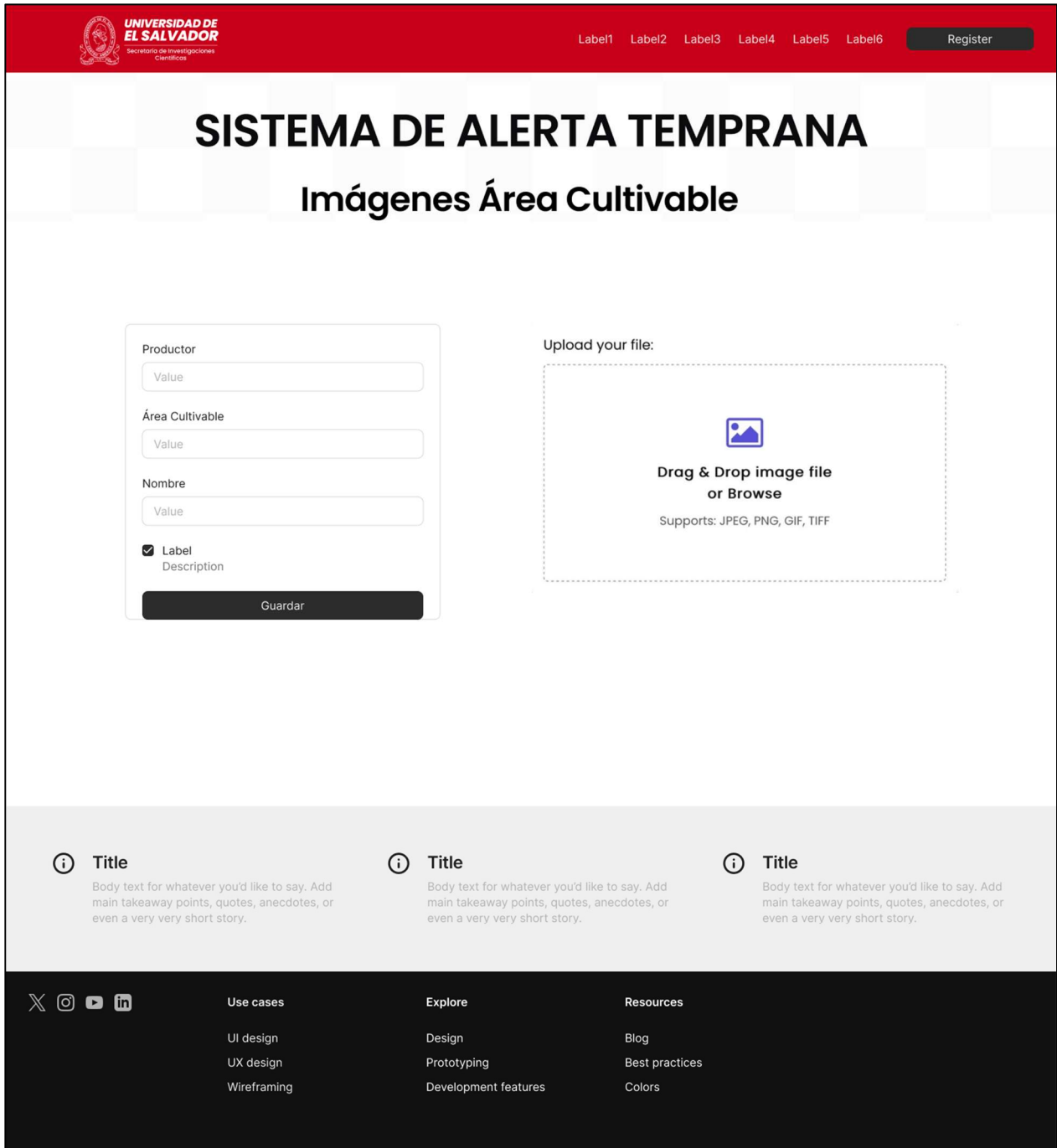


Figura 100. Componente Web: Ingresar Imágenes

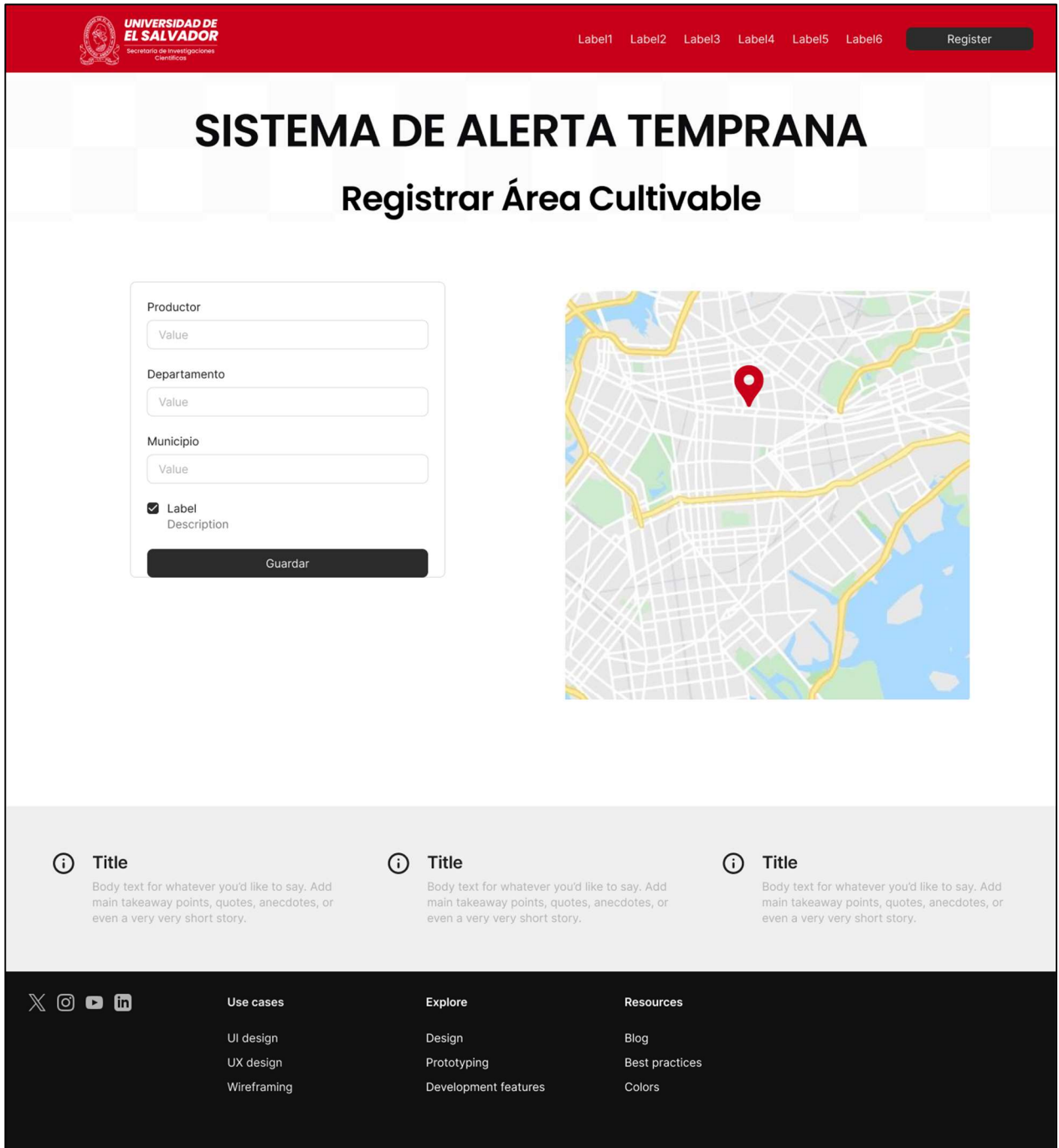


Figura 101. Componente Web: Registrar Área Cultivable

Pantallas para Visualización

Esto permitirá mostrar graficas que muestran la información consolidada de las variables climáticas en la versión web.

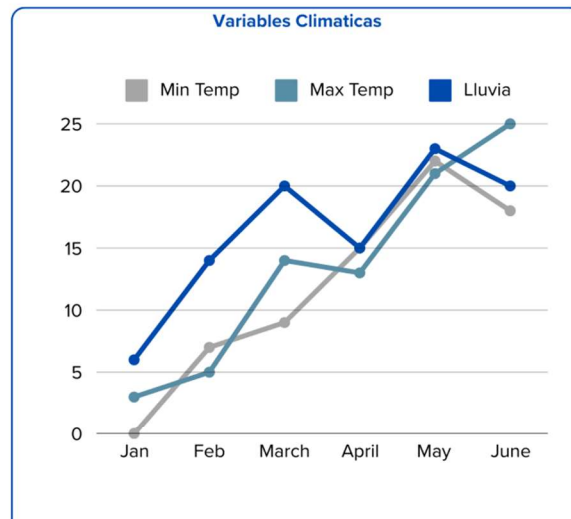


Figura 102. Componente Web: Gráfico 1

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Gráfico

VARIABLES CLIMATICAS



ⓘ Title

Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.

ⓘ Title

Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.

ⓘ Title

Body text for whatever you'd like to say. Add main takeaway points, quotes, anecdotes, or even a very very short story.



Use cases

UI design

UX design

Wireframing

Explore

Design

Prototyping

Development features

Resources

Blog

Best practices

Colors

Figura 103. Componente Web: Gráfico 2

Muestra los mensajes emergentes en el componente Web

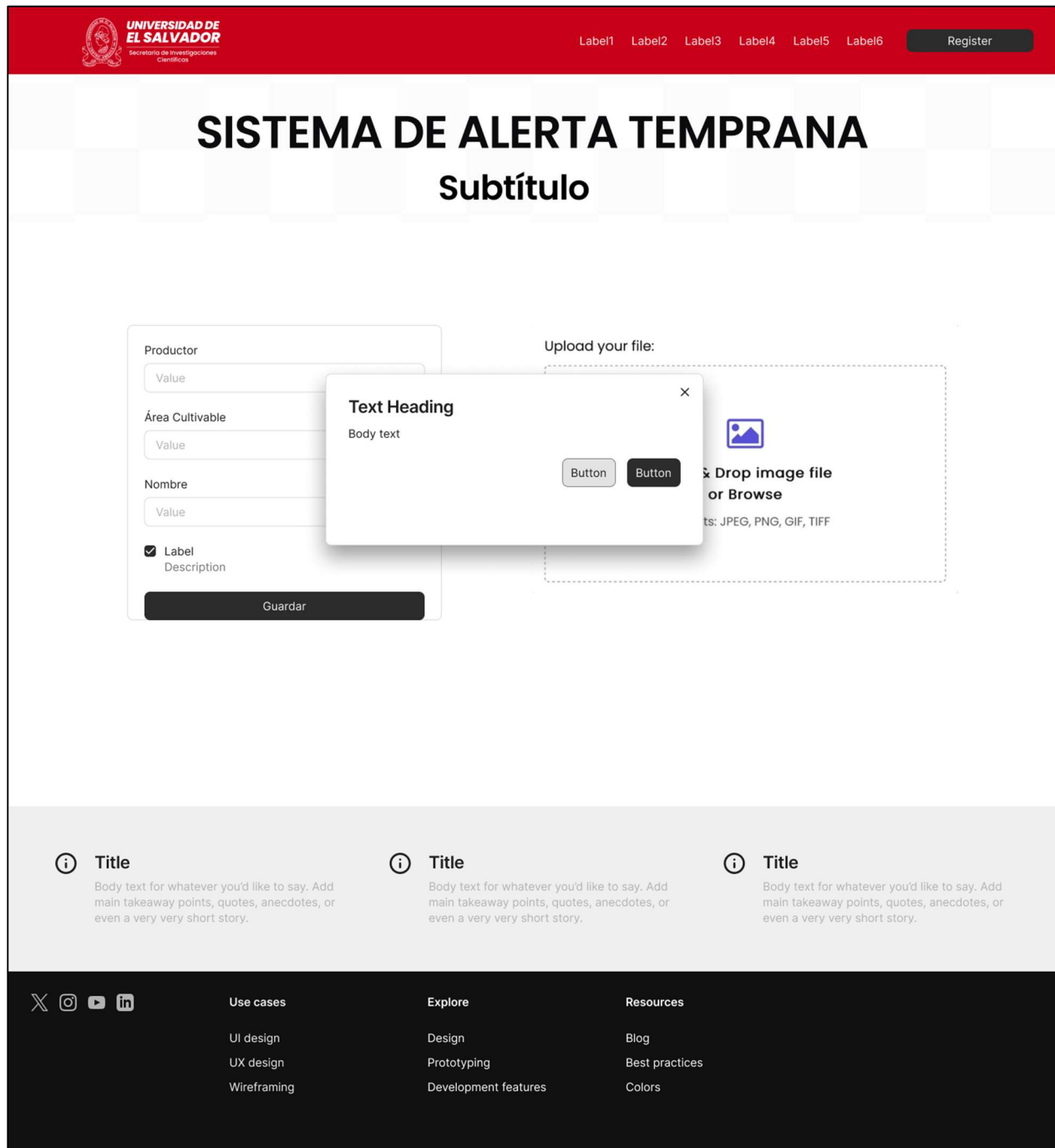


Figura 104. Componente Web: Mensaje Emergentes

Muestra la pantalla para mostrar las imágenes cargadas en el sistema en el componente Web.



Figura 105. Componente Web: Galería de Imágenes

INFORME DE PRUEBAS DE REALIZADAS A CONJUNTO DE DATOS DE MEDICIONES VARIABLES CLIMÁTICAS

Objetivos

- Aplicar algoritmos de aprendizaje automático para el análisis predictivo en el ámbito experimental, con el fin de identificar patrones y tendencias relevantes en los datos recolectados

Metodología: CRISP-DM

La metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) es un enfoque ampliamente reconocido y utilizado para la minería de datos, que se estructura en una serie de fases iterativas y sistemáticas para garantizar la extracción efectiva de conocimiento a partir de datos. En el contexto del análisis de algoritmos para un sistema de alerta temprana, CRISP-DM proporciona una guía sólida para estructurar el proceso de desarrollo, evaluación y mejora de los algoritmos que alimentan dicho sistema.

El objetivo de este análisis es identificar patrones y correlaciones en datos históricos o en tiempo real, con el fin de generar alertas oportunas que permitan anticipar situaciones de riesgo. Para lograrlo, se adaptan las fases del CRISP-DM, como la comprensión del negocio, la preparación de los datos, la modelización y la evaluación, al desafío específico de construir un sistema que pueda predecir eventos críticos, como desastres naturales, incidentes de salud pública, fallos en infraestructuras, entre otros.

A través de esta metodología, se busca no solo seleccionar el algoritmo más adecuado para el sistema de alerta temprana, sino también asegurar que el modelo final sea efectivo, eficiente y ajustado a las necesidades específicas del entorno en el que se desplegará. El uso de CRISP-DM en el análisis de algoritmos permite integrar un enfoque robusto y flexible para mejorar la toma de decisiones y optimizar las respuestas ante eventos de riesgo.

Para el desarrollo del análisis de algoritmos para un sistema de alerta temprana, se adoptará la metodología **CRISP-DM** (Cross-Industry Standard Process for Data Mining), un enfoque probado y ampliamente utilizado en minería de datos. CRISP-DM se basa en un proceso iterativo y flexible que permite adaptar cada fase del análisis a las necesidades y características del problema en cuestión. Esta metodología es adecuada para el diseño y evaluación de modelos predictivos, ya que proporciona una estructura clara y organizada para enfrentar problemas complejos.

El proceso CRISP-DM consta de seis fases principales, que serán aplicadas y adaptadas al contexto específico del sistema de alerta temprana:

1. **Comprensión del negocio:** En esta fase, se identifican los objetivos y requisitos del sistema de alerta temprana. Se define el tipo de riesgos que el sistema debe predecir (como desastres naturales, fallos en infraestructuras, o eventos de salud pública) y se establecen las expectativas de los stakeholders, asegurando que los resultados del análisis sean relevantes y útiles para la toma de decisiones en situaciones críticas.
2. **Comprensión de los datos:** Tras la identificación de los objetivos, se procede a explorar los datos disponibles, que pueden ser históricos o en tiempo real. Esta fase incluye el análisis preliminar de las fuentes de datos, la evaluación de su calidad y la detección de posibles problemas (como valores faltantes, ruido o inconsistencias) que puedan afectar la precisión de los modelos predictivos.
3. **Preparación de los datos:** En esta etapa, se seleccionan y transforman los datos relevantes para el modelo. Esto puede incluir la limpieza de los datos, la normalización, la creación de nuevas variables a partir de datos existentes, y la segmentación de los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba. Una adecuada preparación de los datos es fundamental para garantizar que los algoritmos puedan aprender patrones significativos.
4. **Modelado:** En esta fase, se seleccionan y aplican diferentes algoritmos de minería de datos adecuados para la predicción de eventos de riesgo. Dependiendo de la naturaleza del problema, se podrán explorar algoritmos de clasificación (por ejemplo, árboles de decisión, SVM, redes neuronales) o series temporales. Se entrenan varios modelos utilizando los datos preparados y se ajustan sus parámetros para optimizar su rendimiento.
5. **Evaluación:** Una vez que los modelos son entrenados, se procede a evaluar su desempeño utilizando métricas adecuadas, como la precisión, el recall, el F1-score y otras métricas específicas de la naturaleza del sistema de alerta temprana. En esta fase, se comparan los resultados de los modelos generados,

y se selecciona el más adecuado en función de su capacidad para generar alertas correctas y reducir los falsos positivos y negativos.

6. **Despliegue:** Finalmente, el modelo seleccionado se implementa en un entorno operativo o de pruebas. En esta fase, se valida su efectividad en tiempo real, asegurando que las alertas generadas sean oportunas y útiles para la toma de decisiones. El modelo puede ser ajustado en función de los resultados obtenidos durante el despliegue, y se pueden realizar mejoras adicionales para optimizar su rendimiento.

El proceso CRISP-DM es cíclico y flexible, lo que permite realizar ajustes iterativos en cualquier fase, según los resultados obtenidos. Este enfoque asegura que el análisis sea detallado, y que el modelo desarrollado sea robusto y adaptado a las necesidades del sistema de alerta temprana. Además, la metodología fomenta la colaboración entre los equipos de análisis de datos, desarrollo de software y los stakeholders, garantizando que el sistema final sea efectivo y se ajuste a los requisitos del entorno operativo.

En resumen, CRISP-DM proporciona una estructura clara y coherente para desarrollar un sistema de alerta temprana eficaz, guiando el proceso desde la comprensión inicial del negocio hasta la implementación y evaluación continua del modelo.

Desarrollo

A continuación, se describe paso a paso la aplicación de la metodología CRISP-DM empleada para el análisis de datos meteorológicos obtenidos en la región de los Nonualcos.

1. *Comprensión del negocio*

1.1. Objetivos del negocio. (los objetivos planteados forman parte del proyecto de investigación mencionado anteriormente)

1.1.1. Gestionar el riesgo agroalimentario fortaleciendo el monitoreo de cultivos, mediante la aplicación de tecnología orientada a detectar cambios extremos en la variabilidad climática, para la generación de alertas que permitan implementar acciones con la finalidad de proteger el cultivo.

1.1.2. Incrementar la seguridad alimentaria y nutricional de la familia de los agricultores y población de la zona.

1.1.3. Crear un registro histórico de mediciones de variables climáticas en la zona del corredor seco para futuras investigaciones en el ámbito del cambio climático y la generación de pronósticos.

1.2. *Objetivos de la minería de datos*

1.2.1. Objetivo general:

- Predecir variabilidad climática en la región de los Nonualcos de tal forma que se contribuya a la gestión del riesgo agroalimentario.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Caracterizar el clima en la zona de los Nonualcos a través del análisis de datos históricos de temperatura.
- Crear un prototipo de modelo de predicción de la variable temperatura a partir de las mediciones registradas.
- Identificar la variable climática que más impacta negativamente a un tipo de cultivo.
- Identificar al menos dos algoritmos de aprendizaje de máquina que permitan predecir variabilidad climática.

1.3. Evaluación de la solución

1.3.1. Situación actual de los datos

Actualmente, se cuenta con registro histórico de mediciones realizadas en la estación experimental y prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en San Luis Talpa departamento de la Paz. Las mediciones almacenadas corresponden al período comprendido entre 1977 y 1997.

1.4. Plan de trabajo

Fase	Tiempo (semanas)	Recursos	Riesgos
Comprensión del negocio	1	Analistas y director del proyecto de investigación	Lo que no me permite comprender el negocio correctamente.
Compresión de los datos	2	Analistas y Meteorólogo, tiempo invertido en el análisis	Calidad y cantidad de los datos obtenidos.
Preparación de los datos	4	Analistas y técnicos, tiempo invertido en el análisis	Porcentaje de datos faltantes, datos no estandarizados, continuidad de las mediciones realizadas
Modelo	2	Analistas, tiempo invertido en la construcción del modelo	Dificultad para identificar un modelo de predicción que se ajuste a los datos de entrada. (datos obtenidos de las mediciones o de la fuente)
Evaluación	2	Analistas y equipo de investigadores	El nivel de aceptación del modelo es bajo.
Despliegue	1	Analistas y técnicos	Incapacidad del modelo de predecir un evento de variabilidad climática extrema (evento climático no registrado antes)

Tabla 78. Plan de trabajo

1.5. Herramientas y técnicas a aplicar para el análisis de datos

Para el análisis del conjunto de datos meteorológicos, se emplearán las siguientes herramientas: Anaconda Navigator, Python y sus librerías.

Desde la perspectiva de la minería de datos, se espera:

- En la medida que se identifiquen patrones de comportamiento de la variabilidad climática basada en el registro histórico de datos, se podría contribuir (incidir) a alcanzar los objetivos del negocio (Que efectivamente se genere un aporte a los objetivos de negocio)
- Técnicas de minería a emplear en el proyecto: De acuerdo con la investigación documental realizada, se sugiere el empleo de ARIMA, series temporales para predecir temperatura. (sustentar bibliográficamente)
- Los resultados pueden ser precisos en la medida que se determine que los datos a utilizar son de calidad y se cuenta con suficientes datos para el análisis y de la precisión con la cual se hayan medido.

Aspectos relevantes de la primera fase:

- De acuerdo con los investigadores, los datos de variabilidad climática obtenidos se han medido con precisión.
- Las mediciones de variabilidad obtenidas corresponden a un período continuo de tiempo.
- Definir un porcentaje de aceptación del modelo respecto a la precisión en los resultados.

Se ejecutarán las primeras cuatro fases de CRISP DM

- En el plan de trabajo se han identificado una serie de riesgos para cada una de las fases de la metodología a emplear, riesgos que pueden afectar el resultado. Sin embargo, la expectativa del equipo de analistas e investigadores es que éstos se han superados durante la ejecución.

2. Comprensión de los datos

En esta fase se acceden a los datos, se exploran y organizan con la intención de identificar la calidad de estos a la vez que se documentan los resultados.

2.1. Recopilación inicial de datos

Como se mencionó anteriormente los datos a analizar corresponden a los obtenidos en la estación experimental de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y corresponden a mediciones diarias de temperaturas (baja, media y alta) obtenidas a lo largo de 20 años.

2.2. Descripción de datos

Detalle del conjunto de datos de variación climática, y específicamente de temperatura

```
print(df.columns)
print(df.dtypes)
print(df.shape)

Index(['FechaBase', 'Dia', 'Mes', 'Anho', 'Fecha', 'TMAXgC', 'TMINGC',
      'TMEDgC', 'PHR', 'PPmm'],
      dtype='object')
FechaBase    object
Dia           int64
Mes           int64
Anho          int64
Fecha         object
TMAXgC       float64
TMINGC       float64
TMEDgC       float64
PHR           int64
PPmm         float64
dtype: object
(7669, 10)
```

Figura 106. Tipos de datos del conjunto

Como se observa en la imagen anterior, el conjunto de datos contiene 7,669 registros con un total de 10 columnas y sus correspondientes tipos de datos, los nombres de las columnas corresponden al siguiente detalle:

- Las columnas Fecha Base y Fecha base contienen las fechas en las cuales se realizaron las mediciones de las variables climáticas del conjunto y básicamente almacenan el mismo tipo de dato en diferente formato,
- Las columnas Día, Mes, Anho, han sido derivas de la columna fecha (tipo de dato compuesto), la variable TMAXgC corresponde a mediciones de

temperatura máxima en grados centígrados, la variable TMINgC corresponde a mediciones de temperatura mínima en grados centígrados, y la variable TMEDgC es producto de cálculo de la media de las temperaturas, medida también en grados centígrados, PHR corresponde a la medición del porcentaje de humedad relativa, y finalmente la variable PPmm la cual corresponde a la medición de precipitación pluvial en milímetros.

En la imagen anterior, se observa la existencia de datos de tipo object en el conjunto de datos base, por tanto, fue necesario realizar algunos tipos de conversión de datos para su posterior tratamiento y llevar a cabo el análisis de estos.

```
df['FechaBase'] = pd.to_datetime(df['FechaBase'], format="%d/%m/%Y")
df['Fecha'] = pd.to_datetime(df['Fecha'], format="%d/%m/%Y")

df['TMAXgC'] = df['TMAXgC'].astype('float')
df['TMINgC'] = df['TMINgC'].astype('float')
df['TMEDgC'] = df['TMEDgC'].astype('float')
#df['PHR'] = df['PHR'].astype('int')
df['PPmm'] = df['PPmm'].astype('float')
df.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 7669 entries, 0 to 7668
Data columns (total 10 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  -
0   FechaBase   7669 non-null   datetime64[ns]
1   Dia         7669 non-null   int64
2   Mes         7669 non-null   int64
3   Anho        7669 non-null   int64
4   Fecha       7669 non-null   datetime64[ns]
5   TMAXgC      7669 non-null   float64
6   TMINgC      7669 non-null   float64
7   TMEDgC      7669 non-null   float64
8   PHR         7669 non-null   int64
9   PPmm        7669 non-null   float64
dtypes: datetime64[ns](2), float64(4), int64(4)
memory usage: 599.3 KB
```

Figura 107. Conversiones de tipos de datos

En la imagen anterior se muestra el resultado de las conversiones de datos en Python. En el caso del tipo de dato object, este fue convertido a tipo datetime64 para efectos de manipular períodos de tiempo. Por ejemplo, totalizar o calcular promedios mensuales.

2.3. Exploración de datos (gráficos y tablas) A continuación, se accede a los datos y se muestra algunos registros del contenido del conjunto de datos

	FechaBase	Dia	Mes	Anho	Fecha	TMAXgC	TMINgC	TMEDgC	PHR	PPmm
0	2/1/1977	2	1	1977	02/01/1977	32.6	18.5	24.00	67	0.0
1	3/1/1977	3	1	1977	03/01/1977	34.6	18.0	24.40	62	0.0
2	4/1/1977	4	1	1977	04/01/1977	35.2	20.5	25.93	56	0.0
3	5/1/1977	5	1	1977	05/01/1977	36.1	20.1	25.05	65	0.0
4	6/1/1977	6	1	1977	06/01/1977	34.5	19.0	24.65	74	0.0

Tabla 79. Datos del conjunto

En la imagen siguiente puede evidenciarse algunas medidas de tendencia central tales como: cantidad de registros, valores mínimos y máximos incluyendo información relevante de la media y desviación estándar de las variables cuantitativas del conjunto de datos.

	Dia	Mes	Anho	Fecha	TMAXgC	TMINgC	TMEDgC	PHR	PPmm
count	7669.000000	7669.000000	7669.000000	7669	7669.000000	7669.000000	7669.000000	7669.000000	7669.000000
mean	15.731125	6.523797	1987.001956	1987-07-03 00:00:00.000000064	33.202184	22.412687	26.596263	76.655366	4.781297
min	1.000000	1.000000	1977.000000	1977-01-02 00:00:00	24.100000	1.500000	15.000000	32.000000	0.000000
25%	8.000000	4.000000	1982.000000	1982-04-03 00:00:00	32.000000	21.500000	25.700000	72.000000	0.000000
50%	16.000000	7.000000	1987.000000	1987-07-03 00:00:00	33.000000	22.500000	26.480000	78.000000	0.000000
75%	23.000000	10.000000	1992.000000	1992-10-01 00:00:00	34.200000	23.400000	27.350000	84.000000	1.800000
max	31.000000	12.000000	1997.000000	1997-12-31 00:00:00	335.000000	246.000000	147.350000	100.000000	210.200000
std	8.799449	3.448536	6.054816	NaN	6.161601	3.767505	2.916696	10.733956	12.875050

Tabla 80. Resumen de los datos

Al analizar la tabla anterior, se puede observar que el conjunto de datos contiene valores máximos de temperatura para las variables TMAXgC igual a 335°, TMINgC igual a 246°, y TMEDgC igual a 147.35°, estos valores reflejan algunas incoherencias al contrastar con los valores típicos de temperatura en la zona (conocimiento de la temperatura en la zona), lo cual implica que es necesario revisar su origen y detectar posibles errores en la medición.

2.4. Verificación de calidad de datos (faltantes, errores, incoherencias)

La verificación de la calidad de datos es un proceso que debe realizarse evaluando cada una de las variables del conjunto de datos, durante el proceso el objetivo es identificar errores de codificación, valores perdidos, e incoherencias en los datos. Los datos perdidos pueden incluir valores vacíos o de tipo NULL, algunos errores pueden ser tipográficos, o fallos en mediciones por problemas técnicos los cuales pueden surgir de desperfectos en los equipos empleados. Para este caso, es necesario identificar errores por posibles problemas técnicos ocurridos en la estación meteorológica instalada en el campo experimental.

Para efectos de verificar la existencia de datos faltantes o nulos en el conjunto de datos, se utilizaron comandos de Python en el entorno de desarrollo iterativo de Jupyter. Como se observa en la siguiente imagen, no se evidencia que existan datos nulos en los registros del conjunto de datos, la instrucción `Data.isnull().sum()`, la cual pertenece a la librería Panda de Python, totaliza la cantidad de valores nulos que encuentra en un conjunto de datos, verificando por cada columna del conjunto.

```
Data.isnull().sum()
```

```
FechaBase    0
Dia           0
Mes           0
Año           0
Fecha         0
TMAXgC       0
TMINGC       0
TMEDgC       0
PHR           0
PPmm         0
dtype: int64
```

Figura 108. Conteo de datos nulos

La instrucción `Data.isna().any()` devuelve valores de tipo booleano que indican la existencia de valores faltantes para cada variable o columna en el conjunto de datos. En caso encontrar valores faltantes, devuelve `True`, sin embargo, al analizar el conjunto de datos, el valor devuelto por el método para cada variable fue `False` indicando la no existencia de faltantes.

```
Data.isna().any()

FechaBase    False
Dia           False
Mes           False
Año           False
Fecha         False
TMAXgC       False
TMINgC       False
TMEDgC       False
PHR           False
PPmm         False
dtype: bool

Eliminar celdas que contienen valores nulos

Data = Data.dropna()
```

Figura 109. Valores faltantes

En un análisis preliminar de los datos, éstos fueron cargados en una hoja de Excel, la primera variable que se analizó corresponde a la fecha de las mediciones de las variables climáticas del conjunto de datos.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	FechaBase	Dia	Mes	Año	Fecha	TMAXgC	TMINgC	TMEDgC	PHR	PPmm
32	1/2/1977	1	2	1977	01/02/1977	34.20	18.90	25.85	61	0.00
33	2/2/1977	2	2	1977	02/02/1977	35.50	18.60	24.28	72	0.00
34	3/2/1977	3	2	1977	03/02/1977	34.00	20.70	25.23	80	0.00
35	4/2/1977	4	2	1977	04/02/1977	34.20	21.00	26.55	74	0.00
36	5/2/1977	5	2	1977	05/02/1977	34.60	20.00	26.45	70	0.00
37	6/2/1977	6	2	1977	06/02/1977	35.40	22.50	26.75	65	0.00
38	7/2/1977	7	2	1977	07/02/1977	34.60	21.20	26.33	71	0.00
39	8/2/1977	8	2	1977	08/02/1977	34.00	21.50	26.93	68	0.00
40	9/2/1977	9	2	1977	09/02/1977	36.00	21.60	26.50	71	0.00
41	10/2/1977	10	2	1977	10/02/1977	36.50	21.50	27.43	68	0.00
42	11/2/1977	11	2	1977	11/02/1977	35.60	21.00	25.43	73	0.00
43	12/2/1977	12	2	1977	12/02/1977	33.00	20.70	25.35	84	0.00
44	13/2/1977	13	2	1977	13/02/1977	34.00	20.10	26.53	77	0.00

Figura 110. Formatos de fechas del conjunto de datos

Como puede se puede observar en la imagen anterior, las columnas Fecha y FechaBase presentan diferentes formatos para el tipo de dato que contiene. El formato de la fecha en la celda A32, es diferente al de la celda E32, además se evidenciaron diferencias de formato a lo largo de los datos en la misma columna, este tipo de hallazgos requieren de un trabajo minucioso del conjunto de datos, corregir la incoherencia detectada reduce la posibilidad de obtener resultados erróneos durante el análisis de datos o durante la construcción del modelo. La incoherencia fue eliminada al estandarizar el formato de fecha para todos los valores de esas columnas.

Al darle continuidad al proceso de verificación de la calidad de datos se revisaron los valores almacenados para las variables TMAXgC, TMEDgC y TMIN, en tal caso no se encontraron datos faltantes.

En el caso de la precipitación pluvial PPmm, al revisar los datos, uno de los hallazgos es que no se cuenta con datos de mediciones de precipitación de los últimos años de la década de 1980 y principios de 1990, tal puede observarse en la siguiente gráfica.

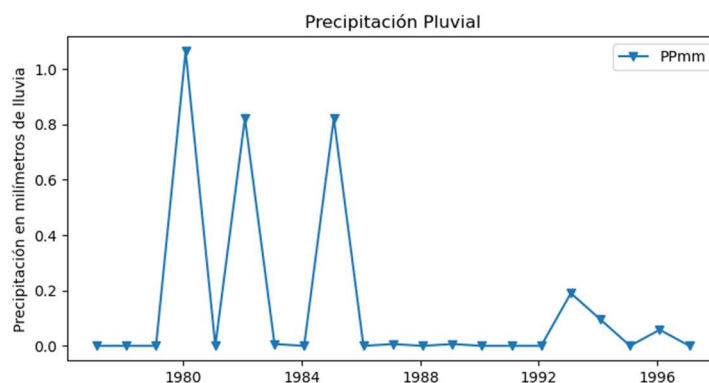


Gráfico 1. Ausencia de mediciones de precipitación

No se cuenta con registros de mediciones para los años comprendidos en el período específico de 1986 a 1992, y en los años posteriores la cantidad de mediciones también disminuyó, lo cual implica que no es posible incorporar esta variable en el análisis de comportamiento climático para el período de 1977 a 1997.

En el caso de la variable humedad relativa (relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire puede contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación), se han graficado los datos del conjunto para esa variable y se puede observar que no existen datos faltantes a la vez que se evidencia que hay una leve tendencia al incremento del porcentaje de humedad relativa en la zona a partir del año 1990.

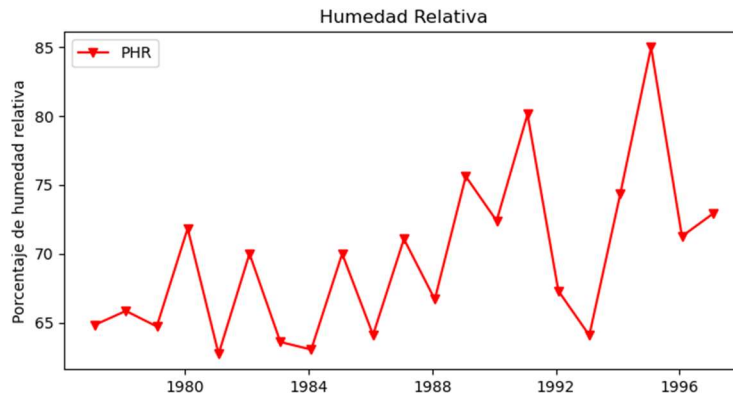


Gráfico 2. Humedad relativa

Para el tratamiento de los datos faltantes, se ha seguido la recomendación y criterio expresado por los expertos en meteorología que forman parte del proyecto de investigación. De tal forma que, para obtener nuevos datos con el fin de completar datos faltantes, se deberá calcular la media de los datos de la variable en cuestión para un período de tiempo similar al del dato faltante. Por ejemplo, Si el dato faltante corresponde a una medición de la variable en un día específico de enero, entonces la media deberá calcularse en base a las mediciones que se encuentren almacenadas en el conjunto de datos y que correspondan al día específico en los meses de enero de todos los años del período en análisis. Por otro lado, cuando el porcentaje de datos faltantes en una columna o variable sobrepase el 25% del total de los datos de esa columna, se deberán descartar las variables para efectos de no afectar el análisis. Es decir que, en la construcción de modelos, solamente podrán ser incluidas aquellas variables que cuentan con el total de valores que correspondan al número total de registros. En algunos casos cuando se requiera emplear la variable obligatoriamente en un modelo para efectos de análisis, se deberá reducir el conjunto de datos. (seleccionar conjuntos de datos completos, pero de menor tamaño) o en su defecto completar los valores faltantes.

En general, puede afirmarse que solamente las mediciones de la temperatura del conjunto de datos tienen la calidad requerida para continuar con el proceso de análisis de variables.

3. Preparación de los datos

Dada la importancia de la preparación de los datos y su relación con los objetivos que se persiguen, se realizaron las siguientes tareas:

3.1. Selección de datos para el análisis

Considerando que la variable PPmm tiene datos faltantes, se descarta para el análisis. Por tanto, las variables a tomar en cuenta son las siguientes: Fecha, TMAXgC, TMINgC, TMEDgC y PHR. En el proceso de selección de datos para el análisis, se realizó la verificación de la correlación entre las variables, con el objetivo de identificar aquellas variables que potencialmente podrían ser incorporadas a un modelo de predicción de variabilidad climática. El criterio para el análisis de correlación empleado es el siguiente: Una correlación cercana a cero indica que no existe una correlación lineal aparente entre las dos variables, Un valor de correlación entre 0.3 y 0.5 se considera como una correlación moderada, Un valor de correlación entre 0.5 y 0.7 se considera una correlación fuerte. Finalmente, un valor de correlación mayor que 0.7 se considera una correlación muy fuerte.

El resultado se puede verificar en la siguiente tabla.

```
# Vericando correlación entre variables de conjunto de datos
df3 = Data[['TMAXgC', 'TMINgC', 'TMEDgC', 'PHR', 'PPmm']]
df3.corr()
```

	TMAXgC	TMINgC	TMEDgC	PHR	PPmm
TMAXgC	1.000000	0.047773	0.485140	-0.541612	-0.318873
TMINgC	0.047773	1.000000	0.543284	0.033502	0.019235
TMEDgC	0.485140	0.543284	1.000000	-0.337630	-0.129827
PHR	-0.541612	0.033502	-0.337630	1.000000	0.302692
PPmm	-0.318873	0.019235	-0.129827	0.302692	1.000000

Tabla 81. Correlación entre variables climáticas

De la tabla anterior, al revisar la correlación entre los diferentes tipos de temperatura y el porcentaje de humedad relativa, se encontró que solo TMAXgC tiene una correlación negativa fuerte de 0.54.

En el caso de las variables TMAXgC y TMEDgC, se evidencia la existencia de una correlación moderada de 0.48 y para las variables TMINgC y TMEDgC el valor de correlación es de 0.54 considerada una correlación fuerte. Sin embargo, esto se debe a que TMEDgC es calculada en función de las temperaturas mínimas y máximas. En los demás casos no existe ningún tipo de correlación entre las variables.

De las variables que forman parte del conjunto de datos, inicialmente se seleccionaron: el Día, Mes, Año, fecha, TMAXgC, TMINgC, TMEDgC, PHR. Para realizar el análisis exploratorio preliminar. Por otro lado, no se requiere de fusionar, agregar o derivar datos. Del conjunto de datos, se emplearán los 7,669 registros.

3.2. Limpieza de datos e informe

En el análisis del conjunto de datos se encontraron datos atípicos mediante el uso de gráficas de cajas y bigotes, los cuales fueron tratados con la colaboración del meteorólogo quien es parte del equipo investigador. Para facilitar el análisis de los datos, se realizó la conversión de la variable Fecha (de tipo Object a tipo Datetime) a través de la siguiente instrucción en Python:

```
df['Fecha'] = pd.to_datetime(df['Fecha'], format="%d/%m/%Y")
```

El código de Python que se utilizó para generar las gráficas es el siguiente:

```
dfMIN = df['TMINGC']
dfMAX = df['TMAXgC']
dfMED = df['TMEDgC']

fig, axs = plt.subplots(1, 3, figsize=(15, 6))
axs[0].boxplot(dfMIN, boxprops=dict(color='blue'),
               whiskerprops=dict(color='red'),
               capprops=dict(color='green'),
               medianprops=dict(color='orange'),
               flierprops=dict(markerfacecolor='red', marker='o'))
axs[0].set_title("Temperatura mínima")
axs[0].set_ylabel("Temperatura en grados centígrados")
axs[0].set_xlabel("TMINGC")

axs[1].boxplot(dfMAX, boxprops=dict(color='blue'),
               whiskerprops=dict(color='red'),
               capprops=dict(color='green'),
               medianprops=dict(color='orange'),
               flierprops=dict(markerfacecolor='red', marker='o'))
axs[1].set_title("Temperatura máxima")
axs[1].set_ylabel("Temperatura en grados centígrados")
axs[1].set_xlabel("TMAXgC")

axs[2].boxplot(dfMED, boxprops=dict(color='blue'),
               whiskerprops=dict(color='red'),
               capprops=dict(color='green'),
               medianprops=dict(color='orange'),
               flierprops=dict(markerfacecolor='red', marker='o'))
axs[2].set_title("Temperatura promedio")
axs[2].set_ylabel("Temperatura en grados centígrados")
axs[2].set_xlabel("TMEDgC")

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Figura 111. Código para la generación de gráficos

En las siguientes tres gráficas de cajas y bigotes, se muestran los datos atípicos del conjunto de datos para los promedios de temperatura en grados centígrados. Por el conocimiento que tienen los expertos en meteorología respecto a la temperatura de la zona, coinciden que, los valores que se muestran en el siguiente gráfico para las variables TMINgC, TMAXgC y TMEDgC que superan los 80 grados centígrados, contundentemente corresponden a valores atípicos que es necesario analizar de manera individual para cada variable y para cada valor obtenido.

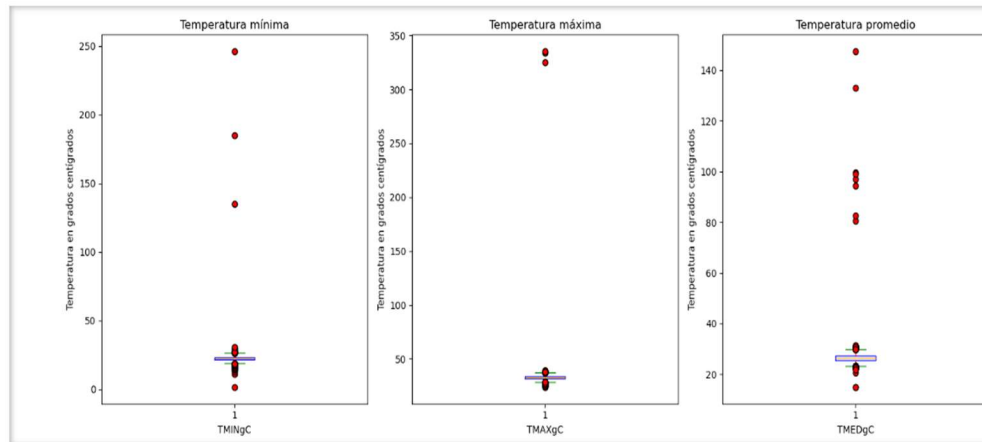


Gráfico 3. Cajas y bigotes de temperatura

En el caso de las variables de humedad relativa y precipitación pluvial, también se evaluó la posibilidad de encontrar valores atípicos.

En este caso, en la gráfica siguiente, puede observarse como los valores de precipitación se encuentran concentrados entre los 0 y 5 mm, esto obedece a que durante los períodos de verano no hay precipitación en la zona. Y lo que puede considerarse atípico depende del contexto de la variable climática que se esté analizando.

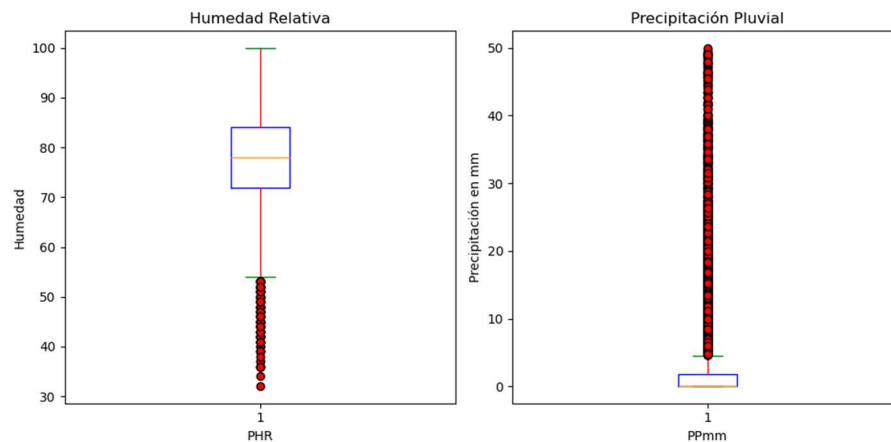


Gráfico 4. Cajas y bigotes Humedad relativa y precipitación pluvial

Dado que, en la revisión inicial de datos, se evidenció la existencia de datos atípicos como parte del conjunto de mediciones en diferentes variables relacionadas a las temperaturas, se procedió a darles tratamiento. Al revisar cada valor atípico encontrado junto al experto en meteorología, se ha concluido que, en la mayoría de los casos, los atípicos encontrados corresponden a errores de digitación al trasladar las mediciones históricas desde la fuente original (Datalog) hacia la hoja electrónica de Excel donde se almacenan para fines de procesamiento. Por ejemplo, en la variable TMAXgC se obtuvo un valor de 335 grados centígrados (valor que fue confirmado como error de digitación), entre otros.

Para confirmar la existencia de datos atípicos en el conjunto de datos, se realizaron pruebas cargando los datos en la hoja electrónica de Excel, y se aplicó la estrategia del uso de formato condicional (indicando un color específico para la celda) para destacar aquellos valores que salen del rango normal de la temperatura en la zona (10° - 44°).

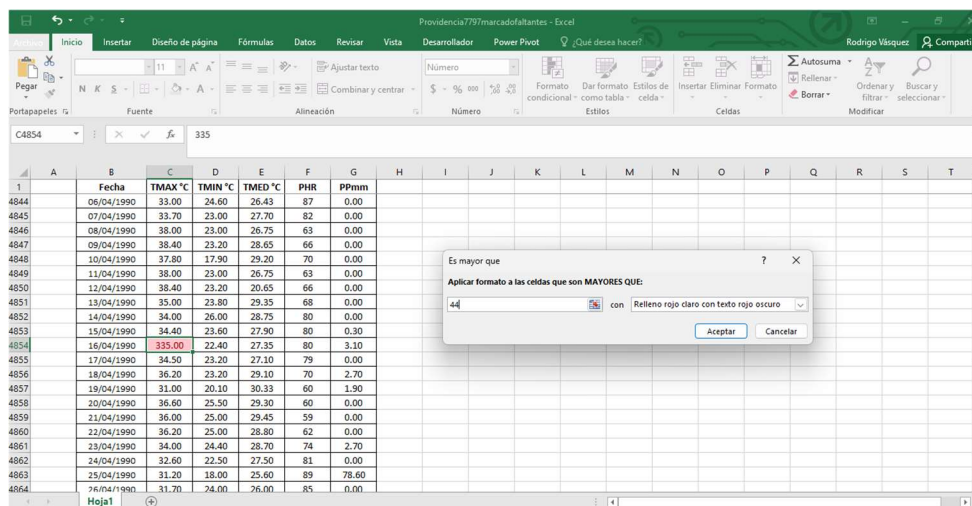


Figura 112. Detección de valores atípicos en Excel

Como alternativa para la identificación de datos atípicos, se ha codificado en Python las siguientes instrucciones para calcular la media y desviación estándar y luego identificar aquellos valores potenciales que deben analizarse para el tratamiento de datos atípicos.

```
# Calcular la media y la desviación estándar para variable TMAXgC
media = df['TMAXgC'].mean()
desviacion_estandar = df['TMAXgC'].std()

# Definir el umbral para los valores atípicos (por ejemplo, 2 desviaciones estándar)
umbral = 2

# Identificar valores atípicos
valores_atipicos = df[(df['TMAXgC'] < media - umbral * desviacion_estandar) |
                      (df['TMAXgC'] > media + umbral * desviacion_estandar)]

print("La media calculada es: ", media)
print("La desviación estandar calculada para TMAXg Ces: ", desviacion_estandar)
print("Valores Atípicos Detectados ():")
print(valores_atipicos[["Fecha", "TMAXgC", "TMEDgC", "TMINGC", "PHR", "PPmm"]])
```

La media calculada es: 33.20218411787717
La desviación estandar calculada para TMAXg Ces: 6.161601469611679
Valores Atípicos Detectados ():

	Fecha	TMAXgC	TMEDgC	TMINGC	PHR	PPmm
2961	1985-02-10	325.0	23.80	20.6	76	0.0
3460	1986-06-24	334.0	26.73	24.0	83	0.0
4852	1990-04-16	335.0	27.35	22.4	79	3.1

Figura 113. Detección de valores atípicos en Python

Lo interesante de este método es que lista los valores que están fuera del rango establecido y eso permite ubicar los registros de manera más eficiente para efectuar un posterior análisis del dato encontrado.

Adicionalmente, a la alternativa presentada anteriormente, los expertos en meteorología que forman parte del equipo de investigación, coinciden en que los rangos de para identificar datos atípicos pueden ser especificados de manera parametrizable por quienes conocen el comportamiento del clima en la zona al momento de realizar análisis de mediciones obtenidas y esto obedece a que la experiencia también es un factor a considerar en la identificación de datos atípicos sobre todo porque en la actualidad cada vez es más evidente la presencia de cambios extremos en las variables meteorológicas.

Para implementar la parametrización de rangos de temperatura y especificarlos directamente a través de código en Python para identificar datos atípicos se ejecutaron las siguientes instrucciones:

```
atipicosTMINMenores1 = df.apply(lambda x: x['TMINGC'] < 1, axis=1).sum()
atipicosTMINMayores27= df.apply(lambda x: x['TMINGC'] > 27, axis=1).sum()
atipicosTMEDMenores15 = df.apply(lambda x: x['TMEDGc'] < 15, axis=1).sum()
atipicosTMEDMayores35 = df.apply(lambda x: x['TMEDGc'] > 35, axis=1).sum()
atipicosTMAXMenores24 = df.apply(lambda x: x['TMAXGc'] < 24, axis=1).sum()
atipicosTMAXMayores45 = df.apply(lambda x: x['TMAXGc'] > 45, axis=1).sum()

print ("Temperaturas mínimas menores a 1 grados   :", atipicosTMINMenores1)
print ("Temperaturas mínimas mayores a 27 grados  :", atipicosTMINMayores27)
print ("Temperaturas promedio menores a 15 grados :", atipicosTMEDMenores15)
print ("Temperaturas promedio mayores a 35 grados :", atipicosTMEDMayores35)
print ("Temperaturas máximas menores a 24 grados :", atipicosTMAXMenores24)
print ("Temperaturas máximas mayores a 45 grados :", atipicosTMAXMayores45)

Temperaturas mínimas menores a 1 grados   : 0
Temperaturas mínimas mayores a 27 grados  : 9
Temperaturas promedio menores a 15 grados : 0
Temperaturas promedio mayores a 35 grados : 0
Temperaturas máximas menores a 24 grados  : 0
Temperaturas máximas mayores a 45 grados  : 0
```

Figura 114. Conteo de valores atípicos

Como puede se puede observar en la imagen anterior, para la variable temperatura mínima se estableció un rango entre 1 y 27 grados centígrados, y se detectaron al menos nueve mediciones que superan el rango y que, por lo tanto, pueden considerarse como atípicos y por ende requieren una revisión. En el caso de la temperatura promedio, se fijó un rango entre 15 y 35 gados centígrados y para la temperatura máxima se empleó un rango entre 24 y 45 grados centígrados, como resultado, no se evidencia valores fuera de estos dos últimos rangos.

Una vez que se ha dado tratamiento a los datos atípicos, se ejecuta código de verificación mostrado en la imagen anterior y se obtiene el siguiente resultado:

```
Temperaturas mínimas menores a 1 grados   : 0
Temperaturas mínimas mayores a 35 grados  : 0
Temperaturas promedio menores a 15 grados : 0
Temperaturas promedio mayores a 35 grados : 0
Temperaturas máximas menores a 24 grados  : 0
Temperaturas máximas mayores a 45 grados  : 0
```

Figura 115. Conteo de valores atípicos después de análisis

Es decir, ya no hay datos atípicos en el conjunto. Como parte de la exploración de los datos se presentan algunas gráficas que se generaron en Python, la siguiente se obtiene a partir de utilizar todas las mediciones de temperatura registradas para el período de 1977 a 1997.

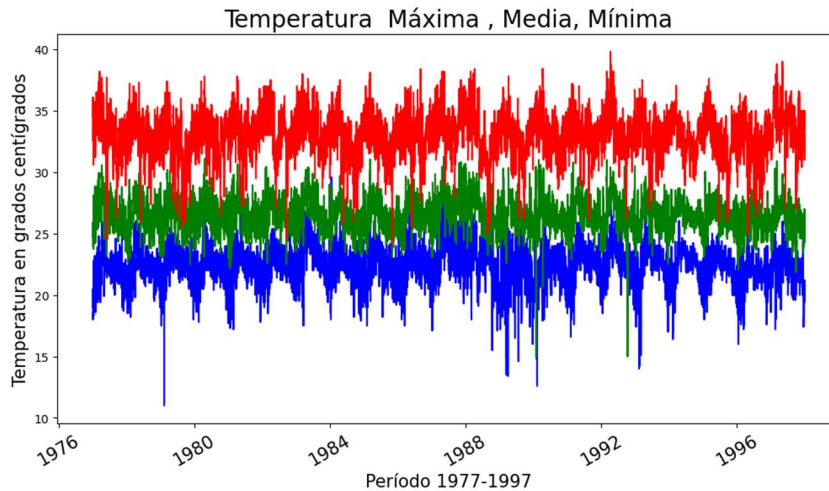


Gráfico 5. Temperaturas

En el gráfico anterior se observa el comportamiento de la temperatura en la zona del departamento de la paz, se evidencian temperaturas mínimas debajo de los quince grados centígrados ocurridas en año de 1979 y otras similares en el año de 1981 y 1982.

En el análisis exploratorio del conjunto de datos, se generaron gráficos que reflejan los promedios mensuales de las temperaturas mínima, media, alta del período de 1977 a 1997

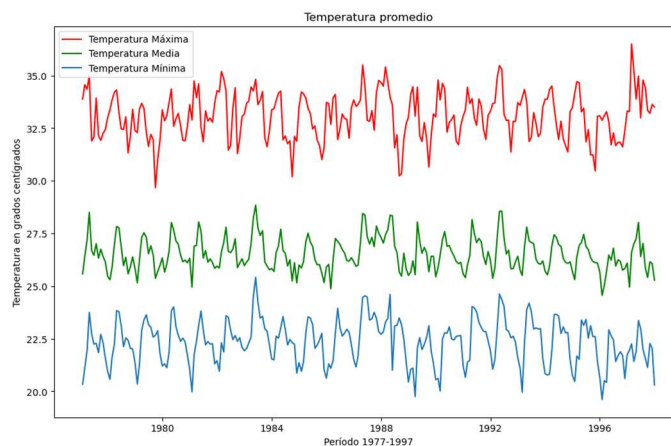


Gráfico 6. Temperaturas promedio

El código escrito en Python y empleado para generar la gráfica de promedios de temperatura es el siguiente:

```
valoresAY = dfMensual['TMINGC']
valoresBY = dfMensual['TMEDgC']
valoresCY = dfMensual['TMAXgC']
valoresX = dfMensual.index
fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 6.5), layout='constrained')
plt.title('Promedio de temperatura')
plt.plot(valoresX, valoresAY, label='Temperatura Mínima')
plt.plot(valoresX, valoresBY, label='Temperatura Media')
plt.plot(valoresX, valoresCY, "r", label='Temperatura Máxima')
ax.set_xlabel('Período 1977-1997')
ax.set_ylabel('Temperatura en grados centígrados')
leg = plt.legend(loc='best')
#ax.set_xticks(dfMensual.index)
plt.show()
```

Figura 116. Temperaturas promedio

En el siguiente gráfico, se muestra cómo se ha comportado la temperatura máxima por estación (de 1977 a 1997). Es evidente que durante el invierno la temperatura máxima desciende al menos dos grados centígrados y mantiene una mayor frecuencia lo que implica mayor cantidad de días con esa temperatura.

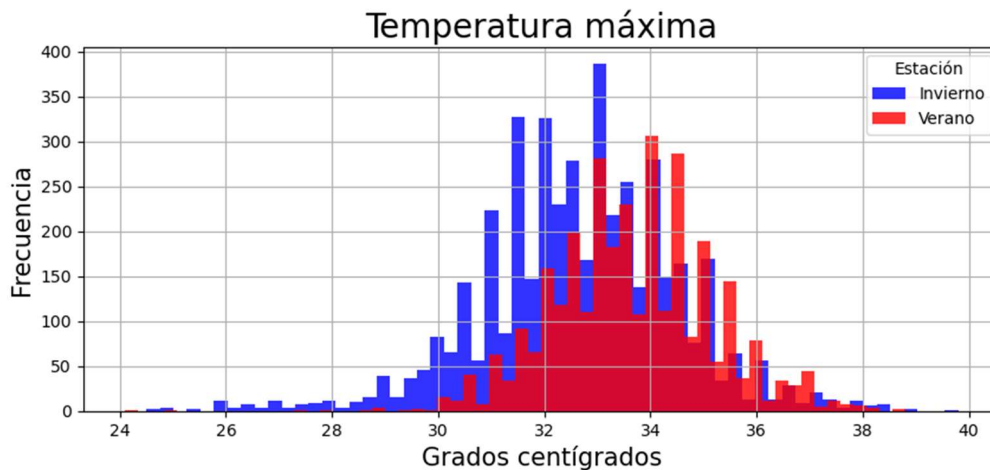


Gráfico 7. Temperatura máxima por estación

En el gráfico de puntos que se muestra a continuación, al realizar un análisis entre la temperatura máxima y el porcentaje de humedad relativa para el período entre 1977 y 1997, se observa que la temperatura máxima se concentra entre los 32 y 36 grados centígrados y la humedad relativa para esas temperaturas oscila entre el 40 y 90%.

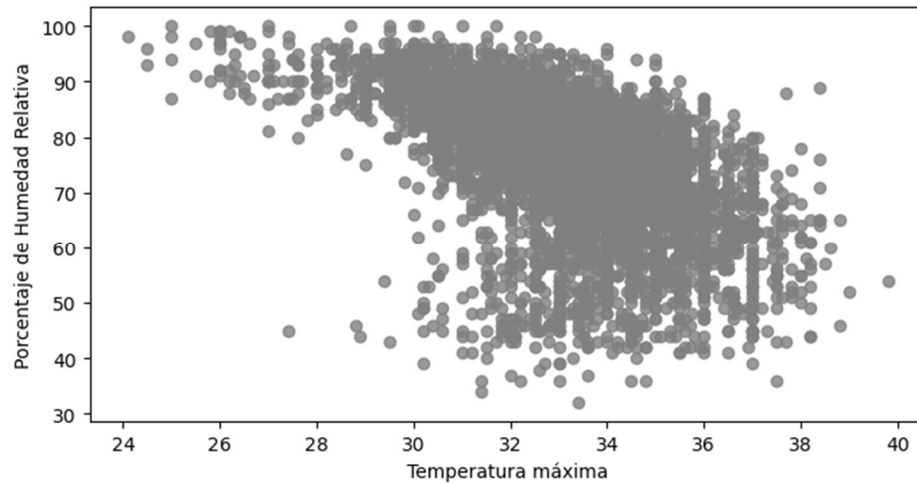


Gráfico 8. Temperatura máxima versus humedad relativa

Como parte del estudio y comportamiento del conjunto de datos se aplicó el gráfico de comparación de cuantiles para identificar si los datos siguen una distribución normal, en el cual, la hipótesis nula consiste en asumir que la población está distribuida normalmente, si el p-valor es menor al nivel de significancia, entonces la hipótesis nula es rechazada (se concluye que los datos no vienen de una distribución normal). **Si el p-valor es mayor al nivel de significancia (alfa), se concluye que no se puede rechazar dicha hipótesis.** El resultado se muestra en la gráfica siguiente:

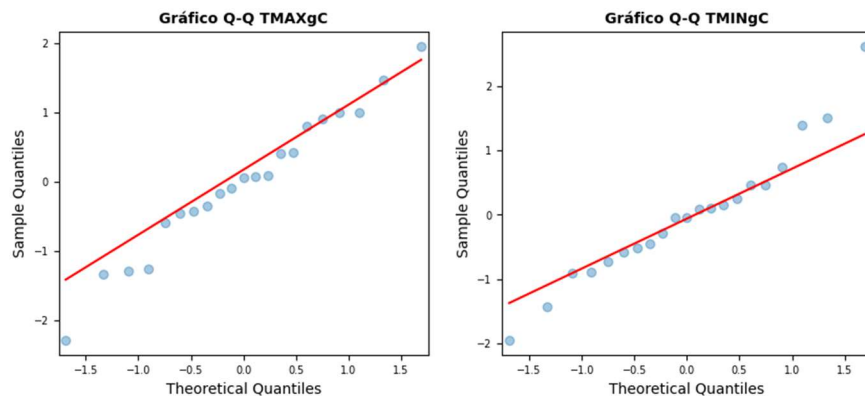


Gráfico 9. Comparación de cuantiles

Al revisar el gráfico de Cuantiles, se observa que los datos de las variables TMAXgC y TMINgC siguen una distribución normal, los datos que se alejan de la línea recta, es posible que obedezcan a datos atípicos, los cuales serán abordados posteriormente.

Las instrucciones que se emplearon en Python para realizar la prueba de normalidad se muestran a continuación con un alfa 0.4 (el valor de alfa que se empleó es nada más un ejemplo)

```
# =====  
fig, axs = plt.subplots(nrows=1, ncols=2, figsize=(10, 4))  
  
sm.qqplot(  
    df1.TMAXgC,  
    fit = True,  
    line = 'q',  
    alpha = 0.4,  
    lw = 2,  
    ax = axs[0]  
)  
axs[0].set_title('Gráfico Q-Q TMAXgC', fontsize = 10, fontweight = "bold")  
axs[0].tick_params(labelsize = 7)  
  
sm.qqplot(  
    df1.TMINgC,  
    fit = True,  
    line = 'q',  
    alpha = 0.4,  
    lw = 2,  
    ax = axs[1]  
)  
axs[1].set_title('Gráfico Q-Q TMINgC', fontsize = 10, fontweight = "bold")  
axs[1].tick_params(labelsize = 7)
```

Figura 117. Comparación de cuantiles

3.3. Construcción de nuevos datos

Para el análisis a realizar, no se crearán nuevos tipos de datos. El único dato compuesto que se tiene corresponde a la fecha y de estas se derivan las columnas día, mes y año en el conjunto de datos.

3.4. Integración de datos (cuando provienen de diversas fuentes, diversas estaciones meteorológicas)

No se realizarán integración de datos adicionales. Ya que los datos a analizar provienen de una sola fuente de datos que corresponde a la estación meteorológica de la estación experimental.

4. Modelado

Con el propósito de crear un modelo a partir de las variables del conjunto de datos

4.1. Consideraciones técnicas para elaborar el diseño del modelo

Para la construcción de un modelo de predicción inicial, se ha seleccionado la variable TMAXgC, la cual contiene las mediciones de temperatura máxima registradas en la zona. El modelo por construir empleará los algoritmos de aprendizaje de máquina asociados a series temporales, esto obedece a la naturaleza de la variable a analizar. Inicialmente es importante aplicar la técnica de descomposición de la serie de tiempo, la cual divide una serie de tiempo en varios componentes, cada uno de los cuales representa una categoría. Ejemplo: la tendencia la cual puede ser creciente o decreciente, estacionalidad (periodicidad) y el ruido o variabilidad de los datos que el modelo no puede explicar.

Al emplear la técnica de descomposición de la estacionalidad, los resultados se obtienen a partir de estimar la tendencia mediante la aplicación de un filtro de convolución a los datos. Una vez identificada la tendencia, ésta es eliminada y se calcula el promedio de la serie sin tendencia para cada período. (componente estacional)

En general, se realizan los siguientes pasos:

1. Calcular la tendencia: dirección de los datos a lo largo del tiempo
2. Calcular la serie sin tendencia: eliminar las tendencias de la serie
3. Estimar el componente estacional: patrones que se repiten en intervalos regulares a lo largo del tiempo (diarios, semanales, mensuales, anuales, etc.)

- Calcular la estimación residual: cambios aleatorios en los datos que no siguen un patrón.

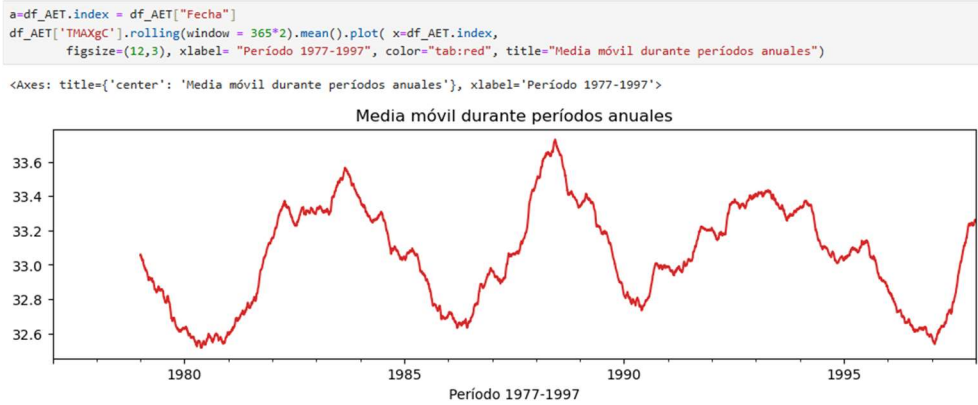


Gráfico 10. Media móvil

En el gráfico anterior, se muestra las variaciones de la media móvil para periodos de anuales, durante el período de 1977 a 1997. La variable analizada es TMAXgC, la cual corresponde a la temperatura máxima. Las variaciones indican que la temperatura se ha mantenido en el rango de 32.5 a 33.7 grados centígrados (variación de 1.2 grados centígrados en un período de 20 años), para generar el gráfico se empleó una ventana de tiempo de dos años.

En el siguiente gráfico, se muestra la descomposición de la serie temporal, la tendencia (comportamiento a largo plazo), estacionalidad respecto a las fluctuaciones periódicas en intervalos de tiempo determinados y residuos de los datos de al analizar la variable MAXgC.

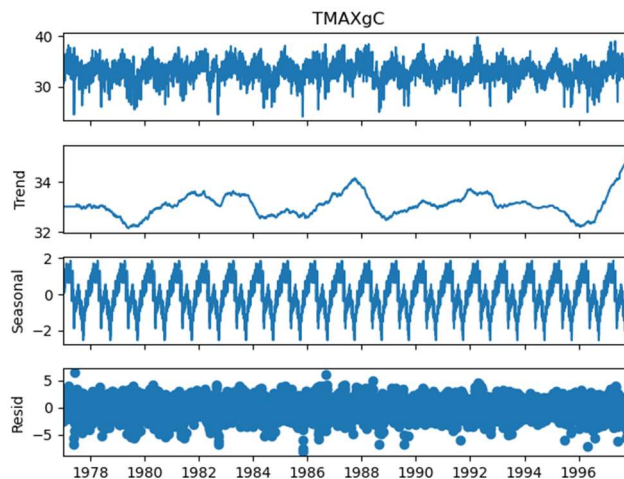


Gráfico 11. Tendencia, estacionalidad y residuos

En el análisis de los datos se empleó la prueba de Dickey-Fuller (integrada en la biblioteca de modelos estadísticos), el objetivo que se persigue es comprobar la estacionariedad de la serie temporal que representa los datos. La prueba empleada específicamente es la prueba de raíz unitaria para detectar la existencia de una raíz unitaria y la presencia de una conducta tendencial (que no está sometido al azar y es objeto de análisis estadístico).

Para la prueba mencionada, en términos estadísticos, la hipótesis nula ($p=1$), indica la existencia de una conducta tendencial, es decir que existe un proceso estocástico no estacionario conocido como caminata aleatoria sin deriva. En caso contrario, la hipótesis alternativa ($p=0$), indica que no hay tendencia estocástica, es decir, que no está sometido al azar y, por lo tanto, el fenómeno es objeto de análisis estadístico. En general, cuando el P-valor es cercano a cero se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Al aplicar la prueba de Dickey-Fuller a las mediciones de temperatura de los últimos diez años del período, se obtuvieron los siguientes resultados:

```
1. ADF : -13.02951312474662
2. P-Value : 2.361035691290276e-24
3. Numero de retrasos : 4
4. Observaciones empleadas la prueba de regresión ADF y los valores críticos de calculo : 1820
5. Valores críticos :
    1% : -3.4339481027788024
    5% : -2.8631293617920544
    10% : -2.5676161227508754
```

Figura 118. Resultados de la prueba de Dickey-Fuller

Como se observa en la imagen anterior, al ejecutar la prueba de Dickey-Fuller en Python, el resultado del P-valor es de $2.361035691290276e-24$, un valor cercano a cero, lo que implica aceptar la hipótesis alternativa y considerar la serie como estacionaria.

Para efectos de confirmar la estacionariedad de la serie de datos, se graficaron las medias mensuales de los datos correspondientes al período de análisis. Y se obtuvo el siguiente resultado:

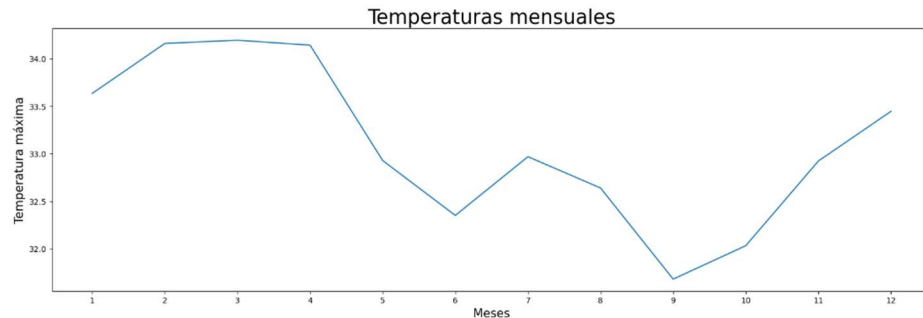


Gráfico 12. Estacionalidad mensual

En el gráfico de estacionalidad, se observa como las medias de la temperatura máxima se mantienen elevadas en los meses de verano (enero-abril) y luego descienden durante el invierno, hasta alcanzar su punto más bajo en el mes de septiembre, para luego identificar una tendencia al alta en los siguientes tres meses.

4.2. Diseño y construcción del modelo

Para el diseño y construcción de un modelo de predicción de la temperatura máxima se han tomado en cuenta los siguientes parámetros respecto al conjunto de mediciones que se tienen registradas: el conjunto de datos a emplear para entrenamiento del algoritmo es de 5 años (60 meses), 48 meses para validación mes a mes (walk forward) y 12 meses para hacer una extrapolación para el futuro y luego comparar con el conjunto de datos de prueba. El algoritmo por aplicar es el de series temporales SARIMAX (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with exogenous regressors).

Una consideración en el diseño del modelo es que la serie temporal debe ser estacionaria, es decir, media constante, varianza constante y la existencia de autocorrelación, para identificar, si la serie es estacionaria se debe realizar la prueba ADF (raíz unitaria), si P-valor es menor que 5% se dice que la serie es estacionaria y se procede a crear el modelo.

En caso contrario, es necesario realizar un proceso de transformación a los datos mediante el uso de logaritmos naturales u otras técnicas, etc.

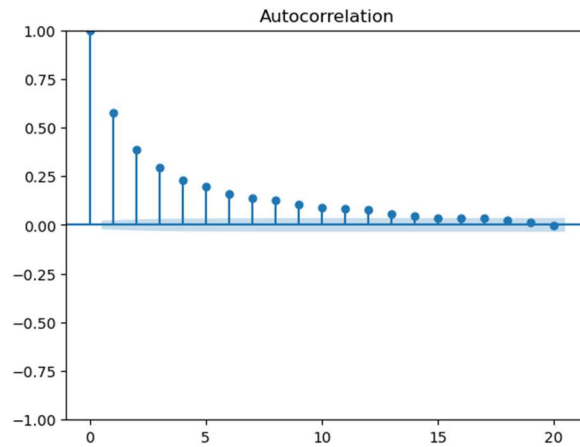


Gráfico 13. Auto correlación

En el gráfico x, se observan los resultados de aplicar la función de auto correlación ACF a los residuos. Lo que evidencia las relaciones estacionales en los valores residuales a lo largo del tiempo. Se observa además que a partir del rezago 19 se genera una correlación negativa.

Para construir el modelo se programó y ejecutó el siguiente código en Python:

```
def walk_forward(training_set, validation_set, params):
    ...
    "Params: es una tupla donde juntas las siguientes parámetros SARIMA: (((pdq), (PDQS), trend))"
    ...
    history = [x for x in training_set.values]
    prediction = list()

    #uso de los parámetros SARIMA
    pdq, PDQS, trend = params

    #Pronosticar un período por delante del conjunto de validación
    for week in range(len(validation_set)):
        model = sm.tsa.statespace.SARIMAX(history, order=pdq, seasonal_order=PDQS, trend=trend)
        result = model.fit(dispatch=False)
        yhat = result.predict(start=len(history), end=len(history))
        prediction.append(yhat[0])
        history.append(validation_set[week])

    return prediction

# realizar prueba con el conjunto de datos de prueba
val["Pred"] = walk_forward(train["TMAXgC"], val["TMAXgC"], ((3,0,0),(0,1,1,12),'c'))
```

Figura 119. Construcción del modelo

Antes de comenzar la construcción del modelo, se definió una línea base para los pronosticar basándose el en error cuadrático medio y los resultados fueron los siguientes:

```
def measure_rmse(y_true,y_pred):
    return sqrt(mean_squared_error(y_true,y_pred))
# valores de referencia
rmse_base = measure_rmse(val.iloc[1:,1],baseline)
print(f'el rmse de la línea base a disminuir es {round(rmse_base,4)} gados centígrados')

el rmse de la línea base a disminuir es 3.0831 gados centígrados
```

Figura 120. Línea base

Al mejorar el modelo, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: se mejora el resultado de la predicción del modelo al reducir un 54.8% el error cuadrado medio comparado con la línea base.

```
# Determinando el error de la predicción
rmse_pred = measure_rmse(val["TMAXgC"], val["Pred"])
print(f'El RMSE del modelo SARIMA fue de {round(rmse_pred,4)} grados centígrados')
print(f'ha un decremento de {-round((rmse_pred/rmse_base-1)*100,2)} % en el error cuadrado medio')

El RMSE del modelo SARIMA fue de 1.3935 grados centígrados
ha un decremento de 54.8 % en el error cuadrado medio
```

Figura 121. Modelo mejorado

En la siguiente tabla se puede apreciar la comparación entre los valores actuales (TMAXgC) contra los valores predichos y la diferencia que corresponde al error en la predicción.

	TMAXgC	Pred	Error
Fecha			
1993-01-31	34.6	34.174133	0.425867
1993-02-28	36.1	34.128648	1.971352
1993-03-31	33.0	34.169489	-1.169489
1993-04-30	32.0	33.319388	-1.319388
1993-05-31	27.0	31.118258	-4.118258
1993-06-30	32.0	32.679596	-0.679596
1993-07-31	35.0	33.074395	1.925605
1993-08-31	33.0	31.958825	1.041175
1993-09-30	32.2	31.521169	0.678831
1993-10-31	32.2	32.302430	-0.102430

Tabla 82. Diferencia entre los valores actuales y predichos

4.3. Evaluación del modelo (observar los modelos generados y determine cuáles son los más precisos)

Para efectos de evaluar el modelo y los resultados, se generaron los gráficos de comparación entre los valores actuales, los valores predichos, el gráfico de cuantiles, de correlación y auto correlación.

En el grafico siguiente donde se muestra el valor actual y la predicción, se observa que la predicción se ajusta a los datos actuales, a excepción de los meses 1993-05 con una diferencia de 4.11 grados centígrados, 1995-05 con una diferencia de 3.29 grados centígrados, 1996-09 con una diferencia de 3.03 grados centígrados, esto obedece a cambios extremos de temperatura en esas fechas.

En el gráfico de predicción se observa como los valores predichos por el modelo se ajustan a los valores actuales. Por otro lado, en el gráfico de cuantiles se observa que los datos de las mediciones se ajustan a la línea recta y se distribuyen con normalidad, salvo algunos valores en los extremos. Por otro lado, en el gráfico de auto correlación se observa como los valores se encuentran dentro de la banda de confianza (área sombreada)

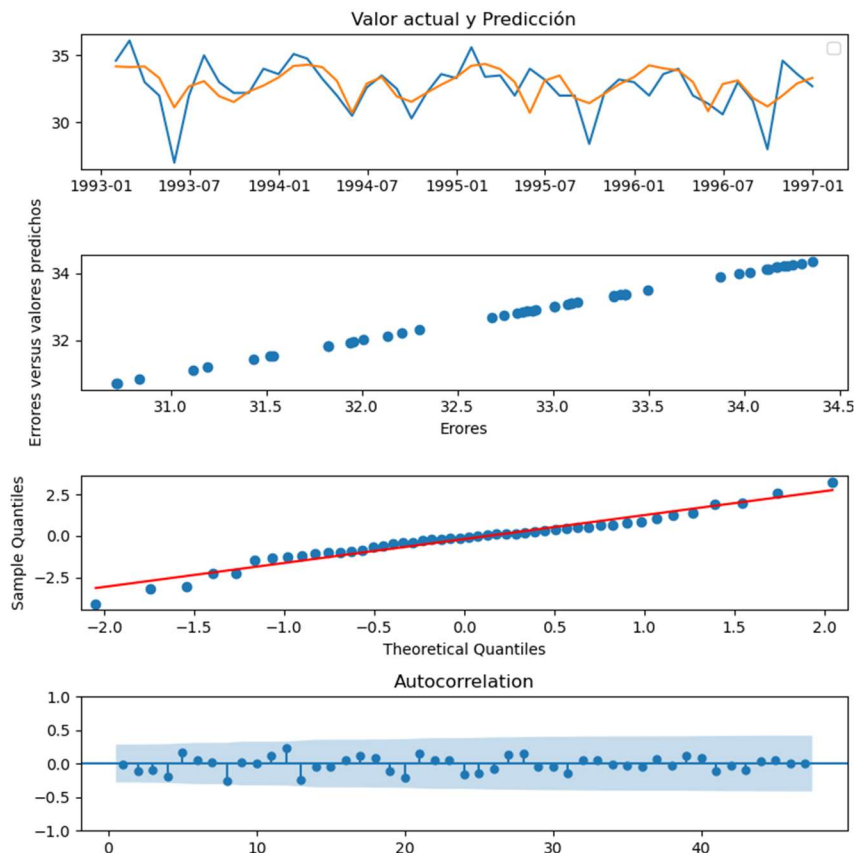


Gráfico 14. Resultados del modelo

5. Evaluación de resultados

Al probar el modelo para predecir las temperaturas del año 1997, se ejecutó con los parámetros siguientes:

N°	Parámetro	Descripción	Valor empleado
1	AR(p):	Modelado auto regresivo, el parámetro p es un número entero que confirma cuantas series rezagadas se utilizaran para pronosticar períodos futuros.	3
2	I(d)	Es la parte de diferenciación, el parámetro d indica cuántos ordenes de diferenciación se van a utilizar, intenta que la serie sea estacionaria, por ejemplo: ayer la temperatura fue de 35 grados centígrados, hoy la temperatura es de 38 grados centígrados, la I en este caso es solo la primera diferencia, (+3), si se está usando base logarítmica esta diferencia es equivalente a la diferencia porcentual.	0
3	MA(q)	Modelo de promedio móvil, la q es el número de términos de errores de pronóstico retrasados en la ecuación de predicción.	0
4	S	Se refiere al período estacional que se va a emplear para el análisis. En este caso, debido a la correlación estacional de anual, se empleará 12 meses.	12
5	Trend	Es el parámetro asociado a la tendencia, c usualmente se emplea n , cuando no existe tendencia, c indica una constante (componente de grado cero), t indica tendencia lineal en el tiempo, ct tendencia constante.	c

Tabla 83. Parámetros para la Evaluación

Código en Python para la ejecución de las pruebas del modelo.

```
# Aplica los mismos parámetros al modelo ajustado
model = sm.tsa.statespace.SARIMAX(future, order=(3,0,0), seasonal_order=(0,1,1,12), trend='c')
#model = sm.tsa.statespace.SARIMAX(future, order=(3,1,1), seasonal_order=(2,0,1,12), trend='c')
result = model.fit(dispatch=False)

test["Pred"] = result.predict(start=(len(future)), end=(len(future)+13))

test[["TMAXgC", "Pred"]].plot(figsize=(22,6))
plt.title("Valores actuales versus los valores extrapolados", fontsize=25)
plt.show
```

Figura 122. Parámetros del modelo

Al realizar un análisis adicional para pronosticar el último año del conjunto, se obtuvo el siguiente resultado:

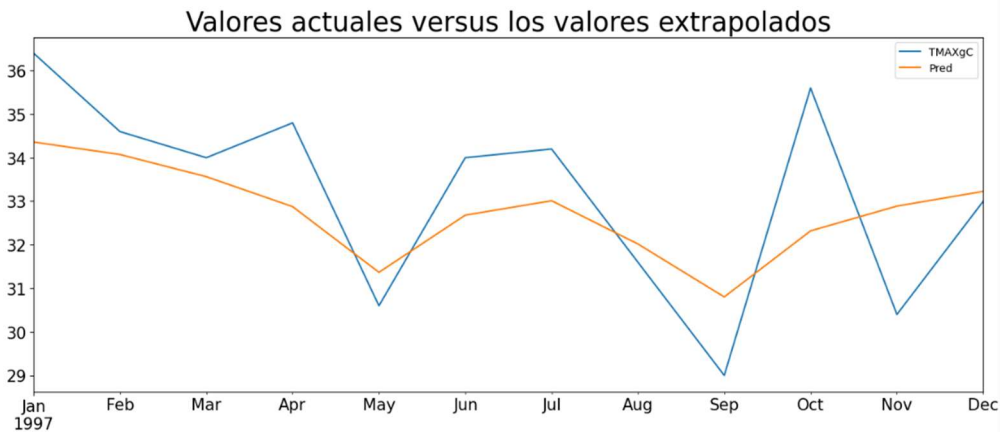


Gráfico 15. Evaluación de resultados

Finalmente, en el gráfico se observa como los resultados de van ajustando a los valores actuales, también es evidente que existe una diferencia mínima al contrastar con los valores predichos. En general, el modelo puede ser usado para pronosticar cambios en la variable temperatura con una diferencia de 1.66 grados centígrados en promedio.

Una alternativa es crear un nuevo modelo mediante el uso de la función Auto ARIMA (modelado auto regresivo y el modelado de media móvil), retomando todo el proceso previo y utilizando los mismos datos de las mediciones de temperatura, es posible generar un nuevo modelo.

Al emplear la función los resultados son los siguientes:

```
auto_arima(train["TMAXgc"],
           start_p = 0,
           start_q = 0,
           max_p = 5,
           max_q = 5,
           seasonal = True,
           m = 12,
           trace = True)
```

Performing stepwise search to minimize aic

ARIMA(0,0,0)(1,0,1)[12] intercept	:	AIC=775.877	, Time=0.41 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[12] intercept	:	AIC=782.520	, Time=0.03 sec
ARIMA(1,0,0)(1,0,0)[12] intercept	:	AIC=inf	, Time=0.61 sec
ARIMA(0,0,1)(0,0,1)[12] intercept	:	AIC=780.592	, Time=0.10 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,0)[12]	:	AIC=1888.333	, Time=0.01 sec
ARIMA(0,0,0)(0,0,1)[12] intercept	:	AIC=782.393	, Time=0.08 sec
ARIMA(0,0,0)(1,0,0)[12] intercept	:	AIC=792.104	, Time=0.47 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,1)[12] intercept	:	AIC=765.667	, Time=0.85 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,0)[12] intercept	:	AIC=inf	, Time=0.91 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,2)[12] intercept	:	AIC=inf	, Time=1.07 sec
ARIMA(0,0,0)(1,0,2)[12] intercept	:	AIC=771.356	, Time=0.84 sec
ARIMA(1,0,0)(2,0,1)[12] intercept	:	AIC=767.580	, Time=0.92 sec
ARIMA(0,0,1)(2,0,1)[12] intercept	:	AIC=768.488	, Time=0.58 sec
ARIMA(1,0,1)(2,0,1)[12] intercept	:	AIC=766.927	, Time=1.07 sec
ARIMA(0,0,0)(2,0,1)[12]	:	AIC=835.542	, Time=0.91 sec

Best model: ARIMA(0,0,0)(2,0,1)[12] intercept
Total fit time: 8.990 seconds

ARIMA

ARIMA(0,0,0)(2,0,1)[12] intercept

Figura 123. Función auto ARIMA

Como se observa en la imagen, la función produce un resultado a través del cual produce un ajuste en los parámetros del modelo para efectos de mejorar los resultados a través de un nuevo modelo.

Los parámetros obtenidos son los siguientes: ARIMA(0,0,0)(2,0,1)[12].

CONCLUSIÓN

Hoy en día, se habla mucho de cambio climático y su impacto negativo en la agricultura y por ende genera un incremento del riesgo en la pérdida de cultivos. Sin embargo, los esfuerzos que se realizan para paliar los efectos adversos en la producción agrícola siguen siendo mínimos. Con la iniciativa del proyecto de gestión del riesgo agroalimentario se sientan las bases para el desarrollo e incorporación de herramientas tecnológicas que sirvan principalmente a los productores para obtener información útil para la toma de decisiones orientadas a la protección de cultivos debido al riesgo que surge de la variabilidad climática. Es importante mencionar que, por ahora el sistema de alerta temprana propuesto, es un primer paso en una ruta que demanda más atención, conciencia y recursos de parte del Gobierno, los productores y la sociedad en general para gestionar eficientemente el riesgo de pérdida de cultivos.

Paralelamente al desarrollo de las fases de análisis y diseño de sistema de alerta, se analizó un conjunto de datos obtenido por los investigadores sobre mediciones diarias de variabilidad climática correspondientes al periodo de 1977 al 1997, que incluyen la temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa y precipitación pluvial, entre otros, al explorar y analizar estas mediciones mediante aplicación de la metodología de CRISP-DM se determinó que algunas de las variables no tenían la continuidad que se requiere para ser consideradas como parte de un modelo, por lo que se decidió utilizar las mediciones correspondiente a la temperatura máxima, y diseñar un modelo predictivo empleado series temporales. Los resultados obtenidos permiten predecir con margen de error de 1.5 grados C aproximadamente, sin embargo, el modelo podría generar mejores resultados al incorporar nuevas mediciones al conjunto de datos.

RECOMENDACIONES

Hasta ahora, el sistema de alerta temprana que se ha diseñado para gestionar el riesgo agroalimentario se ha enmarcado en la generación de alertas en base a la variabilidad climática. Sin embargo, la gestión del riesgo agroalimentario tiene diversas aristas. Por tanto, para contar con un sistema de alerta robusto e integral, se requiere del diseño y construcción de componentes adicionales tales como, análisis de suelos, control de plagas y enfermedades, sistema de riego, mitigación de desastres, monitoreo fisiológico del desarrollo de las plantas, entre otros.

Considerando que actualmente se han instalado nuevas estaciones meteorológicas, las cuales serán administradas por la Universidad de El Salvador, y dada la importancia de la calidad de las mediciones de la variabilidad climática en las zonas agrícolas de interés que pueden ser empleadas como insumos potenciales para investigaciones futuras relacionadas al estudio del cambio climático, es recomendable que se garantice la continuidad del servicio y la verificación constante del funcionamiento correcto de los equipos para obtener datos precisos e ininterrumpidos.

Para la etapa de construcción y pruebas del sistema de alerta temprana es recomendable mantener la participación de los productores locales y los expertos, para contar con sus experiencias y conocimientos en el área de la siembra de cultivos, tal como lo han venido haciendo en las fases de análisis y diseño; ya que en esta próxima etapa sus aportes son esencial para validar los componentes del software y la calidad de la información que estos provean en la medida que desarrollen.

BIBLIOGRAFÍA

- Abel, M., & Guerra, S. (2022). Convocatoria a la presentación de propuestas para el Proyecto “Fortaleciendo sistemas inclusivos de ciencia e innovación en América Latina, a través de una red de investigación colaborativa”.
- Altieri, A., & Liebman, M. (1999). Sistema de Pollicultivos, Bases científicas para una agricultura sustentable (Agroecología). Nordan-Comunidad. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Anochi, J. A., De Almeida, V. A., & De Campos Velho, H. F. (2021). Machine Learning for Climate Precipitation Prediction Modeling over South America. *Remote Sensing*, 13(13), 2468. <https://doi.org/10.3390/rs13132468>
- Corredor Seco CA. (2016, junio 29). <https://www.fao.org/americas/priorities/central-american-dry-corridor/es>
- Cuesta, M., Constante, J., & Jijón, D. (2023). Modelos de Predicción de Radiación Solar y Temperatura Ambiente mediante Redes Neuronales Recurrentes. *Revista Técnica «energía»*, 19(2), 81-89. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v19.n2.2023.552>
- Escobar-González, D., Villacís, M., Páez-Bimos, S., Jácome, G., González-Vergara, J., Encalada, C., & Vanacker, V. (2024). Soil Moisture Forecast Using Transfer Learning: An Application in the High Tropical Andes. *Water*, 16(6), 832. <https://doi.org/10.3390/w16060832>
- Factores Climáticos que Impactan la Producción Agrícola: Causas, Variables y Monitoreo. (2023, septiembre 19). Factores Climáticos que Impactan la Producción Agrícola: Causas, Variables y Monitoreo | Atlantic International University. <https://www.aiu.edu/es/blog/factores-climaticos-que-impactan-la-produccion-agricola-causas-variables-y-monitoreo/>
- Gómez, J. S. R. (2019). Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina no supervisados sobre datos climáticos.

- Identificación de tecnologías y soluciones innovadoras de adaptación al cambio climático. (2022).
Fundación Canal. https://www.fundacioncanal.com/wp-content/uploads/2022/04/Adaptacion_CC_Fundacion-Canal_esp_2022.pdf
- Melo Morín, J., & Santana Esparza, G. (2016, septiembre 8). Minado de series de tiempo utilizando la metodología ARIMA. 2016, 2(5), 21-31.
- Política de Investigación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad de El Salvador*. (2021, octubre). <https://sic.ues.edu.sv/storage/app/media/convocatoria20-2022/DR.4.PoliticasiC.pdf>
- Ponte, D., Espinosa, A., de González, S. G., & González, C. (2021). Estado actual del aprendizaje automático.
- Ramírez Ochoa, F., Chávez, H., Fuentes, G., & Vidriales, G. (2022). Guía práctica: Milpa intercalada con árboles frutales -MIAF- en sistemas agroecológicos para adaptarse al Cambio Climático Programa de Naciones Unidas—Medio Ambiente.
- Rivera Castillo, E. (2012). Máquinas de Soporte Vectorial en el Análisis de Series de Tiempo [Colegio de Postgraduados].
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1693/Rivera_Castillo_E_MC_Estadistica_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salamanca, I. (2021).
Técnicas de aprendizaje automático aplicadas en los sistemas de predicción. Bogotá-Colombia. 8, 39-53. aabucharp,+Revista+TIA.+Volumen+8+-+1+-+2020-37-53.
- Sistemas de alerta temprana | Naciones Unidas. (2024, mayo 16). Sistemas de alerta temprana | Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/climatechange/climate-solutions/early-warning-systems>
- Urbina, B., & Takahahi, K. (2023). DESARROLLO DE UN MODELO DE MACHINE LEARNING PARA EL PRONÓSTICO METEOROLÓGICO DE PRECIPITACIÓN A ESCALA SUBESTACIONAL EN PERÚ. Urbina_et_al_2023_Boletin_Cientifico_El_Niño_Vol.10_No.09.
<https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/aae6659b-14eb-45bd-a5ad-93310b7698ab/content>

Dávila de Guevara Carlos; (2001); "Teorías organizacionales y administración. Enfoque crítico"; Edición segunda; Colombia; Ed. McGraw Hill

Johannsen, O. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Facultad de Economía y Administración. Universidad de Chile. 1975.

Jacobson, I. (2013). *Caso de Uso 2.0* (1st ed.). Addison-Wesley Professional.

Ortiz, L. (n.d.). *Casos de Uso*. Abiztar.Com. <https://www.abiztar.com.mx/articulos/casos-a-incluir-casos-a-extender.html>

Tutorial Diagramas de Actividad. (2022, November 4). Creately.Com.

<https://creately.com/blog/es/diagramas/tutorial-del-diagrama-de-actividad/>

Debrauwer, L., & Fien Van der, H. (2016). UML 2.5 iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos. Ediciones ENI.

Tutorial Diagramas de Actividad. (n.d.). LucidChart. <https://www.lucidchart.com/pages/es/tutorial-diagrama-de-actividades-uml>

Arnold Cathalifaud, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*, 3. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>

ANEXOS

Anexo 1 . Formulario Principal del proyecto



FORMULARIO DE INTENCIÓN DE PROPUESTA
Convocatoria a la presentación de propuestas para el Proyecto "Fortaleciendo sistemas inclusivos de ciencia e innovación en América Latina, a través de una red de investigación colaborativa"

1. INFORMACIÓN DE CONTACTO PRINCIPAL DEL SOLICITANTE		NÚMERO DE REGISTRO (para uso de CSUCA)
1.1 NOMBRES: MILTON ABEL	1.5 TELÉFONO TRABAJO: 502 2443-9500	16143
1.2 APELLIDOS: SANDOVAL GUERRA	1.6 OTROS TELÉFONOS: 502 5531-7984	
1.3 CORREO ELECTRÓNICO: msandoval@sep.usac.edu	1.7 NACIONALIDAD: GUATEMALTECO	
1.4 TELÉFONO MÓVIL: 502 55713697	1.8 NO. DE CÉDULA, PASAPORTE O IDENTIFICACIÓN: 2328 48726 2201	
2. NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN A LA QUE ESTÁ ASOCIADO/AFIILIADO DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA (CUNSARO), UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		3. DIRECCIÓN FÍSICA Y TELÉFONOS DE LA ORGANIZACIÓN
4. CARGO O POSICIÓN DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN: PROFESOR-INVESTIGADOR, DIRECTOR PROGRAMA DE MAESTRÍA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS CON ÉNFASIS EN GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO DE DESASTRES		
5. NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN QUE EJECUTARÁ LA INVESTIGACIÓN (SI ES DIFERENTE A LA DE ARRIBA) CENTRO UNIVERSITARIO DE SANTA ROSA (CUNSARO), UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		6. DIRECCIÓN FÍSICA Y TELÉFONOS DE LA ORGANIZACIÓN CUILAPA, SANTA ROSA, GUATEMALA. CUNSARO-USAC: TEL. 502 7828-5800 EXT. 114, email. cunsaro@sep.usac.edu.gt
7. LA ORGANIZACIÓN EJECUTORA PERTENECE AL SECTOR: <input checked="" type="checkbox"/> PÚBLICO <input type="checkbox"/> PRIVADO	8. CATEGORÍA DE LA ORGANIZACIÓN: <input type="checkbox"/> EMPRESA <input checked="" type="checkbox"/> UNIVERSIDAD / INSTITUCIÓN ACADÉMICA <input type="checkbox"/> CENTRO DE INVESTIGACIÓN <input type="checkbox"/> PERSONA NATURAL <input type="checkbox"/> INSTITUCIÓN GUBERNAMENTAL <input type="checkbox"/> ORGANIZACIÓN NO GUBERNAMENTAL <input type="checkbox"/> AIP <input type="checkbox"/> OTRA _____	
9. TÍTULO DEL PROYECTO PROPUESTO: "Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2024."		
COSTO TOTAL DEL PROYECTO \$100000 + CONTRAPARTIDA		DURACIÓN DEL PROYECTO: 22 MESES

Anexo 2. MIAF

Foto tomada Guía Práctica: Milpa intercalada con árboles frutales - MIAF - en sistemas agroecológicos para adaptarse al cambio climático.



Foto Vitrinas MIAF campo experimental Universidad de El Salvador



Anexo 3. Cotizaciones de la compra de equipos para medir variables climáticas.

1) Cotización Geo Satellite Antenna con GPS

Overview

Integrated antenna for satellite transmissions and GPS reception.

- ▶ Transmits from a Data Collection Platform (DCP) to any Geostationary Satellite: GOES, METEOSAT, Himawari, FengYun
- ▶ Built-in Active GPS antenna allows uninterrupted GPS signal reception, for precise time synchronization
- ▶ CE, FCC/ISED Certified and RoHS Compliant

Features and Benefits

- ▶ Highly reliable for remote locations
- ▶ 3dB beamwidth of 110° allows installation with minimal pointing
- ▶ Beamwidth wide enough to illuminate multiple satellites
- ▶ Prevents snow accumulation compared to a Yagi antenna
- ▶ Requires less transmit power (W) compared to an Omni antenna
- ▶ Integrated active GPS antenna allows unobstructed GPS signal reception
- ▶ Waterproof, UV resistant enclosure with corrosion resistant aluminum mounting bracket with 316 stainless steel hardware for extreme meteorological conditions
- ▶ Easily mountable on pipe size from 1" to 2.5" OD with adjustable elevation over a 100° range



SPECIFICATIONS	
<i>Subject to change without notice</i>	
Parameters	Description
Polarization	Right Hand Circular
Gain	5.2 dBi Nominal
Frequency	401 - 403 MHz (RF Antenna)
3dB Beamwidth	110° Nominal
VSWR	1.5 max. (RF Antenna) 2.0 Max (GPS Antenna)
Impedance	50 Ohms (RF and GPS port)
Axial Ratio	1.2 dB typ.
Connector	Type-N Female (RF Antenna) SMA Female (GPS Antenna)
Temperature Range	-40°C to +85°C
Weight	1.75 lbs. (794 gm) - Antenna only
Dimensions (Antenna)	Cylindrical - height 13.33" (33.86 cm) - diameter 6.41" (16.28 cm)
IP Rating	IP67

ORDERING GUIDE	
Part Number	Description
GEO-ANT-GPS	Geostationary Antenna with GPS
GEO-ANT-GPS-K1	Geostationary Antenna with GPS and mounting bracket
GEO-ANT-GPS-K2	Geostationary Antenna with GPS, mounting bracket, UHF RF cable
GEO-ANT-GPS-K3	Geostationary Antenna with GPS, mounting bracket, UHF RF and GPS cables

* UHF RF and GPS cables are of 5 meter length

* Mounting bracket accessories allow installation on a 2.5" OD pipe



2) UMB Smart Weather Sensor



Compact all-in-one weather sensor with measurement of temperature, relative humidity, precipitation, air pressure, wind direction and wind speed.

- **Parameters measured**
Temperature, relative humidity, precipitation, air pressure, wind direction, wind speed
- **Measurement technology**
Ultrasonic/Wind, NTC/T, Capacitive/RH, MEMS capacitive/Pressure, Tipping spoon and bucket/Precipitation
- **Product highlights**
Wind detection with birdproof construction. Compact all-in-one weather sensor, low power, heater, aspirated radiation shield, open communication protocol
- **Interfaces**
RS485 with supported protocols UMB-Binary, UMB-ASCII, Modbus-RTU, Modbus-ASCII, XDR and SDI-12
- **Article number**
8376.U01

Technical Data

WS601-UMB Smart Weather Sensor



Dimensions	Ø approx. 164 mm, height approx. 445 mm
Weight	Approx. 1.7 kg
Interface	RS485, 2 - wire, half - duplex
Power supply	11...32 VDC
Power supply	5...11 VDC (electronics with limited precision of measurements)
Power supply	24 VDC +/- 10% (heater)
Power consumption	20 VA (heater)
Operating temperature	-50...60 °C (with heater)
Operating rel. humidity	0...100 % RH
Protection level housing	IP66
Standards/Regulations	Compliant to IEC 61724-1:2017
Mast mounting suitable for	Mast diameter 60 - 76 mm
Cable length	10 m

Temperature	
Principle	NTC
Measuring range	-50 ... 60 °C
Unit	°C
Accuracy	±0.2 °C (-20...50 °C), otherwise ±0.5 °C (>-30 °C)

Relative humidity	
Principle	Capacitive
Measuring range	0 ... 100 % RH
Unit	% RH
Accuracy	±2 % RH

Anexo 4. Reuniones con los expertos del proyecto “Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentario que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar el cambio climático del Corredor Seco de Guatemala, El Salvador y Honduras 2023-2024”.



Reuniones con el Dr. Danilo Ramírez experto en meteorología



Anexo 5. Fotos del campo experimental de la Universidad de El Salvador.



Anexo 6. Herramienta de diagnóstico.

Fecha de Encuesta: ____/____/____	Ubicación de la parcela:
Nombre del encuestado: _____	Nombre del Encuestador: _____
Pesona encuestada (jefe de hogar):	Padre () Madre () Abuelo () Abuela ()
Lugar de residencia: Municipio: ()	Cantón/Colonia: () Caserío: () Distrito: ()

Agradecemos su interés y disponibilidad de participar en el proceso de diagnóstico que estamos realizando en el marco del proyecto "Fortalecimiento de la gestión del riesgo en sistemas agroalimentarios que contribuyan a la seguridad alimentaria y nutricional para enfrentar la variabilidad climática del corredor seco de Guatemala, El Salvador y Honduras, 2023-2024"

Objetivo del diagnóstico: Generar información sobre sistemas de producción agrícola que implementan los/las productores de los municipios de San Pedro Masahuat, San Pedro Nonualco, Santa María Ostuma, Sur de Tecoluca, San Luis Talpa, Olocuita y Zacatecoluca, que permita adaptar un sistema de cultivo de Milpas Intercaladas con Árboles Frutales (MIAF) y crear un sistema de alerta temprana para la toma de decisiones locales, 2023-2024.

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y SOCIOECONOMICOS			
1. ¿Cuál es su edad en años cumplidos?		2. ¿Cuál es su estado civil?	
Menor de 20			
De 20 a 30 años		Soltero/a	
De 31 a 40 años		Casado/a	
De 41 a 50		Viudo/a	
De 51 a 60		Acompañado/a	
Mayor de 60 años		Divorciado/divorciada	
3. ¿Cuál es su último año de escolaridad?		4. Cuántas personas conforman su grupo familiar	
Sin instrucción		Menos de 3	
De 1o. A 6o. Grado		De 4 a 6	
De 7o. A 9o. Grado		Más de 6	
Bachiller			
Otro		Especifique: _____	
5. ¿Cuántos hombres y mujeres conforman en grupo familiar?		6. ¿Cuántas personas dependen económicamente de usted?	
Menos de 3		Entre 1-3	
de 4 a 6		Más de 3	
Más de 6		Ninguno	

7. ¿A cuáles de los siguientes servicios básicos tiene acceso?		8. Cuenta con otro servicios adicional en su hogar, tales como:	
Agua potable		Telefonía celular	
Energía eléctrica		Teléfono fijo	
Servicio de salud		Internet	
Transporte a la comunidad		Ninguno de los anteriores	
Escuelas		Todos los anteriores	
Todas las anteriores		Otro	
Ninguna			
9. ¿Qué tipo de vivienda habita?		10. ¿Qué tipo de servicio sanitario posee?	
Bahareque		Sanitario de fosa	
Adobe		Sanitario abonero	
Concreto		Sanitario lavable	
Mixta		Otro: _____	

PRODUCCION AGROPECUARIA			
29. Cómo realiza preparación de suelo		30. ¿Cuánto es la producción en qq por año?	
Uso de maquinaria		Maíz	
Tracción animal		Frijol	
Lambraza mínima		Sorgo	
Quema		Frutas	
		Verduras	
		Otro: _____	
31. ¿Quiénes participan en la actividad agrícola?		32. Si contrata mano de obra, ¿Cuál es valor de jornal en la zona?	
Grupo familiar		Menos de \$ 10	
Contratación de mano de obra		Entre \$10 y \$12	
Otro		Más de \$12	
33. ¿Incluye alimentación en la jornada de trabajo?		34. ¿Cuántas horas comprende la jornada de trabajo?	
Si		4 horas	
No		De 5 a 8 horas	
		Más de 8 horas	
		Por tarea	
		Otra	
35. ¿Dónde obtiene los insumos para producción?		36. ¿Cómo es la ubicación y acceso a zona productiva?	
ONG		Caminos vecinales	
Proveedor		Carretera	
Familiar		Poco acceso	
Gobierno		Otro	
Otro (especifique)			

ASPECTOS FINANCIEROS	
76. ¿Disponen de capital semilla para llevar a cabo sus labores agrícolas?	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
77. ¿Existe algún tipo de donación por parte de alguna institución para llevar a cabo las labores agrícolas o de campo?	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>
78. ¿Dispone de algún tipo de acceso a créditos agrícolas?	79. ¿En caso de requerir financiamiento, cuál es el destino?
Si	Ganadería
No	Frutales <input type="text"/>
	Granos basicos <input type="text"/>
	Hortalizas <input type="text"/>
	Otros: _____
80. ¿Cuál es la tasa de interés que le cobra la financiera?	81. ¿A quién le otorga el préstamo la institución financiera?
Menos del 10%	Mujer/esposa <input type="text"/>
10% al 12%	Hombre/esposo <input type="text"/>
Más del 12%	Otra: _____
No sabe <input type="text"/>	
Otro: _____	
82. ¿Cómo considera las cuotas que le cobran por el crédito?	83. Si su respuesta a la pregunta anterior fue afirmativa, ¿existe algún beneficio en cuanto a tasas de interés y plazo de los créditos?
Baja	Si <input type="text"/>
Aceptable	No <input type="text"/>
Alta	
No sabe: _____	

Anexo 7. Socialización de la Herramienta



Anexo 8. Costos Servicio Internet

 **Internet de Fibra Óptica**
100 Megas

Precio

\$35.00

al mes

[Ver detalle de plan](#) ▾

Anexo 9. Capacitación



CURSO
**Meteorología Aplicada
a la Gestión de Riesgo
Agroalimentario**

Fechas
06, 07 y 08 de mayo de 2024

Horario
8:00 a.m. ~ 12:00m

Registro

bit.ly/map_ues

Objetivos
Conocer los procesos fundamentales que determinan cómo funciona el clima, comprender la variabilidad climática actual y futuros cambios climáticos.

Identificar los distintos tipos de pronósticos agroclimáticos y su utilidades en la gestión de riesgo agroclimático.

Lugares
Auditorium de CENSALUD (06 y 07 de mayo)
Sala de Reuniones, Edificio de Posgrados (08 de mayo)



Anexo 10. Descripción de Caso de Uso

Lista de actor-objetivo

Es una forma ordenada y visual de listar e identificar casos de uso que se realizan en la etapa de análisis de los requerimientos.

Lista de Actor - Objetivo	
Actor 1	Objetivo 1 Objetivo 2 ...
Actor 2	Objetivo 3 ...
Actor 3	Objetivo 4 ...

Tabla 84. Formato Lista de Actor - Objetivo

Caso de uso

En un UML, el diagrama de caso de uso es un tipo de diagrama de comportamiento que como su categoría lo menciona, muestra el comportamiento que se espera de un sistema o software en un caso de uso concreto, es un diagrama bastante estático, ya que solo puede emplearse para describir acciones y objetivos, pero no la secuencia exacta de procesos y acciones.

Dentro de los casos de usos se encuentra:

- **Actores:** Es el punto de vista del usuario, esto quiere decir que no necesariamente puede ser un humano, sino que también puede ser un sistema externo.
- **Sistema:** Se muestra como un rectángulo que se refiere al sistema del que se trata el caso de uso.
- **Caso de Uso:** Se muestra como una elipse que incluye un texto para describir brevemente el proceso
- **Asociación:** Es una línea recta en el actor y el caso de uso, que indica que estos elementos están relacionados, dentro de estas asociaciones podemos encontrar:
 - **<<Include>>** : En la que se requiere que ambos casos de uso se realicen
 - **<<Extend>>** : Son situaciones en las que el caso de extensión no es indispensable que ocurra, pero cuando lo hace ofrece un valor extra.

Todos esos elementos se detallan a continuación mediante la siguiente figura:

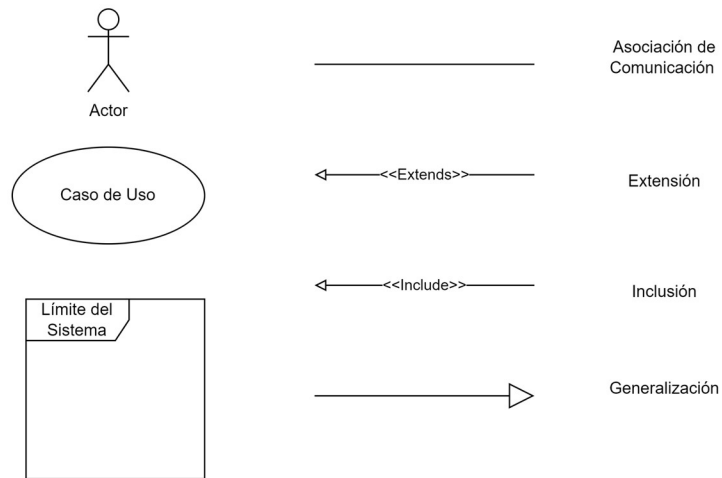


Figura 124. Notación para los casos de uso

Ya se han definido los elementos del caso de uso, podemos integrarlos según se muestra en la siguiente figura:

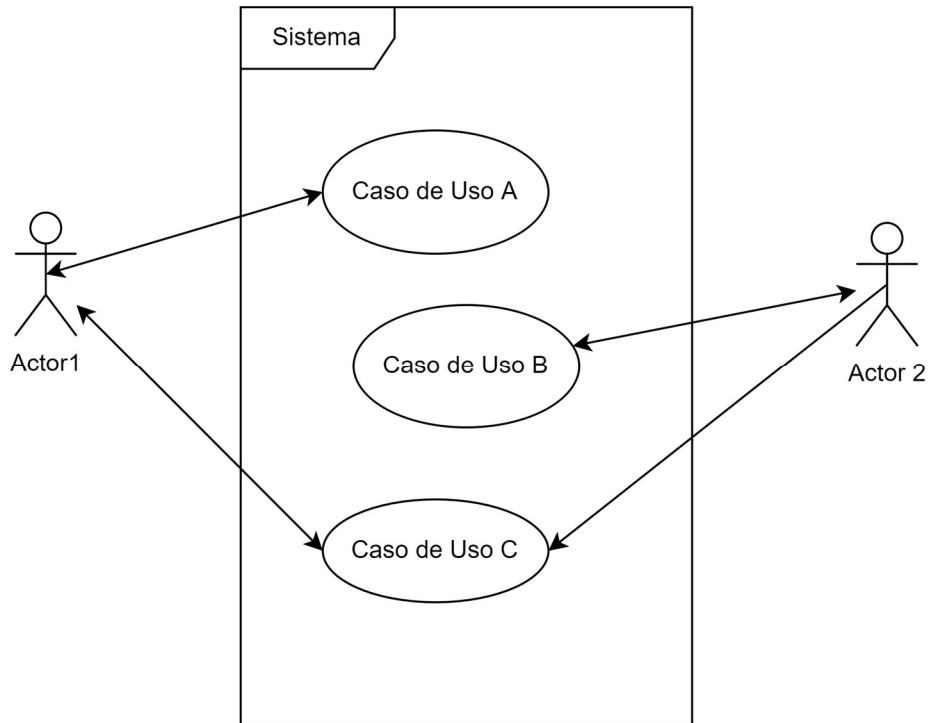


Figura 125. Ejemplo Caso de uso

Descripción del caso de uso

Es una narración que describe el rol desempeñado por el/los actores en su interacción con el sistema, esto es muy importante ya que debe de contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las principales funciones o tareas realizadas por el actor?
- ¿Qué información del sistema adquiere, produce o transforma el actor?
- ¿Debería el actor informar al sistema de los cambios producidos en el entorno?
¿Qué información del sistema desea el actor?
- ¿Debe informar al actor de algún cambio inesperado?

Para documentar los casos de uso se utilizará la siguiente plantilla:

Código		Nombre	
Actores			
Propósito			
Descripción			
Precondiciones			
Postcondiciones			
Flujo Básico			
Escenario de éxito			
Flujos Alternos			
Escenario alternativo			
Requisitos especiales			
Extender			
Incluir			

Tabla 85. Formato para la Descripción de los Casos de Uso

Los elementos que conforman la plantilla se detallan a continuación:

- Código: Número correlativo identificador del caso de uso
- Nombre: Indica el nombre del caso de uso
- Actores: Listado de los actores participantes en el caso de uso
- Propósito: Objetivo del caso de uso
- Descripción: Es una descripción general del caso de uso
- Precondiciones: Condiciones del estado del sistema que tienen que ser verdaderas para que se pueda realizar el caso de uso
- Postcondiciones: Son los efectos inmediatos que se tienen al realizar el caso de uso
- Flujo básico: es la lista de acciones que se realizar en un flujo normal o básico del caso de uso
- Flujos Alternos: Es la secuencia de acciones alternas a la acción 1 del flujo normal del caso de uso.
- Extender: Son situaciones en el que el caso de extensión no es indispensable que ocurra, pero cuando lo hace ofrece un valor extra al caso de uso actual.
- Incluir: Caso de uso que se requiere para la ejecución del actual caso de uso

ANEXO 11. Diagrama de actividad

Los diagramas de actividad forman parte de los diagramas de comportamiento de UML.

Podemos pensar en los diagramas de actividad como diagramas de flujo detallados, ya que representan de forma visual de las acciones, restricciones, requisitos y otros factores que intervienen en la realización de tareas.

Estos diagramas permiten modelar y establecer diagramas de comportamiento tanto condicionales como paralelos y son especialmente útiles para:





1. Modelar casos de uso y los pasos que constan
2. Detallar el protocolo de software como una secuencia de admisible de interacciones entre componentes
3. Modelar algoritmos de software
4. Crear gráficos de flujo de trabajo empresariales entre varios usuarios de un sistema
5. Modelar el flujo de ejecución entre las entidades del sistema
6. Presentar información detallada sobre las funciones o algoritmos del sistema
7. Crear una comprensión de alto nivel de las funcionalidades del sistema.

Dentro de los diagramas de actividad podemos encontrar los siguientes elementos:

- **Actividades:** Las actividades describen procesos de negocio e incluyen nodos de actividad y bordes de actividad, lo que permite que las tareas fluyan a lo largo de una secuencia.
- **Acciones:** Una acción es una tarea realizada por el software del usuario. Las acciones comienzan cuando se han cumplido todas las condiciones de entrada y utilizan los bordes de actividad entrante y saliente para especificar el flujo de control y los datos entre los nodos de actividad.
- **Bordes de actividad:** Un borde de actividad es una conexión directa entre nodos de actividad, que representa la ruta que un token puede tomar entre dos nodos de actividad. El borde de actividad es responsable de continuar con el flujo hacia la siguiente acción una vez que se haya completado la acción anterior.

- **Flujos de control:** Los flujos de control son conectores que visualizan el flujo entre los pasos del diagrama.
- **Nodos de inicio:** El nodo de inicio es el nodo inicial al comienzo del diagrama y representa el punto de inicio de la actividad.
- **Decisiones:** Una decisión es un punto en el diagrama en que el usuario o el software tienen que elegir una opción. Cada opción conduce a una nueva rama, por lo que la decisión se compone de una entrada y al menos dos salidas.
- **Fusiones:** Las fusiones son lo contrario de las decisiones, ya que reúnen varias ramas o flujos en un solo punto. Una fusión se compone de al menos dos entradas y solo una salida.
- **Nodos finales:** El nodo final es el paso final de la actividad; la finalización del nodo final indica que la actividad también se ha completado.

Simbología básica

Símbolo	Nombre	Descripción
	Nodo de Inicio/ Inicial	Se utiliza para representar el punto de partida o el estado inicial de una actividad
	Actividad / Acción Estado	Se utiliza para representar las actividades del proceso
	Control de flujo / borde	Se utiliza para representar el flujo de control de una acción a otra
	Actividad Nodo final	Se utiliza para marcar el final de todos los flujos de control dentro de la actividad



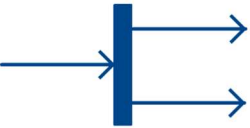
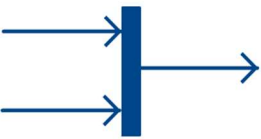



	<p>Nodo final del flujo</p>	<p>Se utiliza para marcar el final de un flujo de control único</p>
	<p>Nodo de decisión</p>	<p>Se utiliza para representar un punto de ramificación condicional, por lo general tiene dos caminos que se separan con un texto de condición para permitir que los usuarios vean las opciones.</p>
	<p>Barra de Bifurcación</p>	<p>Permite dividir el flujo de una sola actividad en dos actividades simultaneas.</p>
	<p>Barra de Sincronización</p>	<p>Permite combinar dos actividades simultáneas y las vuelve a introducir en un flujo en el que ocurre una actividad a la vez</p>
	<p>Envío de señales</p>	<p>Se utiliza para representar la acción de enviar una señal a una actividad receptora</p>
	<p>Recibir la señal</p>	<p>Muestra que el evento se aceptado, una vez que se recibe el evento, se completa el flujo que proviene de esta acción</p>
	<p>Nota/ Comentario</p>	<p>Se utiliza para añadir comentarios pertinentes a los elementos para agregar especificaciones y aportar claridad</p>

Tabla 86. Simbología Básica para los diagramas de Actividad

El resultado final que ocupará todos los elementos anteriormente mencionados será como se muestra en la siguiente imagen:

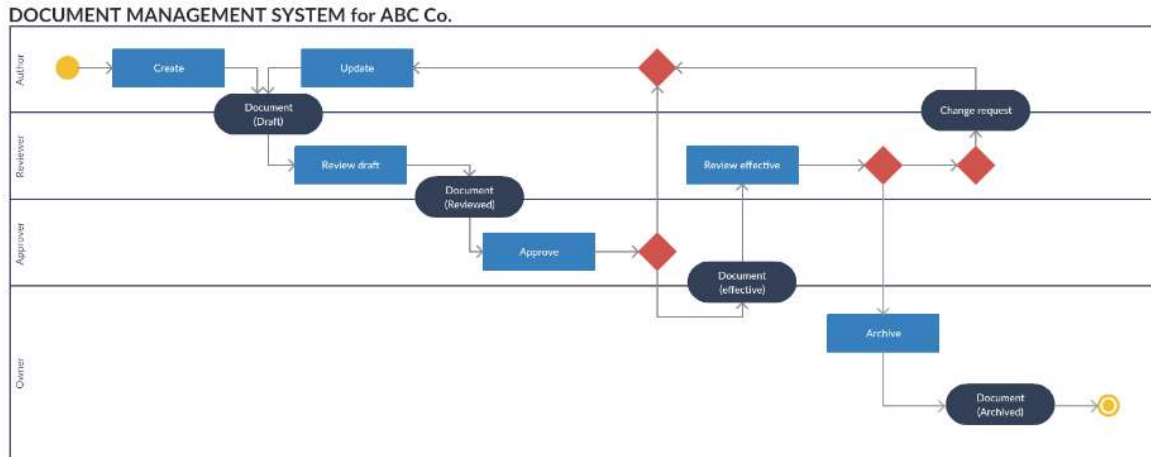


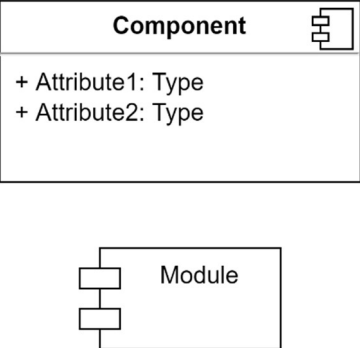



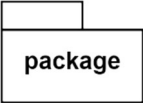
Figura 126. Ejemplo Diagrama de actividad

La dirección del diagrama ya sea de forma horizontal o vertical se determinará por la complejidad de las actividades.

ANEXO 12. Diagrama de Componente

El propósito de un diagrama de componentes es mostrar la relación entre los diferentes componentes de un sistema. En UML, el término "componente" se refiere a un módulo de clases que representa sistemas o subsistemas independientes con la capacidad de interactuar con el resto del sistema.

Los siguientes son tipos de formas utilizados al crear diagramas de componentes:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Componente	Un componente proporciona y consume comportamiento a través de interfaces, así como de otros componentes. Piense en los componentes como un tipo de clase. En UML 1.0, un componente se modela como un bloque rectangular con dos rectángulos más pequeños que sobresalen de un lado. En UML 2.0, un componente se modela como un bloque rectangular con una pequeña imagen de la forma del diagrama de componentes anterior.
	Nodo	Representa objetos de hardware o software, que son de un nivel superior a los componentes.
	Interfaz	Muestra la entrada o los materiales que un componente recibe o proporciona. Las interfaces se pueden representar con notas textuales o símbolos, como las formas de piruleta, zócalo y rótula.
	Puerto	Especifica un punto de interacción independiente entre el componente y el entorno. Los puertos se representan con un pequeño cuadrado.
	Paquete	Al igual que las carpetas de archivos agrupan varias hojas, se pueden dibujar paquetes en torno a varios componentes.

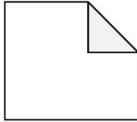

	Nota	Permite a los desarrolladores adjuntar un metaanálisis al diagrama de componentes.
	Dependencia	Muestra que una parte del sistema depende de otra. Las dependencias se representan mediante líneas discontinuas que unen un componente (o elemento) con otro.

Tabla 87. Notación Diagrama de Componente

Con los elementos de los diagramas de componentes se puede generar diagramas como los que se muestran a continuación:

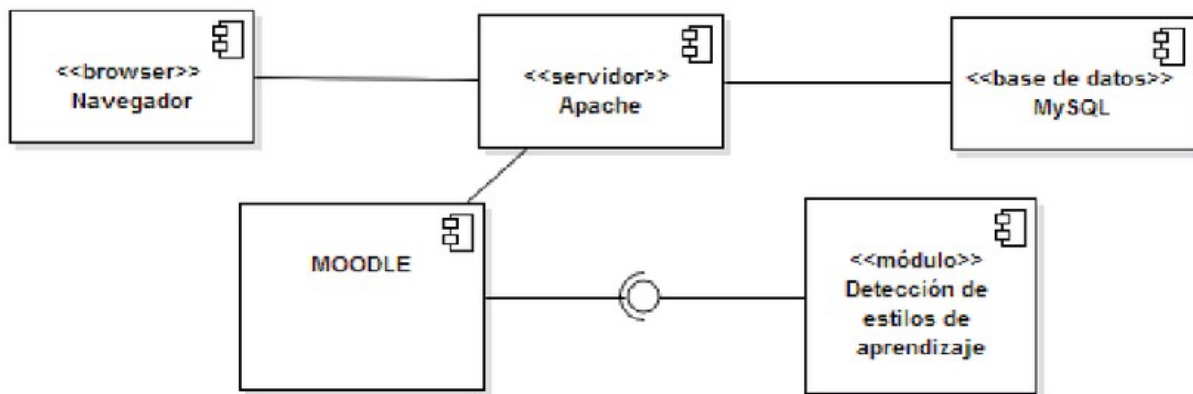







Figura 127. Ejemplo Diagrama de Componentes

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-de-componentes_fig2_267157595

ANEXO 13. Diagrama de Despliegue

El diagrama de implementación describe la implementación física de la información generada por el programa de software en los componentes de hardware

El diagrama de despliegue utiliza los siguientes elementos:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Nodos	Los nodos se definen como elementos utilizados para representar un elemento físico que interactúa de alguna manera con el sistema o bien forma parte de este. Es un recurso físico que va a contener software
	Artefacto	Un artefacto son archivos ejecutables, bibliotecas o librerías. Que se despliegan en el sistema. Como, por ejemplo: los archivos jar, .dll, exe, bin, config
	Asociación	La conexión representa una asociación entre dos nodos, a través de la cual estos nodos son capaces de transmitir información en forma de mensajes o señales. Se usa un estereotipo con el nombre del protocolo de comunicación (HTTP, TCP/IP, RMI, JDBC, ODBC, RPC, web services, etc)
	Interfaz	Una interfaz es un círculo que indica la relación contractual. Aquellos objetos que se dan cuenta de que la interfaz debe completar cierto tipo de obligación.
	Dependencia	Una línea discontinua que termina en una flecha, que indica que un nodo o componente depende de otro.


	<p>Componente</p>	<p>Un rectángulo con dos pestañas que indica un elemento de software.</p> <p>Habiendo hecho una breve definición de que representa este diagrama.</p>
---	-------------------	---

Tabla 88. Notación Diagrama de Despliegue

Con los elementos de los diagramas de despliegue se puede generar diagramas como los que se muestran a continuación:

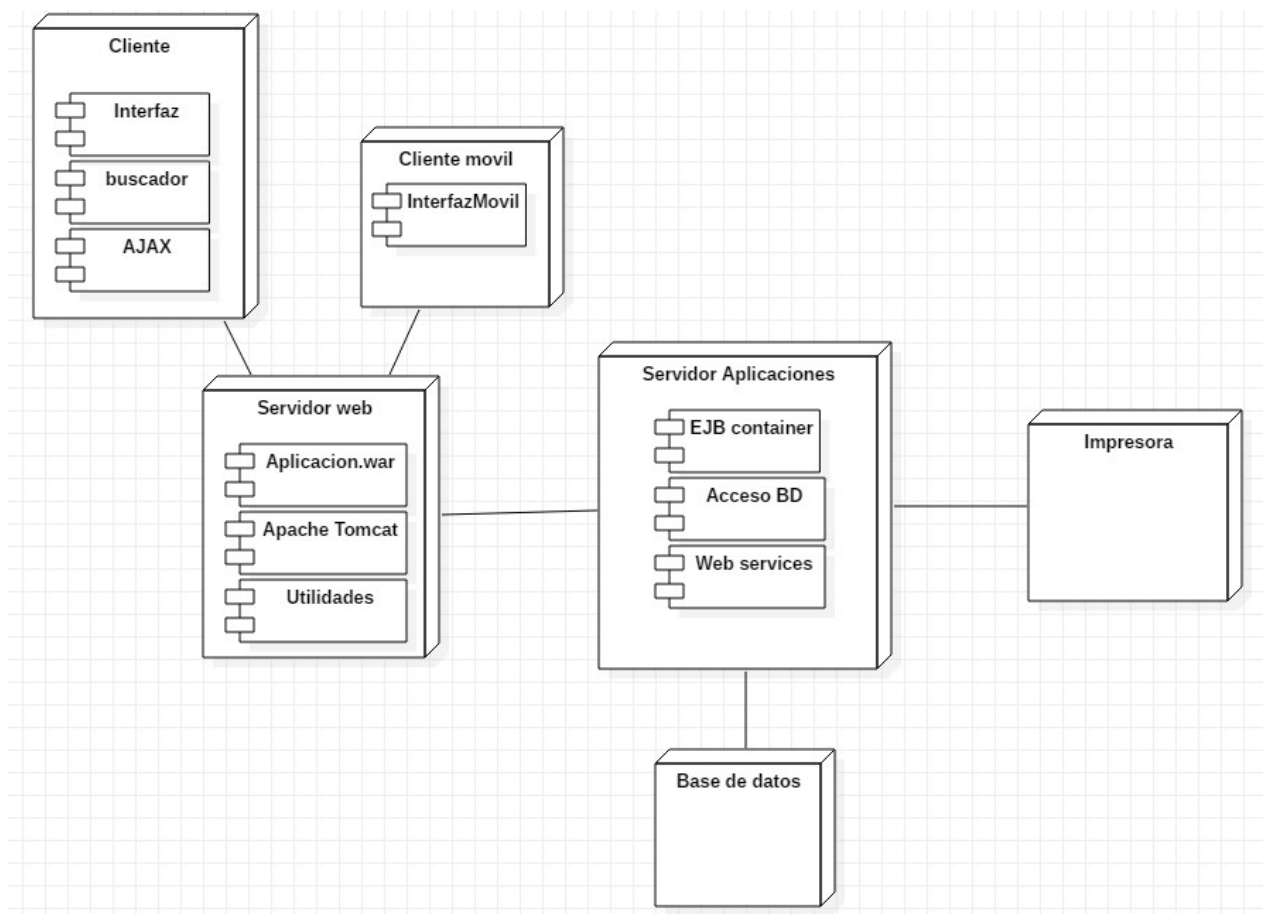


Figura 128. Ejemplo Diagrama de Despliegue

<https://diagramasuml.com/despliegue/>