UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Electrotecnia Y Computación

TRABAJO MONOGRAFICO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN COMPUTACION.

Propuesta de implementación de una plataforma geoinformática para la digitación, validación, integración y difusión de datos hidrometeorológicos.

Elaborado por:

Br. Cristhian Xavier Mendieta Campos

Br. Glenda Suyen Morales López

Br. Kevin Alberto Gaitán Mejía

Tutor:

Dr. Federico Vladimir Gutiérrez Corea

Managua, Nicaragua.

Enero, 2017

RESUMEN

En la presente monografía se presenta la propuesta para la elaboración de una plataforma que facilite la recolección de datos hidrometeorológicos en un repositorio geoespacial y poder generar información de vital importancia para la toma de decisiones en distintos ámbitos.

El desarrollo de la plataforma implica el llevar a cabo una metodología que en primer lugar se encarga de cumplir la recolección de datos hidrometeorológicos de dos fuentes: Estaciones convencionales y estaciones telemétricas; Luego de esto, cuando los datos son debidamente almacenados asegurando su espacio en el tiempo (georreferenciados), se procede a su validación en distintos niveles que certifiquen la calidad de los mismos; Una vez tenemos los datos debidamente validados, se habilita la interoperabilidad de los datos, basado en la familia de estándares ISO 19100, facilitando el acceso a los mismos para comenzar a la generación de información desde distintos medios; Por lo cual, la plataforma propone la generación de información a través de reportes en distintos formatos (Tabulados, Gráficos, Mapas), así como reportes especializados.

El proceso de desarrollo de la plataforma fue llevado a cabo basado por el enfoque de desarrollo guiado por el dominio y procesos de desarrollo de software ágil, patrones y principios que tratan asegurar la calidad, usabilidad y mantenibilidad del mismo.

Es importante destacar que el presente trabajo monográfico sirve como guía para estudiantes y profesionales interesados en introducirse a las ciencias geoinformáticas, dado que contiene el material necesario para conocer ciertos fundamentos para trabajar con datos georreferenciados.

Este trabajo fue desarrollado en la dirección general de sistemas geoinformaticos, del instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y la Universidad Nacional de Nicaragua (UNI), ambas de Managua, Nicaragua.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

III. JUSTIFICACIÓN 7

IV. OBJETIVOS 9

4.1. Objetivo General 9

4.2. Objetivos Específicos 9

V. MARCO TEÓRICO 11

5.1. Red de estaciones hidrometeorológicas 11

5.2. Almacenamiento geoespacial de los datos 12

5.3. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) 14

5.4. Interoperabilidad estándar de datos geoespaciales 14

5.5. Validación de Datos 24

5.6. Sistema de referencia espacial (SRS, *Spatial Reference System)* .. 24

5.7. Servidores para el intercambio de datos geoespaciales. 26

5.8. Clientes de Mapeo 29

5.9. Proceso de desarrollo de software 29

VI. METODOLOGÍA 32

6.1. Base de datos 33

6.2. Migración de los datos de las estaciones telemétricas automáticas a una base de datos geoespacial 33

6.3. Metodología de Desarrollo de Software 35

6.4. Sistema de Recolección de Datos Hidrometeorológicos de Estaciones Convencionales 40

6.5. Validación automática de los datos de estaciones hidrometeorológicas 44

6.6. Habilitación de interoperabilidad basada en estándares OGC e ISO 19100. 46

6.7. Análisis y desarrollo del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos. 51

6.8. Desarrollo del sistema de reportes FM12 52

6.9. Implementación de clientes IDE 54

VII. RESULTADOS 56

7.1. Base de datos 57

7.2. Migración de datos 59

7.3. Resultados del Sistema para la recolección de datos hidrometeorológicos de las estaciones convencionales. 67

7.4. Resultados de la Validación automática de los datos de estaciones hidrometeorológicas. 77

7.5. Resultados de interoperabilidad en estándares OGC e ISO 19100. 83

7.6. Resultados del análisis y desarrollo del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos. 88

7.7. Resultado de sistema de reportes FM12 98

7.8. Implementación de clientes IDE estándares 100

VIII. CONCLUSIÓN 104

IX. RECOMENDACIONES. 106

X. BIBLIOGRAFIA 107

XI. ANEXOS 113

A.1. Anexos Base de Datos 113

A.2. Anexos Migración de Datos 122

A.3. Anexos de SIMET 123

A.4. Anexos Norma UNE 155

A.5. Anexos Interoperabilidad 156

A.6. Anexos CAELUS 159

A.7. Anexos Sistema de Reportes 180

A.8. Anexos Clientes IDE 186

A.9. Otro Anexos 191

A.10. Estimación de costos 200

A.11. Cronograma de actividades 202

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de Servidores 28
Tabla 2. Periodos por Hora de las Observaciones 41
Tabla 3. Tabla Comparativa de métodos implementados en sistemas de gestión de bases de datos espaciales 58
Tabla 4 Requerimiento - Maquetación responsiva para visión en tablets..... 68
Tabla 5. Requerimiento - Fiabilidad..... 69
Tabla 6. Prueba de usabilidad SIMET 73
Tabla 7 Requerimiento - Visualización espacio-temporal del comportamiento de variables hidrometeorológicas. 90
Tabla 8 Pruebas de usabilidad del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos 93
Tabla 9 Menús del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos 96
Tabla 10 Diccionario de datos de tabla observación 115
Tabla 11 Diccionario de datos de tabla numericvalue 116
Tabla 12 Diccionario de datos de tabla countvalue 116
Tabla 13 Diccionario de datos de tabla textvalue 116
Tabla 14 Diccionario de datos de tabla featureofinterest..... 116
Tabla 15 Diccionario de datos de tabla validproceduretime 117
Tabla 16 Diccionario de datos de tabla observableproperty..... 118
Tabla 17 Diccionario de datos de tabla unit..... 118
Tabla 18 Diccionario de datos de tabla offering..... 118
Tabla 19 Diccionario de datos de tabla observationcontellation..... 119
Tabla 20 Diccionario de datos de tabla featureofinteresttype..... 120
Tabla 21. Plantilla de requerimiento funcional - Login 139
Tabla 22. Plantilla de requerimiento funcional - Crear observación..... 139
Tabla 23. Plantilla de requerimiento funcional - Almacenar variables 140
Tabla 24. Plantilla de requerimiento funcional - Visor de aeronáutica y sinóptica 140
Tabla 25. Plantilla de requerimiento funcional - Reportes gráficos..... 141
Tabla 26. Plantilla de requerimiento no funcional - Tiempo de respuesta 141

Tabla 27. Plantilla de requerimiento no funcional - Seguridad 142
Tabla 28. Plantilla de requerimiento no funcional - Mantenibilidad..... 142
Tabla 29. Plantilla de requerimiento no funcional - Usabilidad 143
Tabla 30. Prueba de accesibilidad - SIMET 144
Tabla 31. Prueba de indexación de buscadores 145
Tabla 32. Prueba de seguridad 146
Tabla 33. Prueba de rapidez de acceso 148
Tabla 34 Requisito funcional para visualizar reportes tabulares con distintos niveles de agregación y cálculos estadísticos. 163
Tabla 35 Requisito funcional - Visualización de series temporales de las variables hidrometeorológicas 163
Tabla 36 Requisito funcional para permitir la comparación de series temporales de las estaciones hidrometeorológicas..... 164
Tabla 37 Requisito funcional para visualización geográfica de las estaciones hidrometeorológicas. 165
Tabla 38 Requisito funcional para exportar datos de cada sensor en distintos formatos 165
Tabla 39 Pruebas de concepto de usabilidad de Caelus..... 166
Tabla 40 Pruebas de conceptos de accesibilidad..... 168
Tabla 41 Prueba de indexación de buscadores de Caelus 170
Tabla 42 Pruebas de seguridad de Caelus 171
Tabla 43 Pruebas de rapidez de acceso de Caelus 173
Tabla 44 Costos de herramientas de desarrollo 200
Tabla 45 Costo de redes 201
Tabla 46 Costo de proyecto 201
Tabla 47 Cronograma de actividades..... 202

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Estaciones Hidrometeorológicas. (A) Estación meteorológica automática telemétrica. (B) Estación meteorológica convencional. 12
Imagen 2. Captura de pantalla de PostgreSQL + Postgis. 13
Imagen 3. Funcionamientos de los Geo-Servicios 18
Imagen 4 Modelo Conceptual Observation & Mesurement 21
Imagen 5 Ejemplo de esquema O&M, ... 22
Imagen 6 Carencia de Integridad referencial 61
Imagen 7 Consultas compara la cantidad de datos en la bases de datos 67
Imagen 8. Caso de uso de la funcionalidad del Sistema 70
Imagen 9.Crear observación como observador 76
Imagen 10. Catálogo de observaciones del observador 77
Imagen 11 Proceso de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas 78
Imagen 12 Histograma de registros no validos en la prueba de limites rigidos .. 80
Imagen 13 Sub regiones de referencia 81
Imagen 14 Límites flexibles basados en estadísticas 82
Imagen 15 Histograma de datos no validos en prueba de límites flexibles 83
Imagen 16 Respuesta de servidor SOS a la petición de una observación 84
Imagen 17. Resultado GetMap del WMS 85
Imagen 18. Resultado WFS – GetFeature 87
Imagen 19. Resultado WFS–DescribeFeatureType 88
Imagen 20 Diagrama de caso de uso del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos. 91
Imagen 21 Diagrama de paquetes 92
Imagen 22 Página principal de Caelus 96
Imagen 23 Reportes tabulares 97
Imagen 24 Índex de SIMET donde está el menú Reportes FM12 98
Imagen 25 Catálogo de reportes 98
Imagen 26. Reporte codificado FM12 99
Imagen 27. Reporte Codificado FM12 99

Imagen 28. Vista a cliente del servicio SOS 100
Imagen 29. Vista grafica de una serie temporal en el cliente SOS 101
Imagen 30. Resultado del visor con vista satelital Google Maps 102
Imagen 31. Consulta a un punto en el mapa 103
Imagen 32 Versión de PostGIS utilizada 113
Imagen 33 Tablas de la base de datos 52N SOS 113
Imagen 34.Diagrama de base de datos SOS 2.0. 114
Imagen 35 Contenido de la tabla XC_SITES, ... 120
Imagen 36 Contenido de tabla XC_SITESENSOR 121
Imagen 37 Contenido de tabla XC_DATA1 121
Imagen 38 Imagen de servicio de migración de datos 122
Imagen 39. Diagrama de clases SIMET 123
Imagen 40. Caso de uso - Administrar estaciones 124
Imagen 41. Caso de uso - Administrar tipo horarias 124
Imagen 42. Caso de uso - Administrar tipos de nube 125
Imagen 43.Caso de uso - Administrar usuarios 125
Imagen 44. Caso de uso - Administrar variables 126
Imagen 45. Caso de uso - Administrar tipos de fenómenos 126
Imagen 46. Caso de uso - Administrar tiempo horarias 127
Imagen 47. Caso de uso - Administrar clasificación de fenómenos 127
Imagen 48. Caso de uso - Clasificación de nubes 128
Imagen 49. Caso de uso - Generar reportes gráficos 128
Imagen 50. Caso de uso - Crear observación – Observador 129
Imagen 51. Caso de uso - Crear observación - Control de calidad 130
Imagen 52. Diagrama de secuencia - Crear observación - Observador 131
Imagen 53. Diagrama de secuencia - Crear observación - Control de calidad. 131
Imagen 54. Diagrama de secuencia - Administrar estaciones 132
Imagen 55. Diagrama de secuencia - Administrar tipo horaria 132
Imagen 56. Diagrama de secuencia - Administrar tipos de nube 133
Imagen 57. Diagrama de secuencia – Administrar variables 133
Imagen 58. Diagrama de secuencia - Administrar tipos de fenómeno 134

Imagen 59. Diagrama de secuencia - Administrar clasificación de fenómenos 134
Imagen 60. Diagrama de secuencia - Administrar tiempo horaria 135
Imagen 61. Diagrama de secuencia - Generar reporte grafico 136
Imagen 62. Diagrama de secuencia - Administrar usuarios. 137
Imagen 63. Diagrama de paquetes SIMET 138
Imagen 64. Prueba 1 de la W3C – Validador unificado 150
Imagen 65. Prueba 2 de la W3C - Markup validation 151
Imagen 66.Hoja de observación 152
Imagen 67. Reporte grafico por estación, variable y rango de fechas 153
Imagen 68.Reporte grafico por variable y por día de todas las estaciones 154
Imagen 69 Mapa de las estaciones meteorológicas automáticas que se validaran 155
Imagen 70 Histograma de datos resultantes después de haber aplicado validación 155
Imagen 71 Vista tabular de serie temporal en el cliente SOS 156
Imagen 72 Formato de consulta al servicio SOS 156
Imagen 73. Resultado de la operación GetCapabilities – WMS 157
Imagen 74. Resultado operación GetMap de la lluvia 72hrs – WMS 157
Imagen 75. Resultado operación GetCapabilities – WFS 158
Imagen 76. Resultado de la operación Transaction – WFS 158
Imagen 77 Diagrama de clases de Caelus 159
Imagen 78 Caso de uso - Administración de acceso a estaciones 160
Imagen 79 Caso de uso - Administración de estaciones 160
Imagen 80 Caso de uso – Reportes 161
Imagen 81. Diagrama de secuencia de administración de estaciones 162
Imagen 82. Diagrama de secuencia de reportes 162
Imagen 83 Reportes gráficos de Caelus. 175
Imagen 84 Reporte por estación en Caelus 176
Imagen 85 Reporte geográfico en Caelus 177
Imagen 86 Administración de estaciones (Detalles) 178
Imagen 87. Detalles de las estaciones 179

Imagen 88. Caso de uso - Sistema de reportes 180
Imagen 89. Diagrama de secuencia - Sistema de reportes 180
Imagen 90. Reporte Metar por rango de fechas 181
Imagen 91. Reporte metar por rango de fechas 181
Imagen 92. Reporte Diario de las estaciones convencionales 182
Imagen 93. Reporte mensual del viento (Dirección y Velocidad) 182
Imagen 94. Reporte de los valores medios y extremos 183
Imagen 95. Reporte de los valores medios y extremos 183
Imagen 96. Reporte del resumen mensual de la evaporación y temperatura del suelo. 184
Imagen 97. Reporte del resumen mensual de la evaporación y temperatura del suelo. 184
Imagen 98. Reporte registro de evaporación 185
Imagen 99. Código de visor web para consumo de geo-servicios..... 186
Imagen 100. Código para las capas de los mapas 187
Imagen 101. Consumo de Servicio WMS con JavaScript 188
Imagen 102. Código de Panel de Información 188
Imagen 103. Construyendo SLD 189
Imagen 104. SLD donde se asigna color #FF8C00 si es igual a 0 189
Imagen 105. Resultado del Visor con Vista Terreno de Google Mapas 190
Imagen 106. Resultado de Visor Vista de Open Street Map 190
Imagen 107. Crear un Espacio de trabajo en GeoServer 191
Imagen 108. Seleccionar espacio de trabajo Creado 191
Imagen 109. Editar espacio de trabajo 192
Imagen 110. Agregar nuevo almacén de datos 192
Imagen 111. Agregar nuevo origen de datos 193
Imagen 112. Editando el nuevo origen de datos 193
Imagen 113. Agregar una nueva capa 194
Imagen 114. Agregar una nueva capa con el nuevo espacio de trabajo y almacén de datos..... 194
Imagen 115. Calcular los encuadres en base al SRS correspondiente 195

Imagen 116. Capa editada para publicar 195
Imagen 117. Añadir WMS a QGIS 196
Imagen 118. Configurar la conexión con el servidor 197
Imagen 119. Añadir capas 198
Imagen 120. Capa WMS desde QGIS 199

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Agradecemos a nuestros padres, familiares y seres queridos porque nos brindaron su apoyo en todo momento, tanto moral como económico para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un futuro mejor, ser orgullo para ellos y de toda la familia.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y sus docentes, por brindarnos todas las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarnos como profesionales.

Al Doctor Federico Vladimir Gutiérrez por creer en nosotros, ser nuestro tutor y habernos brindado la oportunidad de desarrollar nuestra tesis profesional en INETER. Por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgados en la institución, por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

A nuestros compañeros de trabajo en la dirección general de sistemas, en INETER, por su apoyo incondicional y compañerismo, además de su grandiosa amistad y compartir momentos de tensión durante los desarrollos de los sistemas y su apoyo.

A la Dirección General de Meteorología de INETER, por facilitarnos y brindarnos toda la información y asesoría necesaria para llevar a cabo nuestra tesis.

Suyen, Cristhian & Kevin

I. INTRODUCCIÓN

Los datos y el conocimiento hidrometeorológicos en forma de la geoinformación[1] perteneciente a un país o región son de vital importancia para la toma de decisiones en materia económica y social en general (Ehlers, 2008). Hace muchos años la generación de datos hidrometeorológicos en forma de geoinformación era un recurso privilegiado (Calle-Jimenez & Luján-Mora, 2016), pero ahora gracias al avance tecnológico, el abaratamiento de los dispositivos electrónicos como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que se logran encontrar en la mayoría de los teléfono móvil inteligentes (Santitamnont, 2008) y la madurez de los Sistemas de geoinformación (SIG) la creación de información geoespacial se ha facilitado. Gracias a esto, se ve como una inversión que ayuda a la administración en la creación de riqueza y conocimiento. La accesibilidad, junto con la interoperabilidad[2] y la subsidiaridad[3] son pilares que ayudan a la evolución optima del mundo de la geoinformación (Torres Saura & Valenzuela Díaz-Moreno, 2010).

Con la plataforma geoinformática propuesta, se pretende facilitar el análisis de la información hidrometeorológica que tiene una importancia relevante en el monitoreo de la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo (GIS), 2013); ayudando a : (i) determinar la posibilidad y la magnitud en la que un territorio puede ser afectado por una amenaza natural peligrosa, (ii) minimizar las pérdidas de vidas con alerta temprana, la gestión integral de riesgo y vulnerabilidad; (iii) ayudar en la toma de decisiones, (iv) reducir los efectos producidos por las variables hidrometeorológicas en los planes del desarrollo económico del país, entre otras (GIS), 2013), y todo desde una perspectiva geoespacial[4]. También la plataforma propuesta en el presente documento, les servirá a las instituciones relacionadas

[1] Geoinformación es todos aquellos datos que pueden relacionarse con localizaciones en la superficie de la tierra.
[2] Interoperabilidad, es el intercambio entre procesos o datos de sistemas heterogéneos.
[3] Subsidiaridad, la información es generada por quién la tiene más cerca y mejor la conoce.
[4] Geoespacial: Palabra que usa para indicar que los datos tienen una componente geográfica.

al ámbito, de la investigación en ciencias de la tierra, de la atención de desastres, entre otras, como fuente para futuros estudios (eje: establecer niveles de alerta en puntos críticos del país, así como un instrumento que ayude a prever con antelación la sequía, inundaciones, pérdidas humanas entre otras).

En INETER una de los bases fundamentales para la generación de geoinformación de amenazas (análisis, reportes, estudios y etc.) son las redes de estaciones ubicadas en el territorio nacional. En el caso de la información hidrometeorológica, los datos son recolectados desde las estaciones convencionales, así como desde los sensores de las estaciones automáticas (telemétricas).

La gran cantidad de datos generados por las redes de estaciones hidrometeorológicas en INETER, que con el paso del tiempo ha venido aumentado y que se prevé que esto siga así, implica un gran esfuerzo de recolección, depuración e integración de estos datos con los demás sistemas, como pasos previos al análisis y generación de información de estudios. Los datos de las estaciones convencionales primarias se recopilan mediante documentos Word, Excel compartidos a través la Red de Área Local (Local Área Network, LAN). En la actualidad de forma paralela a este trabajo se desarrolla una iniciativa para ayudar a automatizar el proceso de colecta de las observaciones de las estaciones convencionales primarias, sin embargo, su alcance no incluye a las estaciones convencionales secundarias (pluviómetro), que son la mayoría. El proceso de integrar datos provenientes de distintas tecnologías de estaciones, implica un pre-proceso manual por parte de los especialistas, que según se conoce de forma general (no sólo en Nicaragua) puede llegar a representar más del 70% del esfuerzo total, lo que provoca que se dediquen a esta actividad más tiempo que al proceso de análisis y estudios de las variables hidrometeorológica.

El presente trabajo, propone auxiliar a los técnicos del INETER en el proceso de análisis de la gran cantidad de datos generados por las estaciones, mediante la implementación de una plataforma que permita la recolección, depuración, integración, difusión de los datos desde distintas perspectivas (tabulares, gráficos,

geográficas, y según estándares para interoperabilidad de información geoespacial). A su vez esta propuesta de plataforma consta de implementar parte de las normas de la familia ISO 19100 y UNE 500540, lo que permitirá agilizar la integridad y la calidad de los datos recolectados a través de estándares internacionales establecidos. Con esto se pretende que los técnicos puedan disponer de un mayor tiempo en tareas de análisis, generación de reportes y estudios, y hacerlo desde distintas aplicaciones gracias a la interoperabilidad. Se espera que la implementación de la plataforma aquí propuesta tenga cierto impacto en la sociedad por permitir agilizar la generación de información para los tomadores de decisiones, lo cual a su vez ayuda en el proceso de salvaguardar la vida y los bienes de la población.

II. ANTECEDENTES

En INETER los últimos años se han realizado algunos intentos de automatización del registro y visualización de los datos hidrometeorológicos, a través de sistemas informáticos, sin embargo, el uso de estos no ha sido completamente satisfactorio por los alcances los mismos, y no se han contemplado estándares de interoperabilidad para la información geoespacial. Por parte de las estaciones convencionales, uno de los intentos de automatización fue brindado de parte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con una aplicación web llamada BUFR, la cual permite registrar las variables hidrometeorológicas de las estaciones convencionales primarias, otro intento fue “Meteo Tiempo Real”, el cual se desarrolló a medida por un extranjero, sin embargo no se llegó a poner en producción; así mismo para las estaciones telemétricas se desarrollaron sistemas para la visualización de estos datos, como el denominado REDHINA.

La manera en que operan en la actualidad las estaciones hidrometeorológicas (Convencionales y Telemétricas) y los intentos de automatización antes mencionados se describirán a fondo a continuación:

1. Estaciones convencionales primarias

Un conjunto de observadores meteorológicos se encarga de la recolección de los datos en las estaciones convencionales desde distintos artefactos análogos y los anota en hojas que luego se transcriben en documentos de Word y Excel para ser compartidos ya sea por una red LAN o por correo electrónico. A partir de estos datos se generan registros de las observaciones diarias, las cuales son enviadas a distintos grupos de interés al menos una vez al día; cuando hay situaciones especiales como cuando las lluvias son frecuentes y acumulan grandes niveles de precipitación los datos de interés son enviados la cantidad de veces según solicitados por los grupos interesados. De las observaciones realizadas se generan reportes horarios mensuales, reportes codificados, reportes de dirección del viento y reportes de las nubes por rumbo y por horas. Luego de varias semanas los registros recolectados de las observaciones se envían al Banco de

Datos localizado en INETER para su integración, en donde igualmente llegan los datos de las estaciones convencionales secundarias.

2. **Estaciones automáticas telemétricas**

Estas estaciones colectan automáticamente la información de sus sensores y las envían de forma codificada hacia INETER mediante telemetría. Una vez los datos en la institución, se proceden a decodificar y enviar a la Base de Datos mediante el software XConnect, desarrollado por Sutron Corporation; este sistema se encarga de proveer una interfaz para la generación de reportes tabulares, sin embargo, a él sólo se puede conectar un usuario a la vez. El sistema es privado y cerrado, con lo cual sólo se pueden utilizar los reportes tabulares que actualmente trae, y aunque presenta cierto grado de personalización de reportes, estos muestran ciertas limitaciones (p. ej. El formato de exportación sólo en formato .docx, y no permite la generación de nuevos reportes).

La base de datos de estaciones automáticas, registra datos desde el año 2001, con el tiempo la cantidad de estaciones activas ha incrementado, actualmente, hasta abril del 2016, existen 96 estaciones registradas, recibe un aproximado de 20,000 registros diarios por cada variable y posee un historial de estimado en 50 millones de registros correspondientes a los distintos sensores de las estaciones.

3. **Intentos previos de automatización digital**

BUFR: Es una aplicación web facilitada por la OMM, para el ingreso y envió codificado (en código BUFR) de las variables hidrometeorológicas de estaciones convencionales primarias. A pesar de que BUFR tiene varios años de existir, se aprecia que el uso de la su aplicación web asociada; también, ha tenido poco uso en los distintos países miembros de la OMM, debido a que, según los operadores, esta presenta inconvenientes en usabilidad. La razones que se indica en Nicaragua son: (i) Esta aplicación posee vocabulario un poco distinto a las utilizadas nacionalmente y que la manera de ingresar los datos en BUFR es mediante menús desplegables, lo cual les hace utilizar más de los minutos de tiempo estipulado para enviar la información de las observaciones que se realiza hora a hora (ii) se limita al ingreso y envío de la variables hidrometeorológicas sin

permitir realizar un control de calidad de los datos una vez enviados (iii) no cuenta con un módulo de reportes donde se pueda visualización de los datos registrados. Por las razones antes mencionadas la aplicación web no está en operación en la actualidad.

Meteo Tiempo Real: En el año 2009 fue desarrollado un sistema a medida para INETER. La aplicación era monousuario, su objetivo era recopilar la información proveniente de las observaciones de las variables meteorológicas en forma de lista y las mostraba en un sólo reporte. Solo se utilizó a nivel de pruebas dado que el desarrollo de este no fue concluido por el consultor, en estas mismas se apreció que la aplicación carecía de usabilidad y adecuación funcional. Esos inconvenientes evitaron que se pudiera interactuar ágilmente con los datos, y que los usuarios mostraran poca aceptación a la aplicación.

Red hidrométrica nacional (REDHINA): Esta fue una aplicación web donde se presentaban datos relacionados con alguna de las estaciones automáticas y algunos de sus sensores como son: precipitación, lluvia y nivel de mar o rio. Esta aplicación tenía la capacitad de generar gráficos y mostrar los datos arrojados por cada una de las estaciones, los cuales también habilitaban “un control de calidad visual”. Sin embargo, carecía de dinamismo por la forma de presentar los datos, con gráficos muy estáticos y sin que se pudieran enlazar y superponer datos de más de una estación en un solo gráfico. La aplicación presentaba en un mapa de Google Earth la ubicación de las estaciones desde donde se podía acceder a sus datos, sin embargo, esto no derivó la generación automática de mapas sobre los valores de las distintas variables, ni implicó la implementación de estándares geográficos de interoperabilidad que facilitase el intercambio de datos dentro y/o fuera de la institución.

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existen distintos pasos para la obtención información hidrometeorológica, provocando que el procesar los datos fuentes sea una tarea laboriosa y compleja. Esto resta tiempo al personal especializado, el cual pudieran utilizar para generar análisis y estudios hidrometeorológicos. Los pasos inician con centralizar los datos, los mismos son provenientes distintos medios como: (i) base de datos, (ii) hojas de cálculos, (iii) documentos de texto, entre otros; posterior deben de ser estructurados para su depuración y validación. Considerando el volumen de datos generados por las redes hidrometeorológicas y su tendencia de aumento, estas actividades se vuelven cada vez más complejas de realizar sin la asistencia de procesos automatizados.

Además, el hecho de compartir información con diferentes entidades (las que salvaguardan a la población, instituciones científicas, entidades de colaboración) y habilitar estos datos para su consumo desde nuevos sistemas de información (Chaglla, 2014), fortalecen la justificación de crear una plataforma interoperable y estandarizada. Estos estándares permitirán que los datos hidrometeorológicos puedan ser consumidos en herramientas GIS y que otros sistemas especialmente desarrollados para accesos interoperables.

Así mismo, esta plataforma contaría con la implementación de estándares de validación para datos meteorológicos como la norma UNE 500540 [4] la cual ayudara a mantener la integridad de los datos[5], con lo que se pretende agilizar las labores del personal, dotándolos de más tiempo para realizar análisis, además de que brindara un medio para dar seguimiento al estado de los sensores, ayudando a tomar decisiones importantes para el mantenimiento o remplazo de los mismos.

Una vez implementada la plataforma, permitirá la digitación de las observaciones meteorológicas de estaciones convencionales, proporcionara un medio estructurado y eficiente para la captura de los datos, a su vez se podrá visualizar información integrada de las distintas redes hidrometeorológicas en tiempo cuasi-

[5] Integridad de los datos : Correctitud y completitud de la información en una base de datos

real, facilitando las labores como la creación de reportes, análisis comparativos y estadísticos, a como se dispondrán de perspectivas visuales como mapas y gráficos en los que se podrá observar el comportamiento de las variables hidrometeorológicas a nivel nacional.

Por último y no menos relevante, la plataforma a desarrollarse implementará estándares, patrones y buenas prácticas en el desarrollo de todas las aplicaciones lo cual permitirá que sea estable, escalable y mantenible (Oriente, 2013), dado que estará abierta a mejoras y extensiones para una mayor robustez, lo que le dará flexibilidad para integrar nuevas características en el futuro de ser requerido.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Auxiliar en la obtención de datos y la generación de información hidrometeorológica que facilite la toma de decisiones y la generación de estudios brindando una visión integrada de los datos necesaria, mediante la propuesta de la implementación de una plataforma geoinformática que comprende los procesos de digitación de datos, validación, visualización e intercambio, considerando las normas UNE-50040[6] y estándares de la familia ISO-19100[7].

4.2. Objetivos Específicos

- Conceptualizar el conjunto de pasos que serán automatizados y que se siguen en INETER para el procesamiento de datos de las estaciones hidrometeorológicas; mediante la implementación de la plataforma que incluirá la norma UNE-500540 y la familia de estándares OGC/ISO 19100 para la digitación, validación, difusión e intercambio de información de los datos hidrometeorológicos.
- Reducir los pasos necesarios desde la colecta de las observaciones para estaciones convencionales primarias hasta su registro estructurado en una base de datos relacional.
- Diseñar e implementar un módulo web que permita capturar los datos de las estaciones convencionales optimizado para Smartphone y Tablet.
- Aprovechar las tecnologías geoespaciales para almacenar los datos de las estaciones hidrometeorológicas mediante bases de datos geoespaciales que permita tratar estos datos de forma geográfica nativa.

[6] Directrices para la validación de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automáticas.
[7] Normas ISO de la información geográfica.

- Auxiliar la confiabilidad de los datos recolectados de las estaciones hidrometeorológicas mediante la propuesta de identificación de datos correctos y/o anómalos, implementando las directrices de la norma UNE500540.
- Auxiliar en el análisis de los datos para la toma de decisiones mediante su fácil acceso y adecuada estructuración.
- Integración de los datos de las estaciones hidrometeorológicas.
- Implementar patrones, estándares y buenas prácticas de la Programación Orientada a Objetos (POO) en la programación de los sistemas y subsistemas necesarios para llevar a cabo esta plataforma.

V. MARCO TEÓRICO

Considerando el área de estudio de INETER y de la hidrometeorología, toda la información científica técnica que la compone, está referido a una ubicación geoespacial, el marco teórico aquí presentando está estrechamente relacionado a los aspectos geoinformaticos y de normalización de información geoespacial (normas UNE 500540 e ISO 19100).

5.1. Red de estaciones hidrometeorológicas

La fuente fundamental de los datos proviene de dos tipos de estaciones, las estaciones convencionales y de las estaciones automáticas telemétricas, ambos tipos de estaciones tienen variables o parámetros de observación en común, entre las principales variables observadas se tiene: precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, dirección de viento, velocidad de viento, niveles (ejemplo: ríos y mar), humedad relativa, punto de roció, entre otras (Direccion General de Meteorologia INETER, 2012).

En la Imagen 1, se presenta una estación automática telemétrica (Imagen 1A), la cual captura y envía los datos de manera independientes mediante dispositivos y conversores electrónicos. También se aprecia una estación convencional (Imagen 1B), en la cual que se aprecian instrumentos mecánicos, lo que implica que un observador tenga que ir a tomar los valores que miden estos instrumentos, y así registrarlos en la hoja de observación pre-establecida.

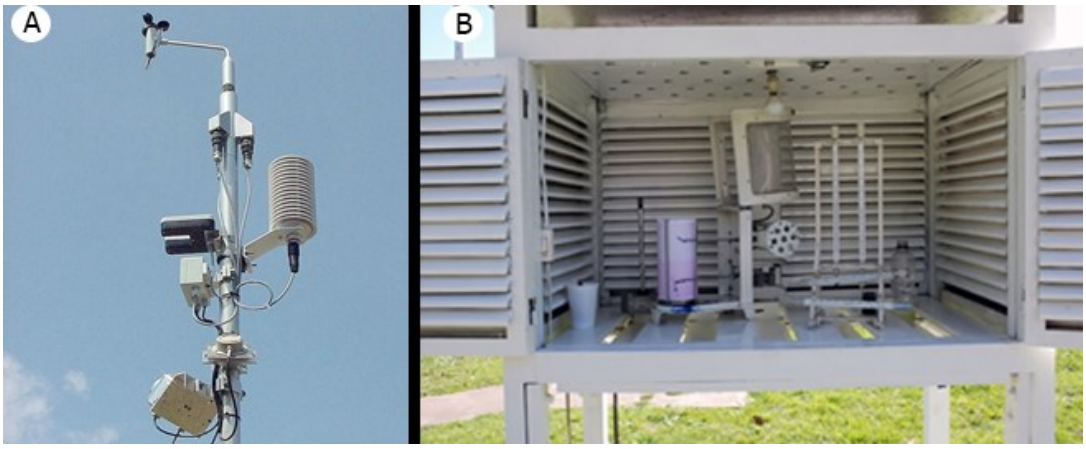


Imagen 1. Estaciones Hidrometeorológicas. (A) Estación meteorológica automática telemétrica. (B) Estación meteorológica convencional.
Fuente:http://www.directindustry.es/prod/schiltknecht-messtechnik/product-15070-1525291.html#product-item_374430

La OMM ha puesto a disposición una aplicación web para la digitación y envío de variables meteorológicas desde estaciones convencionales primarias. Como se dijo en los antecedentes, los distintos países han presentado cierta resistencia de la interfaz de usuario web para su uso. Sin embargo, el objetivo de BUFR es codificar los datos en formato en binario de flujo continuo y así lograr un intercambio eficiente de datos hidrometeorológicos. Una vez que la aplicación recibe los datos, los almacena temporalmente, hasta ser enviados automáticamente a la OMM. (DOC/NOAA/NESDIS/NCDC > National Climatic Data Center, 2015).

Las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en el país, se encuentran georreferenciadas, por lo tanto se conoce el origen geográfico de los datos observados, estos datos deben de ser almacenados de manera adecuada para lograr el procesamiento óptimo (Vargas, 2012), por ello la necesidad de hacer uso de un sistema de base de datos espacial que proporcione funcionalidades para apoyar en el análisis espacio – temporal de los datos (Malinowski, 2014).

5.2. Almacenamiento geoespacial de los datos

El almacenamiento adecuado de los datos geográficos es un factor clave para lograr el procesamiento y compresión óptima de la información geográfica (Vargas, 2012). Las bases de datos (BD) son estructuras de información que

permiten organizar de manera estructurada y eficiente un conjunto de los datos. Una base de datos geoespacial brinda soporte a objetos geográficos, permitiendo el almacenamiento, indexación geográfica, consulta geoespacial y manipulación de datos geográficos.

Algunos de los sistema gestores de base de datos (SGBD) proporcionan complementos u extensiones espaciales, las cuales pueden ser agregadas a las base de datos, habilitándoles así tipos y funciones espaciales, útiles para modelar objetos geo referenciados y la explotación de los datos (Vargas, 2012). Entre los SGBD con soporte de extensiones espaciales se puede mencionar: Oracle + OracleSpatial, PostgreSQL +Postgis, MySQL + Extensions for Spatial Data, SQL Server + SpatialTools. Un ejemplo, es el motor de base de datos PostgreSQL + Postgis.

En la Imagen 2 se puede apreciar una consulta geoespacial en un visor, en la consulta se está efectuando una intersección de dos geometrías geoespaciales mediante la función espacial ST_TOUCHES.

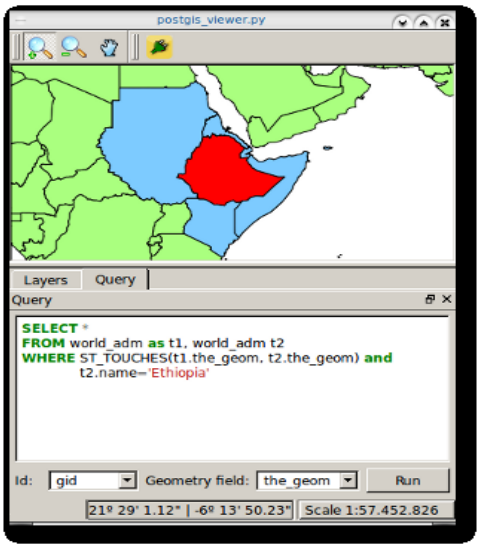


Imagen 2. Captura de pantalla de PostgreSQL + Postgis.
Fuente: http://geotux.tuxfamily.org/index.php/geo-blogs/item/293-consola-sql-para-plugin-pgadmin-postgis-viewer

Las bases de datos geoespaciales, son parte de unos de los componentes principales de una infraestructura de datos espaciales (IDE) (Anguix, 2013). Las IDE cumplen con una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica (Maganto, 2013).

5.3. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

Las IDE son infraestructuras que permiten compartir, intercambiar, combinar, analizar y acceder a los datos geográficos de forma estándar e interoperable, mediante un conjunto de recursos cartográficos disponibles en la red, sobre la que los datos mismos serán más útiles al formar parte de un todo más completo (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012).

Estándar significa simplemente que cumple unas reglas generales, que facilitan la adopción de soluciones genéricas y la posibilidad de gestionar todos los componentes del mismo tipo de la misma manera (Lopez-Vasquez, Fundamentos de las infraestructura de datos espaciales (IDE), 2012), por lo tanto esto hace que sea interoperable, ya que la interoperabilidad es por definición es la capacidad de un sistema para funcionar con otros productos o sistemas existentes o futuros sin restricción de acceso o de implementación.

5.4. Interoperabilidad estándar de datos geoespaciales

La plataforma propuesta en este trabajo será completamente interoperable, esto permitirá el consumo de los datos por sistemas de información geográfica (GIS), estos son sistemas informáticos para la captura, almacenamiento, control y la visualización de datos relacionados con las posiciones en la superficie de la tierra (Caryl-Sue, 2011). Esto se logrará mediante la implementación de normas de la familia ISO 19100; estas son una serie de normas para definir, describir y gestión de la información geografía. Establecen un conjunto estructurado de estándares para la información relativa a objetos o fenómenos asociados a su localización geoespacial. Esta familia de normas específica métodos, herramientas y servicios para la gestión de información geográfica, incluido su definición, análisis, acceso,

presentación, trasferencia, en formato digital (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012) .

Entre las normas de la familia ISO 19100 que destacan para el presente trabajo se listan:

- Norma ISO 19107: Especifica los esquemas conceptuales en términos de estructuras de datos y modelos de objetos que se utilizan para describir las características espaciales de las entidades geográficas, y un conjunto de operaciones estándares (ISO 19107,2003). En la práctica, describe un esquema espacial conformado por un conjunto de primitivas geométricas (puntos, líneas, áreas, superficies, solidos) y geográficas (sistemas de coordenadas y de referencia) para su uso en dos o tres dimensiones. (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012).

- Norma ISO 19115: Identifica los metadatos requeridos para describir datos, incluyendo la calidad de los mismos. (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012)

- Norma ISO 19119: Proporciona el marco de trabajo para quienes proyectan crear aplicaciones que permitan a los distintos usuarios acceder y procesar datos geográficos procedentes de diversas fuentes, a través de la identificación y definición de la interfaz, así como la definición de las relaciones de los modelos de entornos abiertos[8] (*Open System Enviroment*, OSE). (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012)

- Norma ISO 19136: Establece la sintaxis, los mecanismos y las convenciones del esquema XML, lenguaje marcado que se utiliza para crear documentaos con información estructurada. En caso de poseer información geográfica, se adopta GML, tanto para la descripción de los esquemas de aplicación, como para el transporte y el almacenamiento de la información geográfica. (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012)

[8] OSE: Estructura los tipos de servicios de un sistema de IT. Cada capa contiene tanto los servicios generales de IT, como los servicios extendidos GIS para esa capa.

- Norma ISO 19156: Establece interfaces y protocolos que habilitaran un sensor web a través de aplicaciones y servicios serán capaces de acceder a sensores de todo tipo y las observaciones generadas por los mismos (ISO Online Browsing Plataform(OBP), 2011).

Las normas anteriormente mencionadas, fueron elaboradas por comité técnico (ISO/TC 211) responsable de las normas de la información geográfica. ISO/TC 211 desarrolla la familia de normas internacionales 19100 para que usuarios y productores de la información geográfica puedan utilizar los datos geoespaciales con mayor eficiencia (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012). Este comité trabaja las normas atendiendo a los fundamentos de las especificaciones de la OGC (Open Geospatial Consortium). OGC es una organización internacional formada por agencias gubernamentales, universidades, compañías y centros de investigación, y tiene como misión promover el uso de estándares y tecnologías abiertas en el área de sistemas y tecnologías de la información geográfica y afines (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012).

Los datos provenientes sensores pueden ser afectados, por distintos factores ambientales como descargas eléctricas, interferencia en la trasmisión, objetos que alteran la medición de sensores (canoas en el rio), entre otros. Por ello surge la necesidad crear un mecanismo que permita discriminar datos atípicos.

5.4.1. Lenguajes geoespaciales

5.4.1.1. Geography Markup Language (GML)

Este es un sub-lenguaje de XML, utilizada poa describir objetos geográficos físicos o abstractos, para su fácil intercambio en el internet. Este lenguaje permite incluir información sobre la localización y la forma de los objetos o datos no espaciales, así describir características del objeto geográfico.

Se pueden considerar lenguajes geoespaciales aquellos que, haciendo uso de ordenadores para su procesamiento y comunicación, presentan algún componente geográfico en datos o procedimientos.

5.4.2. Geoservicios

Podemos describir un «servicio» (Normas ISO, 2016) como una parte destacado de la funcionalidad atribuida por una entidad a través de una interfaz. Aterrizándolo un poco más a lo que concierne el ámbito geomántico podemos decir que un servicio web no es más que una aplicación que está ejecutándose continuamente en un servidor, accesible desde Internet, que cuando recibe una petición en el formato adecuado, proporciona una respuesta acorde a la petición.

Los geoservicios proveen un conjunto de servicios web que ofrecen una serie de funcionalidades útiles para un grupo dirigido de usuarios. Y que estos conjuntos de funcionalidades sean de fácil acceso desde navegador web a través de Internet, la cual permita principalmente la visualización, consulta, análisis y descarga de datos geográficos. A través de los geoservicios podemos conceptualizar fundamentalmente la conceptualización de un sistema como servicio y no los datos como ocurre en un software SIG. Un ejemplo de esto puede ser Google Earth, seguido de otros Globos Virtuales que, con datos de fecha desconocida, problemas de resolución, errores de cientos de metros en ocasiones y otros problemas, ha tenido un éxito espectacular debido a que la calidad del servicio es excelente.

El organismo encargado de elaborar los documentos técnicos de cada uno de los servicios web geoinformaticos es OGC. A continuación, se describen las características principales de los servicios implementados en este trabajo.

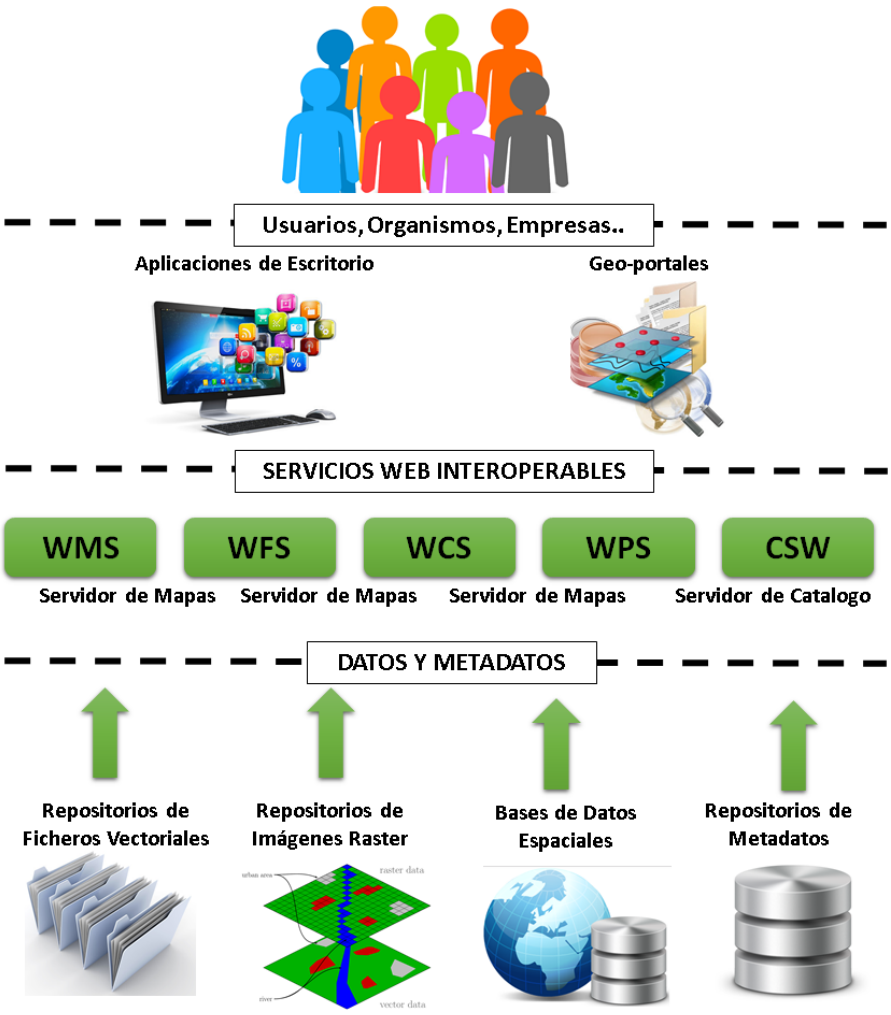


Imagen 3. Funcionamientos de los Geo-Servicios
Fuente: http://www.ideandalucia.es/portal/ides/software/servidores

5.4.2.1. Servicio Web de mapas (WMS)

Su principal objetivo es visualizar la información geográfica almacenada en los servidores donde se encuentra almacenada la misma. Esta especificación define mapa como una representación de la información geográfica en forma de imagen digital, adaptada para la visualización en una pantalla. El mapa es una imagen de los datos almacenados en los servidores.

Este servicio se solicita a través del navegador web del usuario que envía una petición en forma de URL. Esta petición se recibe y procesa por el servidor WMS que, como respuesta, devuelve al usuario una imagen en formato JPEG, GIF,

PNG, etc. La definición de un formato u otro garantiza la transparencia de las capas de información, permitiendo la combinación de capas procedentes de diferentes servicios WMS. Este servicio permite también opcionalmente consultar los atributos alfanuméricos de la información que se visualiza (OGC, OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification, 2006)

Los mapas generados por los WMS pueden visualizarse a través de un navegador web (también llamados clientes ligeros), como Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome, etc.; ò a través de algún software (llamados clientes pesados) que deben instalarse en el ordenador del usuario. En ambos tipos de clientes los visualizadores incluyen operaciones sencillas de visualización como: activar y desactivar capas, cambiar el orden y transparencia de las mismas, acercar y alejar, desplazarse sobre el mapa, vuelo panorámico, etc.

5.4.2.2. Servicio Web de fenómenos, entidades u objetos (WFS)

Este servicio permite acceder y consultar los atributos de un objeto (feature) geográfico como un río, una ciudad o un lago, representado en modo vectorial. Un WFS permite no sólo visualizar la información tal y como lo permite un WMS, sino que también permite acceder a la información y descargarla.

Este servicio dispone de operaciones obligatorias y optativas. Entre las primeras se encuentra la que permite descargar los datos geográficos y entre las segundas se encuentra la que permite manipular (editar, borrar, crear) la información almacenada en la base de datos (sólo a los actores autorizados) (OGC, Open Geospatial, 2016)

Hay discrepancias dentro de la comunidad geográfica en admitir el término “fenómeno” como el equivalente español del concepto inglés “feature”, aplicado a la información geográfica. No es de extrañar, por lo tanto, que en algunas publicaciones se podrá encontrar al WFS como “servidor de entidades” o “servidor de objetos”.

5.4.2.3. Servicio Web de coberturas (WCS)

Es el servicio análogo al WFS, pero en lugar de trabajar con datos en formato vectorial, lo hace con datos rasters. Permite no sólo visualizar información raster, como lo permite un WMS, sino además permite consultar el valor del o los atributos almacenados en cada píxel (OGC, OGC® WCS 2.0 Interface Standard-Core:, 2012).

5.4.3. Sensor Web Enable (SWE)

El grupo de trabajo de la OGC SWE fue fundado en el año 2003; este grupo se encarga de desarrollar estándares que para la interoperabilidad web de datos de sensores. Por lo tanto, SWE ha especificado una serie de normas que defienden los formatos de datos y metadatos, así como las interfaces de servicio que permiten el acceso interoperable sensores a través de servicios web. Las especificaciones SWE aprobados como estándares se pueden mencionar las siguientes funcionalidades:

- Descripción de datos del sensor.
- Descripción de los metadatos del sensor
- Acceso a las observaciones y metadatos del sensor
- Tareas de sensores, para la adquisición de datos.

Las funcionalidades SWE, se pueden clasificar en dos grupos: en primer lugar, el modelo de información, en el que se incluyen los modelos y tipos de codificación; y, en segundo lugar, el modelo de interfaz que comprende las diferentes especificaciones de interfaz web.

5.4.3.1. Modelo de información de SWE

El modelo de información comprende un conjunto de estándares que definen los modelos de datos, principalmente de codificación de las observaciones o mediciones de los sensores y metadatos de sensores. Entre los estándares se pueden mencionar las especificaciones O&M (*Observations & Measurements*) y el modelo de lenguaje de sensor SensorML (*Sensor Model Language*).

5.4.3.1.1. Observation and Measurement (O&M)

El estándar para observaciones y medidas (O&M, *Observations & Measurements*), que es estándar OGC e ISO 19156, se utiliza para definir un esquema conceptual para representar observaciones, y para las funciones relacionadas con la toma de muestras al hacer las observaciones.

El modelo básico de O&M 2.0 que se muestra en la Imagen 4, define que una observación tiene relación con un procedimiento (*procedure*) que representa el proceso que se ha llevado a cabo para realizar la observación, por ejemplo un sensor físico o una simulación. La propiedad observada (*observeb property*) es una descripción de la propiedad que se observa, por ejemplo: temperatura de aire o sanidad del agua. El resultado (result) de la observación, puede ser de cualquier tipo, que van desde valores, hasta coberturas de N dimensiones. La característica de interés (*feature of interest*), que es la representación funcional de una característica del mundo real (por ejemplo, lago Xolotlán), ello asociado a la propiedad que observa. La observación proporciona un valor para esta propiedad en un momento determinado (*phenomenon time*).

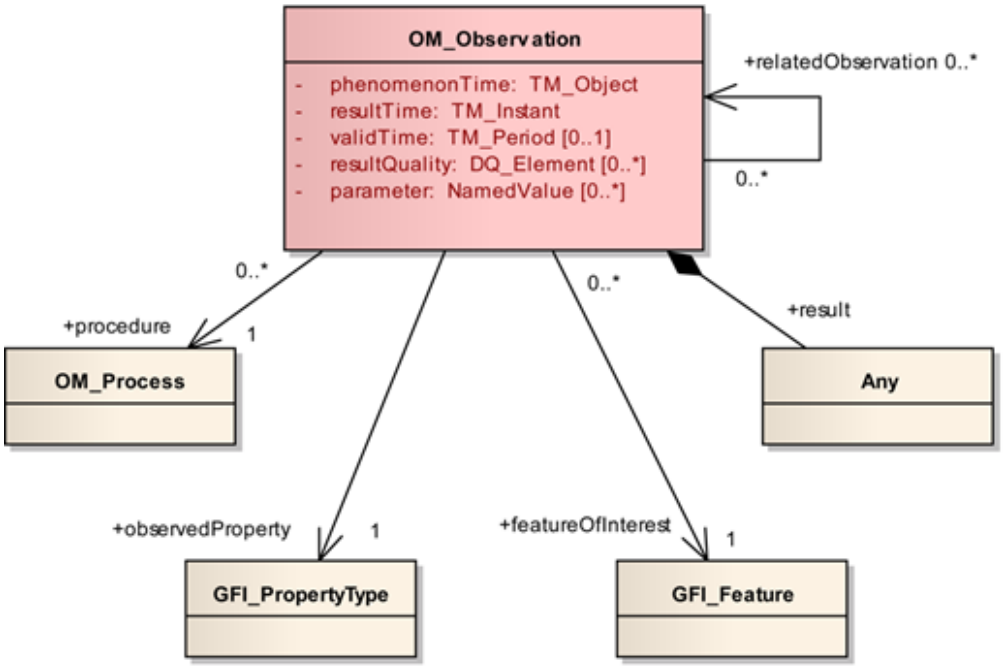


Imagen 4 Modelo Conceptual Observation & Mesurement
Fuente: Elaboración propia.

Además, el modelo conceptual de O&M, define el tiempo de validez de la observación (validTime) y el tiempo de resultado (resultTime), el tiempo de resultado representa el momento en el que se produjo el resultado de la observación. El tiempo de validez es una propiedad que define el periodo durante el que la observación es utilizable, útil en los casos de que predicción, en las que cambian los tiempos de validez.

En la Imagen 5, se muestra un ejemplo implementación del esquema O&M, se puede apreciar, que la notación utilizada por la fuente, para definir los elementos de la observación son URL. El ejemplo define que la observación fue efectuada un punto de muestreo georreferenciado (samplingGeometry), que pertenece a un área de interés (*feature of Interest*), en este caso el golfo de México (*GulfOfMexico*), dicha observación se realiza del sensor (*procedure*) de un planeador (*glider1*), que observa el fenómeno (observableProperty), de salubridad de agua de mar (*Sea Water Salinity*); obteniendo un resultado (*result*).

```
▼<om:OM_Observation gml:id="o1">
   <om:type xlink:href="http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-OM/2.0/OM_Measurement"/>
  ▼<om:phenomenonTime>
    ▼<gml:TimeInstant gml:id="pt1">
       <gml:timePosition>2008-01-01T08:34:26.00</gml:timePosition>
     </gml:TimeInstant>
   </om:phenomenonTime>
   <om:resultTime xlink:href="#pt1"/>
   <om:procedure xlink:href="http://myServer.org/sensors/glider1"/>
  ▼<om:parameter>
    ▼<om:NamedValue>
       <om:name xlink:href="http://www.opengis.net/req/omxml/2.0/data/samplingGeometry"/>
      ▼<om:value>
        ▼<gml:Point gml:id="sp1">
           <gml:pos srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4326">21.3 -94.4</gml:pos>
         </gml:Point>
       </om:value>
     </om:NamedValue>
   </om:parameter>
   <om:observedProperty xlink:href="http://marinemetadata.org/cf#sea_water_salinity"/>
   <om:featureOfInterest xlink:href="http://myServer.org/features/GulfOfMexico"/>
   <om:result xsi:type="gml:MeasureType" uom="%">5.2</om:result>
 </om:OM_Observation>
```

Imagen 5 Ejemplo de esquema O&M,
Fuente:
http://schemas.opengis.net/sos/2.0/examples/_useCase_mobile_sensors/GetObservation_response.xml

5.4.3.1.2. SensorML

Para la descripción de metadatos del sensor, SWE define un modelo de leguaje del sensor denominado SensorML(*Sensor Markup Language*), en el que se

especifica un modelo de codificación y un XML(*eXtensible Markup Language*) para la descripción de todos los tipos de sensores relacionados con sus procesos (*Procedure*).

El Lenguaje SensorML define que un sensor es un proceso que es capaz de observar un fenómeno y retornar el valor observado, permitiendo una descripción detallada de un proceso que incluye una lista destallada de sus entradas, salidas, parámetros y métodos del proceso; Otros metadatos del proceso podrían ser su identificación y clasificación, así como la disponibilidad de sus series temporales y su descripción y disponibilidad espacial; por ello SWE implementa SensorML como un formato para la descripción de sus procesos asociados.

5.4.3.2. Modelo de interfaz SWE

En el modelo de interfaz SWE, se especifican normas de las interfaces de los diferentes servicios web de sensor; entre ellas se define el servicio de observaciones de sensor (SOS, *Sensor Observation Service*), creado para ofrecer acceso a los datos provenientes de sensores, así como a los metadatos de los sensores.

5.4.3.2.1. Sensor Observation Service (SOS)

El acceso estandarizado a las observaciones y metadatos del sensor se proporciona por el servicio de observaciones de sensor (SOS, *Sensor Observation Service),* el servicio actúa como mediador entre un cliente y un archivo de datos del sensor (proporcionado por el servidor)]; los protocolos de comunicación y formatos de datos de los sensores están ocultas por la interfaz normalizada del SOS.

Las operaciones del servidor SOS, se dividen en dos: (i) las operaciones de núcleo, que son operaciones obligadas para la recuperación de metadatos del servicio y sus contenidos; y (ii) las operaciones de extensión, especificadas para las operaciones transaccionales y de recuperación de resultados de la observación como tal, sin especificar metadatos de observación, aumentando la escalabilidad y el rendimiento.

5.5. Validación de Datos

Considerando que actualmente los datos se almacenan a como provienen de sensores e instrumentos de las estaciones automáticas telemétricas y estaciones convencionales primarias, estos datos pueden ser afectados por múltiples factores como: descargas eléctricas, interferencia de trasmisión o fallos humanos en el proceso de digitación, el mantenimiento y la calibración de instrumentos o sensores, el procesamiento de los datos al convertir los datos de los sensores, interferencia en trasmisión de datos, entre otros (AENOR, 2004).

Este trabajo se contemplan la implementación de parte de la norma UNE 500540, la cual estable directrices mínimas acerca de la validación de los datos procedentes de datos en tiempo cuasi-real (como es el caso de las estaciones automáticas y convencionales primarias) que permitan no solo saber el grado de validez de los datos, sino también las manipulaciones a las que han sido sometidos (AENOR, 2004). Mediante esta norma se realizará la clasificación de los datos atípicos recolectados en las estaciones.

5.6. Sistema de referencia espacial (SRS, *Spatial Reference System)*

Los sistemas de referencia espacial (SRS) se utilizan para poder ubicar objetos geográficos en un mapa, para la realización de los visores que consuman los servicios WMS y WFS, se necesita la referencia espacial para que los puntos del servicio se ubiquen en el lugar correcto en el mapa, en este caso de estudio Nicaragua.

Destacan los siguientes:

- World Geodesic System (WGS)
- National Geodetic Survey (NSRS)
- European Petroleum Survey Group (EPSG)

Un SRS está determinado por:

- Un datum (Que a su vez está determinado por un elipsoide)
- Una proyección cartográfica.
- Parámetros adicionales como la ubicación del eje Y (meridiano central) o del eje X (paralelo central).
- Cada SRS tiene también asociado una unidad de medida (metros, grados, etc.)

El WGS84, permite localizar cualquier punto en la tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades, este hace sus cálculos tomando la tierra como un elipsoide.

El conjunto de códigos EPSG (European Petroleum Survey Group) hacen referencia a una gran cantidad de sistemas SRS y se usan como un estándar para configurar bases de datos geográficas y SIG. Algunos códigos EPSG de uso común son:

- 4326. Del SRS WGS84 (coordenadas geográficas, latitud y longitud). Es usado por el sistema GPS.
- 3857. Del SRS WGS84/Pseudo Mercator, usado por los principales servicios de mapas en Internet (Google Maps, OpenStreetMap, Bing Maps y otros). Puede encontrarse con el código alterno 900913 (CeReGeo, s.f.).

El EPSG: 4326 toma la tierra como un elipsoide mientras que el EPSG: 900913 la toma como una esfera, esto afecta en los cálculos donde el mapa se toma como un plano.

Algunos servidores de aplicaciones de mapas en la web:

- Google Earth: sistema de coordenadas geográficas con el datum WGS84. (EPSG: 4326)
- Google Maps: sistema de coordenadas proyectadas que se basa en el datum WGS84. (EPSG 3857)

- Open Street Map: Los datos en la base de datos de se almacenan en una GCS (Geographic Coordinate System) con grados y datum WGS84 de unidades decimales. (EPSG: 4326)

5.7. Servidores para el intercambio de datos geoespaciales.

Los servidores de mapas permiten la interacción con la información espacial almacenada en servidores de datos espaciales accesibles vía web. El usuario accede a la información de manera que puede visualizarla, consultarla y, en función de las características de los servidores y de los servicios prestados, descargarla o realizar análisis espaciales a través de clientes tanto ligeros, como aplicaciones web que permiten la consulta de estos servidores de mapas desde el navegador o pesados, como aplicaciones SIG de escritorio con módulos que permiten la conexión a servidores de mapas (Junta de Andalucia, s.f.).

En las IDE, estos servidores de mapas deben ser interoperables por medio de especificaciones estandarizadas; dichos estándares o especificaciones son desarrollados por organizaciones internacionales cuyo fin es la estandarización ya sea ISO u OGC, que son las encargadas del desarrollo de dichas estándares (Instituto de Estadistica y Cartografia de Andalucía, n.d.).

Algunos servidores Open Source:

- GeoServer

GeoServer es un servidor de código abierto desarrollado en Java, lo que le hace ser multiplataforma, que permite a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales. Diseñado para la interoperabilidad, publica datos de cualquier fuente de datos espaciales con estándares abiertos.

GeoServer lee una variedad de formatos de datos, incluyendo PostGIS, Oracle Spatial, ArcSDE, DB2, MySQL, Shapefiles, GeoTIFF, GTOPO30, ECW, MrSID y JPEG2000. A través de protocolos estándares es capaz de generar KML, GML, Shapefile, GeoRSS, PDF, GeoJSON, JPEG, GIF, SVG, PNG y otros. Además, se puede editar datos a través de WFS transaccionales (WFS-T). GeoServer incluye

un cliente integrado OpenLayers capaz de visualizar datos para obtener una vista previa.

Permite la publicación eficiente de datos geoespaciales de Google Earth a través de la utilización de enlaces de red, utilizando KML.

GeoServer es la implementación de referencia del Open Geospatial Consortium (OGC) para las normas Web Feature Service (WFS) y Web Coverage Service (WCS), además está certificado como servidor de alto rendimiento para Web Map Service (WMS). GeoServer es un componente básico de la Web Geoespacial.

- MapServer

MapServer es una plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones de cartografía interactiva para la web, funciona en todas las principales plataformas (Windows, Linux, Mac OS X).

Admite múltiples formatos de datos vectoriales (ESRI shapfiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL y otros a través de OGR) y Raster (TIFF/GeoTIFF, EPPL7, y otros a través de GDAL). Soporta más de 1000 proyecciones diferentes al vuelo a través de la librería Proj.4.

Mapserver cumple con las siguientes especificaciones de OGC: WMS (cliente/servidor), WFS no transaccional (cliente/servidor), WMC, WCS, Filter Encoding, SLD, GML y SOS.

- 52North

52North es una comunidad de socios, con el objetivo de fomentar la innovación en el campo de la geoinformática, mediante la organización de procesos de desarrollo de software libre. Todas las contribuciones de software son de licencia de código abierto y libre.

52North ha desarrollado diversos softwares aplicados aplicando estándares OGC, entre los softwares de interés se encuentra servicios de datos de sensores web (SOS, *Sensor Observation Services*), servicios de reprocesamiento (WPS, *Web Processing Service*), entre otros.

Tabla 1. Comparación de Servidores

Nombre	WMS	WFS	WFS-T	WCS	WMTS	TMS	WPS	SOS	CSW
MapServer	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
deegree	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
GeoServer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
GeoNetwork									✓
52North SOS								✓	
MapGuide OpenSource	✓	✓							
PyWPS							✓		
GeoWebCache	✓				✓	✓			
TileCache					✓	✓			
52North WPS							✓		
MapProxy	✓				✓	✓			
PyCSW									✓
QGIS Server	✓	✓							
TileStache						✓			
Zoo Project							✓		
EOxServer	✓			✓					
TileStream						✓			

Fuente: http://panorama-sig-libre.readthedocs.io/es/latest/servidores/

GeoServer es el servidor de mapas más completo, a como se observa en la Imagen 4, implementa todos los servicios OGC excepto SOS, en estudios se ha demostrado que GeoServer ha obtenido los mejores resultados de rendimiento en todas las pruebas del servicio WMS, maneja mejor que otros servidores los grandes volúmenes de datos además organiza por capas los elementos a definir para una mejor localización de los resultados (Néstor, 2015), sus extensiones al estándar SLD, el soporte de estilos CSS, y su amigable interfaz lo convierten en un servidor de mapas ampliamente utilizado en todo tipo de contextos (Díaz , Arias de Reyna, & Sanz , s.f.).

Para el servicio SOS, que también será trabajado en esta tesis, se escogió 52North, ya que su objetivo era cubrir la necesidad en GeoServer de un servidor de teselas que permita pre generar y acelerar la cartografía servida por este producto. Al igual que GeoServer, destaca por su cómoda interfaz de usuario, capacidad para limitar en disco las caches, generación y borrado de las mismas, etc.

5.8. Clientes de Mapeo

Clientes de mapeo Web son piezas de software (aplicaciones, los espectadores, las bibliotecas y los marcos, entre otros) que, o bien proporcionar o extienden un componente de mapeo basado en web para ver e interactuar con los mapas de fuentes remotas de Internet.

La OGC promueve el uso de estándares para servicios de mapas web, que han ayudado a establecer un marco común para el acceso, visualización y descarga de datos espaciales en Internet (Web Map Service, Web Feature Service, servicio de cobertura de la web). (Carrillo, 2012)

5.9. Proceso de desarrollo de software

Para el desarrollo de la plataforma geoinformática la cual contempla las etapas de digitación, validación, integración y difusión de datos hidrometeorológicos, se tendrá en cuenta patrones, buenas prácticas y estándares de ingeniería de software, con los cuales facilitará un proceso de desarrollo ágil y a su vez escalable.

Con el diseño guiado por el dominio[9] (*Domain-Driven Design*, DDD) (Evans, 2004) se tendrá un enfoque para el desarrollo de software con necesidades complejas mediante una profunda conexión entre la implementación y conceptos del modelo y núcleo del negocio.

[9] El dominio define un conjunto de requisitos comunes, la terminología y la funcionalidad de cualquier software construido para resolver un problema.

Las premisas del DDD son las siguientes:

- Poner el foco primario del proyecto en el núcleo y la lógica del dominio.
- Basar los diseños complejos en un modelo.
- Iniciar una creativa colaboración entre técnicos y expertos del dominio para interactuar lo más cercano posible a los conceptos fundamentales del problema.

El DDD no es una tecnología ni una metodología, este provee una estructura de prácticas y terminologías para tomar decisiones de diseño que enfoquen y aceleren el manejo de dominios complejos en los proyectos de software.

Además de usar el DDD, es también necesario tener en cuenta patrones de desarrollo (Martin C. Robert, 2006). Los patrones de diseño son el esqueleto de las soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software.

En otras palabras, brindan una solución ya probada y documentada a problemas de desarrollo de software que están sujetos a contextos similares. Teniendo presente los siguientes elementos de un patrón: su nombre, el problema (cuando aplicar un patrón), la solución (descripción abstracta del problema) y las consecuencias (costos y beneficios).

Existen distintos tipos de patrones de desarrollo, entre los cuales podemos encontrar:

- Patrones Creacionales: Inicialización y configuración de objetos.
- Patrones Estructurales: Separan la interfaz de la implementación. Se ocupan de cómo las clases y objetos se agrupan, para formar estructuras más grandes.
- Patrones de Comportamiento: Más que describir objetos o clases, describen la comunicación entre ellos.

Además, es necesario tener en cuenta la Programación orientada a objetos y para esto se tomarán en cuenta el diseño orientado a objetos “Responsabilidad Simple, Abierto-Cerrado, Sustitución Liskov, Segregación Interfaces e Inversión de

dependencias” (***S**ingle responsibility, **O**pen-closed, **L**iskov substitution, **I**nterface segregation and **D**ependency inversión*, SOLID) (Martin C. Robert, 2006). En ingeniería de software, SOLID es un acrónimo mnemónico introducido por Robert C. Martin a comienzos de la década del 2000 que representa cinco principios básicos de la programación orientada a objetos y el diseño. Cuando estos principios se aplican en conjunto es más probable que un desarrollador cree un sistema que sea fácil de mantener y ampliar con el tiempo. Los principios SOLID son guías que pueden ser aplicadas en el desarrollo de software para eliminar código sucio provocando que el programador tenga que refactorizar el código fuente hasta que sea legible y extensible. Para que este tipo de diseño de código sea utilizado debe tener en cuenta el desarrollo guiado por pruebas (TDD) (Beck, 2003), y forma parte de la estrategia global del desarrollo ágil de software y programación adaptativa.

VI. METODOLOGÍA

En este capítulo, se presentara con detalle cada paso de la metodología, desde la selección del gestor de base de datos para la plataforma la cual diseñara en base a la propuesta de la base de datos SOS del 52Norht, la migración de datos de las estaciones telemétricas a la base de datos de la plataforma seguido de la descripción del proceso de desarrollo de software tanto como para el sistema de recolección de datos hidrometeorológicos para las estaciones convencionales así como para el sistema de presentación de datos hidrometeorológicos de las estaciones telemétricas; una vez obtenido los datos se procederá a presentar la metodología para habilitar la interoperabilidad de los datos mediante la aplicación de estándares OGC y la norma ISO 19100, finalizando con el desarrollo de un módulo de reportes para las estaciones convencionales y la presentación del desarrollo del Cliente IDE personalizado para el consumo de los geoservicios realizados como parte de la habilitación de la interoperabilidad de los datos.

6.1. Base de datos

En esta etapa se usará un esquema de base de datos geoespacial, diseñada para el almacenamiento de datos de provenientes de sensores. De esta manera proporcionara un medio de almacenamiento adecuado, para los datos hidrometeorológicos, provenientes de estaciones telemétricas automáticas así también como de estaciones convencionales principales.

Para esta etapa, se contempla instalación y configuración del sistema gestor de base de datos (SGBD), además, también se instalará y configurará la extensión espacial correspondiente al SGBD.

6.1.1. Creación de esquema relacional de base de datos

Se creará una base de datos Geo-Espacial (GeoBD), la que implementará un esquema de base de datos que usa el servidor “52 North SOS 2.0”, este esquema, está diseñado para almacenar datos de sensores georreferenciados y dado que es usado por el servidor web de observaciones, el esquema sentará las bases para la interoperabilidad de datos. Un pre-requisito de esta GeoBD, es haber instalado la extensión espacial del SGBD.

6.2. Migración de los datos de las estaciones telemétricas automáticas a una base de datos geoespacial

En esta etapa se migrarán los datos de las estaciones telemétricas automáticas, estos datos se encuentran en una base de datos (BD) diseñada por SUTRON (c), esta BD será el origen de los datos, en ella se almacenan registros de estación es telemétricas desde el año 2002. Se utilizará la documentación que brinda SUTRON(c), para conocer la estructura de la base de datos, identificando tablas y datos necesarios para realizar la migración.

Una vez que se concluya el estudio de la BD de SUTRON, se realizará ingeniería inversa a la BD desarrollada por la comunidad 52N SOS que será la BD destino, al elaborar documentación de la BD 52N SOS, se podrá establecer correspondencia de los datos origen con los datos destino.

6.2.1. Identificar las tablas de almacenamiento de datos, en la base de datos XCdata.

En la etapa inicial de la migración de datos, se utilizará la documentación existente del esquema de base de datos XCdata, con el objetivo de identificar en que tablas se almacenan los datos, y así definir las consultas para obtener los datos desde el esquema.

6.2.2. Ingeniería inversa al esquema de base de datos 52N SOS 2.0

1. Identificar tablas y sus relaciones.
2. Auto-documentación de la relación de la base de datos del 52N SOS 2.0 con el estándar SOS 2.0.
    a. Comprender como están plasmado los conceptos y estándares que considera SOS 2.0, en el modelo de base de datos.
3. Crear diagrama relacional del esquema.
4. Crear diccionario de datos de las tablas a utilizar.

6.2.3. Establecer correspondencia de datos entre el esquema de base de datos origen, con el esquema de base de datos destino

Una vez se posea diagramas y diccionario de datos, se establecerá una correspondencia entre las tablas y datos del esquema XCdata contra las tablas de datos del esquema 52N SOS 2.0, como resultado se tendrán identificadas las tablas necesarias del esquema origen además de metadatos necesarios para la migración de los datos.

6.2.4. Desarrollar servicio de migración automática

Se desarrollará un servicio de Windows (demonio en nomenclatura UNIX) que trasfiera de manera automática los datos de la base de datos origen hacia la base de datos de sensores. Debido a que los datos de las estaciones telemétricas automáticas se registran en diferido (hasta una hora después de haber ejecutado la observación), el servicio se ejecutara cada minuto, y por cada ejecución comprobara los datos de las últimas horas para ambas bases de datos.

6.3. Metodología de Desarrollo de Software

En el presente trabajo, se desarrollarán dos sub-sistemas, uno para la recolección de los datos hidrometeorológicos de las estaciones convencionales principales y el otro para la presentación de los datos hidrometeorológicos desde distintas perspectivas tales como: tabulares, gráficos y geográficos, así como los reportes especiales FM12 de las estaciones convencionales.

El proceso de ingeniera de software para ambos sub-sistemas es el mismo, ya que la plataforma contemplara un marco de trabajo uniforme para el desarrollo. A continuación, se describirán los pasos que se llevarán a cabo para la implementación de la ingeniería de software.

El análisis y desarrollo del sistema aplicando ingeniería de software se compone de los siguientes pasos los cuales son:

- Levantamiento de requerimientos
- Modelado de requerimientos
- Implementación del sistema
- Pruebas

6.3.1. Levantamiento de requerimientos

El levantamiento de requerimientos, se realizará mediante:

- Entrevistas a las autoridades interesadas en el desarrollo del sistema (Observadores, Control de Calidad, Personal de Aeronáutica) con preguntas específicas para cada tipo de actor involucrado;
- Se utilizará el método de observación del procedimiento de la recolección de las variables de la observación en la estación de Managua y la metodología de trabajo de CC para una mejor compresión del giro del negocio.

6.3.2. Modelado de requerimientos

El análisis de los requerimientos da como resultado la especificación de las características operativas del software, indica la interfaz de éste y otros elementos del sistema, y establece las restricciones que limitan al software.

De la acción de modelar los requerimientos obtenidos el proceso de levantamiento de requerimientos, dará como resultado dos tipos de modelado:

- Modelos basados en el escenario de los requerimientos desde el punto de vista de distintos “actores” del sistema (Casos de Uso).
- Modelos orientados a clases, que representan clases orientadas a objetos (atributos y operaciones) y la manera en la que las clases colaboran para cumplir con los requerimientos del sistema (Diagrama de Clases).

Complementando el modelado de requerimientos con diagramas UML, se realizarán diagramas de secuencia y diagramas de paquetes, ya que un correcto modelado de requerimientos es la parte esencial para el entendimiento, diseño y desarrollo del sistema.

6.3.3. Implementación del sistema de recolección de datos de las estaciones convencionales

En la implementación del sistema de recolección de datos de las estaciones convencionales, se tomó en cuenta en el desarrollo con necesidades complejas mediante una profunda conexión entre la implementación y los conceptos del modelo y núcleo del negocio, en la cual se tomaron en cuenta patrones, buenas prácticas y estándares de ingeniería de software que ayudaran al desarrollo ágil y mantenibilidad del sistema.

El sistema se desarrolló bajo la arquitectura Domain Driven Design (DDD), programación orientada a objetos y el patrón para desarrollo de software SOLID (Single responsibility, Open-closed, Liskov substitution, Interface segregation and Dependency inversión). Siguiendo este patrón de desarrollo con sus cinco principios básicos, brinda al programador altas probabilidades que la mantenibilidad del sistema sea fácil, así como poder expandirlo con el tiempo sin

problemas de código “espagueti”, ya sea duplicándolo, que sea poco legible, entre otros; que son los problemas comunes que cualquier programador tiene al encontrase con un sistema que fue desarrollado sin ninguna guía o buenas practicas.

A continuación, se describen los elementos principales tomados en cuenta en la implantación del sistema:

- Desarrollo de las entidades del dominio
- Desarrollo del repositorio base a utilizar
- Desarrollo de la capa de negocios(Infraestructura)
- Desarrollo de la capa de presentación
- Maquetación responsiva del sistema
- Implementación de ASP.Net Membership para la seguridad
- Prueba de usabilidad del sistema

Desarrollo de las entidades de dominio

Para el desarrollo del sistema de recolección de datos de las estaciones convencionales, siguiendo la metodología DDD, se inició por definir las clases de dominio. Estos objetos son entidades desconectadas y se utilizan para alojar y transferir datos de las entidades entre las diferentes capas. Esta capa ignora totalmente la persistencia de los datos, ya que esas tareas deben ser realizadas desde la capa de infraestructura.

Del diagrama de clases, se pudo obtener las entidades esenciales y necesarias mediante un exhaustivo análisis para el desarrollo de este sistema. Las entidades del dominio son fundamentales y tienen que ser identificadas cuidadosamente, ya que un error en la definición de estas puede traer consigo grandes complicaciones a la hora del desarrollo.

Desarrollo del repositorio base a utilizar

El punto clave de los repositorios es que deben facilitar al desarrollador el mantenerse centrado en la lógica del modelo del dominio, a este concepto se le conoce también como PERSISTENCE IGNORANCE (PI), lo cual significa que el

modelo del dominio ignora completamente cómo se persisten o consultan los datos contra las fuentes de datos de cada caso (Bases de datos u otro tipo de almacén).

Basado en lo anterior, se creó un repositorio base para el desarrollo de este sistema el cual se encargará de realizar las operaciones de inserción, editar, cargar, lista y eliminar de la base datos los datos de las observaciones realizadas en las estaciones.

Como antes fue mencionado, la base de datos utilizada para el almacenamiento de estos datos está basada en el estándar de sensores por lo cual fue necesario adaptar el repositorio de manera que los datos se guardaran de la manera en que es requerida por el estándar, aterrizando el modelo de las estaciones convencionales a la de los sensores de las telemétricas. Esto se logra gracias a que la arquitectura orientada a dominio permite que el dominio ignore la fuente de donde provienen los datos lo que posibilita hacer uso de la base de datos del 52North SOS 2.0 y almacenar los datos mediante las operaciones del repositorio base con el ORM EntityFramework.

Desarrollo de la capa de negocio (Infraestructura)

Esta capa proporciona la capacidad de persistir datos, así como lógicamente acceder a ellos, esta capa de persistencia de datos expone el acceso a datos a las capas superiores que son la de aplicación y la de presentación.

En esta capa se programó el repositorio base, la cual a nivel práctico es clase encargada de realizar las operaciones de persistencia y acceso a datos, haciendo esto se centraliza la funcionalidad de acceso a datos, lo cual hace más directo y sencillo el mantenimiento y configuración de la aplicación.

Por cada entidad principal en el dominio, en la infraestructura hay una clase que hereda el repositorio base para utilizar las operaciones heredadas y realizar dentro de cada una las que son propias de la entidad.

Desarrollo de la capa de presentación

El trabajo de esta capa, es presentar los conceptos del negocio mediante la interfaz de usuario. Se diseñó una interfaz de usuario fácil e intuitivo que facilite a los usuarios solucionar tareas rápidamente y en la mejor manera, siendo este un impacto enorme sobre la productividad de usuario lo que es el caso de este sistema.

Teniendo en cuenta que una interfaz de usuario bien diseñada, y optimizada conlleva a reducir el número de oportunidades de cometer errores por parte de los usuarios, lo que deriva a su vez en una mejora de la productividad y la eficiencia, que es en lo que pretende auxiliar a los usuarios mediante el desarrollo del sistema.

La productividad y la eficiencia son variables que se pueden medir, lo cual comprobaría que el sistema cumple el objetivo deseado además de ayudar en el procesamiento y utilización de la información recolectada en las observaciones de las estaciones convencionales realizadas durante el día mediante esta herramienta (de la Torre Llorente, Zorrilla Castro, Calvarro Nelson, & Ramos Borroso, 2010).

El patrón de arquitectura utilizado para el desarrollo de la capa de presentación fue MVC (Model, View, Controller), es uno de los patrones más influyentes en la historia de la programación y hoy en día es aun utilizado y brindado como plantilla en Visual Studio para el desarrollo web, el objetivo que brinda este patrón es separar el código encargado de la presentación con el encargado de la ejecución de la lógica de negocio lo cual brinda orden y facilidad al momento de realizar un cambio lo cual brinda Mantenibilidad a la aplicación.

En la actualidad la plantilla de MVC5 en Visual Studio trae consigo integrado boostrap, lo cual es una herramienta open source para el diseño de sitios y aplicaciones web, esto fue de gran ayuda en la maquetación responsiva al sistema que era uno de los requerimientos funcionales.

6.3.4 Pruebas

Como último paso del ciclo de desarrollo de software, se aplicarán pruebas para comprobar la correcta funcionabilidad del sistema; probar es el proceso de ejecución del software con la intención de encontrar (y a final de cuentas corregir) errores (Pressman, 2010).

Por lo tanto, se realizarán las siguientes pruebas:

- Prueba de Navegación
- Prueba de Usabilidad
- Prueba de Interfaz

6.4. Sistema de Recolección de Datos Hidrometeorológicos de Estaciones Convencionales

INETER es un ente de gobierno descentralizado encargado de la investigación meteorológica, geológica, cartográfica, catastral, hidrológica, y la agencia encargada de la evaluación de recursos físicos de Nicaragua.

La dirección general de meteorología (DGMET) es la encargada de operar la red nacional de estaciones meteorológicas, esto con el objetivo de prever los desastres producidos por fenómenos de origen meteorológico.

La DGMET cuenta con las direcciones de sinóptica y aeronáutica las cuales tienen como principal objetivo brindar a la población información acerca del estado del clima en el país, esto gracias al monitoreo de las estaciones convencionales y automáticas existentes a nivel nacional. Para obtener la información de las dieciséis estaciones convencionales del país, se pasa por un proceso la cual involucra a las áreas: observatorio, control de calidad, sinóptica, aeronáutica.

El proceso de cada una de las aéreas será descrito a continuación:

Observador: es la persona encargada de recolectar los datos de los instrumentos analógicos de las estaciones meteorológicas, llena la hoja de campo la cual contiene todas las variables de la observación, sin embargo, esta se llena acorde al periodo. Los periodos establecidos son: Metar, Sinóptico Tri-horario, Sinóptico

principal y Especial; los cuales tienen sus propias variables como se describe a continuación:

- Metar[10]: Nubosidad, visibilidad, termometría y humedad, pluviometría, viento, barógrafo y barómetro.
- Sinóptico principal: Nubosidad, visibilidad, termometría y humedad, pluviometría, termometría del subsuelo, evaporación, viento, barógrafo, barómetro.
- Sinóptico Tri-horario: nubosidad, visibilidad, termometría y humedad, termometría del subsuelo viento, barómetro y barógrafo.
- Especial: Nubosidad, visibilidad, fenómeno y viento.

Estos periodos se realizan en diferentes horas:

Tabla 2. Periodos por Hora de las Observaciones

Hora	Periodo	Hora	Periodo
12am	Sinóp-Principal	12pm	Sinóp-Principal
1am	Metar	1pm	Metar
2am	Metar	2pm	Metar
3am	Sinóp Tri-horario	3pm	Sinóp Tri-horario
4am	Metar	4pm	Metar
5am	Metar	5pm	Metar
6am	Sinóp-Principal	6pm	Sinóp-Principal
7am	Metar	7pm	Metar
8am	Metar	8pm	Metar
9am	Sinóp Tri-horario	9pm	Sinóp Tri-horario
10am	Metar	10pm	Metar
11am	Metar	11pm	Metar

Fuente: Elaboración propia

[10] Informe rutinario de las observaciones de aeródromo que se realiza durante las 24 horas del día a intervalos fijos de tiempo. (Take Off Briefing, 2012)

Lo especiales se realizan cada vez que suceda un fenómeno en el día, entendiendo fenómeno como lluvias, chubascos, tormentas de polvo, entre otras.

Una vez que los observadores llenan la hoja de campo en el periodo correspondiente, estos tienen un tiempo de diez minutos para enviar la información recolectada a control de calidad quien procesa la información recibida y la envía a la Dirección General de Meteorología(DGMET) del INETER. También la información enviada por los observadores es recibida por aeronáutica, la cual es de suma importancia ya que esta es utilizada para el despegue de los aviones del aeropuerto Augusto C. Sandino de Managua.

El tiempo que le lleva al observador llenar la hoja de campo, llamar a control de calidad y llamar a aeronáutica en ocasiones da como resultado no cumplir con el tiempo establecido por la dirección de meteorología.

Así mismo el observador, luego de pasar el dato a las áreas correspondientes, tiene que pasar la información recolectada en la hoja de observación en un documento de Word compartido con control de calidad, aeronáutica y sinóptica, y luego llenar los reportes FM12 [11] que pasaran a la dirección de meteorología a final de mes.

Control de calidad (CC): es el área encargada de recibir los datos de las 16 estaciones convencionales primarias y las demás estaciones secundarias ubicadas en el territorio nacional. La manera de obtener los datos es mediante llamadas que realizan hora a hora desde las distintas estaciones a control de calidad donde dictan el dato al encargado de y el encargado de CC lo registra en el documento Word compartido en red con aeronáutica y sinóptica.

Luego de escribirlo en el documento Word, llenan también un documento Excel como especie de reporte y así mismo un documento físico donde escriben las variables principales de la observación de cada estación hora a hora.

11 Informe de observación de superficie proveniente de una estación terrestre fija, establecido por la OMM.

Sinóptica: Esta área toma de insumo todas las observaciones (codificadas) que son registrados por el observatorio de Managua y el área de control de calidad. Esto con el fin de realizar distintos reportes de pronósticos (horaria mensual, tabla resumen 24 Horas, reporte diario y codificado, entre otros). A la vez ocupan las codificaciones (METAR y SYNOP) de 7 estaciones para enviarlas a un intercambio regional en donde se comparten los datos con distintos países de Centroamérica. Todos ellos miembros de la Organización Mundial de Meteorología mejor conocida como la (OMM).

Aeronáutica: Al igual que sinóptica ocupa la misma información que es compartida en red, y a su vez comparte dicha información con el aeropuerto directamente con la torre de control, esto por medio de un sistema propio, el cual mandan las observaciones (codificaciones METAR) hacia la torre de control y estos últimos se las proporcionan a los pilotos para saber si las condiciones del clima (velocidad del viento, visibilidad, precipitación y presión) son las normales para que ellos aterricen sin problema alguno. Es un área es muy importante que proporciona información vital para el aeropuerto. Es por ello que trabajan las veinticuatro horas del día.

A manera de reducir el tiempo de llenado de la hoja de observación, el margen de error humano en la recolección de los datos de las estaciones convencionales, y así mismo también brindar ayuda para el trabajo de control de calidad en la digitación de los datos de las 15 estaciones restantes en el país, y fundamentalmente almacenar esta información en una base de datos geo-referenciada para estudios avanzados de estos datos; uno de los subsistemas de la plataforma propuesta consta de un sistema web para la recolección de datos de las estaciones convencionales tanto como primarias como secundarias.

El proceso a llevar a cabo para el desarrollo de este sistema, esta descrito en la sección Metodología de Desarrollo de Software.

6.5. Validación automática de los datos de estaciones hidrometeorológicas.

El manejo de este tipo de datos es un tema muy sensible, dado que es necesario asegurar la integridad de estos para poder generar información confiable. Por lo que es ineludible establecer un método automatizado que se encargue de esto para facilitar el trabajo a las personas encargadas de hacer control de calidad y estas puedan encargarse de otras tareas de mayor prioridad.

La norma UNE 500540 establece directrices para la validación de datos meteorológicos, por ello, se desarrollará una metodología de validación automática, para los datos medidos en la red de estaciones hidrometeorológicas de INETER. La norma UNE 500540 define distintos niveles de validación o control, sin embargo, no todos estos niveles son obligatorios.

La norma une define seis niveles de validación, cada nivel establece una prueba que debe de aplicarse a lo(s) dato(s); a su vez estos niveles deben de ser aplicados secuencialmente siguiendo el orden de la norma; cabe mencionar que el nivel seis, puede aplicarse posterior a aplicar el nivel cero y uno de la norma.

A continuación, se enumerarán los niveles que se aplicarán en este trabajo, a su vez la metodología para aplicar cada nivel.

Nivel 0: Validación de la estructura de registro y del instante de medida.

Este Nivel, se comprueba que si existen errores en la trasmisión del dato y de su hora y fecha (instante), por lo tanto, este nivel, es aplicable al proceso de trasmisión, recepción, decodificación y almacenamiento de los datos.

Nivel 1: Validación de datos según límites.

En este nivel, se pueden utilizar dos tipos de pruebas: (a) límites rígidos y (b) límites flexibles, sin embargo, solo los límites físicos son obligatorios y apropiados para discriminar valores errados; los límites flexibles se pueden utilizar para discriminar valores anómalos que requieren de inspección.

a) Límites rígidos: físicos o instrumentales.

Los límites rígidos son utilizados para discriminar las observaciones con valores no reales, al implementar este nivel, se establecerán límites al filtrar los datos, de manera que el valor de cada observación se encuentre entre los límites mínimos y máximos.

b) Limites flexibles

Estos límites deben de basarse, en valores extremos para la variable a la que se aplicaran, lo ideal es considera la zona en la que está ubicada la estación, además de considerar las efemérides meteorológicas para cada mes (AENOR, 2004).

Los valores que no superen la prueba de límites flexibles, deben de ser considerados sospechosos (AENOR, 2004) y no serán considerados para su uso operativo, hasta que la validez de estos datos sea comprobada por una prueba de inspección visual (K. G. Hubbard, 2005).

Para establecer un umbral de valores se pueden utilizar métodos estadísticos (K. G. Hubbard, 2005), con la ventaja que al aplicarlos, se adaptan a las necesidades y características de cada red de estaciones (Estévez Gualda & Gavilán Zafra, 2008). Una manera de establecer un umbral máximo de valores, es considerar la media de valores máximos de cada día del mes de cada año que se tenga registro; posterior a ello calcular la media y desviación estándar de los valores calculados anteriormente, agrupados por mes (K. G. Hubbard, 2005).

Considerando la antes mencionado, se ha creado una metodología para calcular umbrales por región y por mes; la metodología para calcular los umbrales de precipitación, está compuesta por 4 etapas:

1. Establecer ubicaciones geográficas (Sub-regiones) que presenten condiciones climáticas similares.
2. Agrupar los registros de precipitación por la ubicación geográfica en que se encuentre la estación que los observo.

3. Calcular promedio de valores máximos diarios, para los datos de cada sub-región; por ejemplo: promedio de máximos diarios para todos los 01 de enero que se tenga registrado (de manera que sé que al final de este procedimiento, se tenga un promedio de los valores máximos para cada día del año); esto para cada sub-región.
4. Calcular media y desviación estándar de cada mes, para cada sub-región, esto se realizará con los valores obtenidos en la etapa 3.

Según K. G. Hubbard, una vez que se tiene la media y desviación estándar de cada mes, cada valor (V) que se pretenda validar debe de cumplir la condición (Ec. 1), en la que $\mathbf{X}$ es la media de los valores máximos para el mes $\mathbf{i}$ y para la región $\mathbf{j}$; $\mathbf{D}$ es la desviación estándar valores máximos para el mes $\mathbf{i}$ y para la región $\mathbf{j}$; $\mathbf{f}$ es un número que determinara la amplitud del intervalo, por lo tanto determinara la cantidad de datos que pasan la prueba (K. G. Hubbard, 2005), en este estudio se utilizara un $\mathbf{f=3}$, considerado ideal en el estudio realizado por K. G. Hubbard.

$$X_{ij} - fD_{ij} \leq V \leq X_{ij} + fD_{ij} \quad \text{(Ec. 1)}$$

Sin embargo, para implementar esta ecuación (Ec. 1) en la variable precipitación, se está discriminado con umbrales mínimos y máximos, lo que resultaría incorrecto para el fin de esta variable, debido a que esta variable es un acumulado de precipitación, por lo que sus los valores de los registros de precipitación pueden ir desde 0 (prueba de límites físicos) hasta un umbral superior, considerando el planteamiento anterior, la ecuación que se usara validara los registros (Ec. 2) queda de la siguiente manera:

$$V \leq X_{ij} + fD_{ij} \quad \text{(Ec. 2)}$$

6.6. Habilitación de interoperabilidad basada en estándares OGC e ISO 19100.

1. Configurar servidor de mapas WMS (Web Maps Service).
2. Configurar servidor de WFS (Web Feature Service)

3. Habilitar servidor SOS (Sensor Observation Services)

En Nicaragua se cuenta con muchas instituciones que velan por el bienestar ciudadano, entre ellas INETER, SINAPRED, MARENA, otras. Estas instituciones comparten geoinformación de manera que los distintos trabajos que se realizan con estos datos genere el conocimiento necesario para tomar decisiones adecuadas en distintos aspectos como lo es la prevención y atención rápida ante desastres naturales sobre el territorio, con el objetivo de salvaguardar vidas y los bienes de los ciudadanos.

Es de suma importancia que la geoinformación que se comparte sea estandarizada, para facilitar el acceso de la misma por las distintas organizaciones interesadas. La normalización de la información geoespacial tiene como objetivo la compresión, acceso, integración y reutilización de manera eficiente; facilitar la interoperabilidad con herramientas SIG. (Anguix, 2013)

Para cumplir los objetivos antes mencionados es necesario contar con una arquitectura de servicios geoinformaticos que contemple lo siguiente:

- Proveer un entorno de trabajo abstracto que permita el desarrollo coordinado de servicios específicos.
- Disponer de servicios de datos interoperables a través de normalización de interfaces.
- Definir un entorno de trabajo abstracto que pueda ser implementado de múltiples formas.

Basado en lo anterior, el presente trabajo brindara interoperabilidad mediante estándares OGC y normas de la ISO 19100, lo que permitirá que los datos sean consumidos por: instituciones que generen información, herramientas SIG, entre otros.

Para habilitar la interoperabilidad fue necesario seguir los requerimientos descritos por la norma ISO 19119, lo cual es una arquitectura basada en modelo multicapas, la cual está definida como un conjunto de componentes, conexiones

y topologías definidas a través de un punto de vista computacional, que considera la interacción de servicios, esto descrito a través de tres principales interfaces:

- La información, la cual son todos los datos recolectados de las distintas estaciones hidrometeorológicas para su procesamiento.
- El técnico, que trata la forma en como esta información será distribuido, es decir, la infraestructura requerida para soportar la distribución de los datos.
- El tecnológico, que describe la implementación del sistema RM-ODP en términos de la configuración de los servicios e implementación de los mismos.

Para lograr lo anterior se configuraron de tres servicios IDE definidos por la OGC, los cuales son:

- WMS para la localización y visualización de mapas
- WFS para la gestión de información geográfica de manera discreta o vectorial
- SOS para compartir series temporales según el estándar O&M y SensorML.4

Todos los servicios antes enumerados, serán configurados en GeoServer v.2.7.0, este es un servidor de código abierto para compartir información geoespacial. GeoServer contiene todos los geoservicios exceptuando SOS, el cual será implementado con un software de 52North.

Para la configuración e implementación de estos servicios se necesita en primer lugar la instalación de Apache Tomcat y GeoServer.

A continuación, se describe paso a paso la instalación y configuración tanto de Apache Tomcat, GeoServer, así como la configuración de los servicios IDE a implementar.

6.6.1. Instalación de Apache Tomcat y GeoServer

Apache Tomcat es una aplicación de software de código abierto de Java Servlet. Por medio de este software, se ejecutará el archivo .war de GeoServer para la configuración de los servicios IDE.

Para la instalación de este, solo basta con descargar su versión para Windows y ejecutarlo. En este caso de estudio se usará la versión 7 de Apache Tomcat.

Luego de ejecutarlo, se descarga el archivo *.war* de la página oficial de GeoServer, en este caso se utilizará la versión 2.7.0 y desde Apache Tomcat se subirá el archivo *.war* y una vez arriba en el Tomcat se corre el GeoServer.

Una vez que se ha puesto en funcionamiento GeoServer, se procederá a realizar la configuración de los servicios IDE que consultaran la base de datos de las estaciones hidrometeorológicas del INETER.

6.6.2. Configuración WMS

En GeoServer, el servicio WMS se realiza de la siguiente manera:

1. Crear un ***espacio de trabajo*** en GeoServer.
2. Editar el espacio de trabajo donde habilitara los servicios que desea ver en este espacio de trabajo (*WMS*, *WFS*, WCS).
3. Crear un almacén de datos. Donde se configurará el acceso a la base de datos con componente geoespacial. Se selecciona el gestor de base de datos a utilizar, en este caso es ***PostGIS*** que es la componente espacial de PostgreSQL (el gestor de base de datos que se utiliza).
4. Luego ingresar los parámetros requeridos para crear el ***almacén de datos***, tales como: Seleccionar espacio el espacio de trabajo, nombre de la base de datos, usuario y contraseña del gestor de base de datos, IP o DNS del servidor.
5. Una vez terminado de configurar el almacén de datos, este redirecciona a la opción de crear ***capa*** donde muestra todas las vistas y/o tablas que se encuentran en el gestor de base de datos.
6. Se selecciona la vista ò tabla que se va a consumir (utilizar), este recurso, debe de contener un campo georreferenciado, además de los datos de interés que se deseen publicar, una vez seleccionada la vista o tabla, se procede a publicar la capa seleccionando la opción ***publicación***.

7. A continuación se edita la capa a publicar, donde se llenan los parámetros de ***srs declarado*** donde se busca el ***EPSG:4326***[12] y en la sección encuadres se calculan con las opciones ***calcular de los datos y calcular desde el encuadre nativo,*** se guarda la capa.
8. Una vez publicada, se va a la opción ***pre visualización*** de capas y se busca la que se publicó. Luego se selecciona la opción ***OpenLayers*** donde se podrá ver la operación *GetMap* del servicio WMS. (Ver en resultados)

Ver pasos en anexo A.9.1

6.6.3. Configuración WFS

Este servicio permite acceder y consultar los atributos de un objeto (*feature*) geográfico, permite no solo visualizar la información, sino que también permite acceder a la información y descargarla también permite manipular (editar, borrar, crear) la información almacenada en la base de datos con WFS-T (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012).

Continuando el ejemplo anterior una vez publicada la consulta o vista que se va a consumir, en la ***pre visualización de capas*** se selecciona la opción ***GML*** donde genera una operación *GetFeature* del servicio WFS, su salida es en formato ***GML***.

6.6.4. Instalación y configuración de 52°North SOS

Se instalará el servidor de observaciones de sensores (SOS) desarrollado por la comunidad 52°North (52north, 2016), el servidor SOS en su versión 4.2.0, para ello se descargará en el archivo de extensión ".war", que será desplegado en el servidor web con soporte JAVA, en este caso se usará Apache Tomcat, previamente instalado. Una vez instalado se procede a configurar.

Se empieza por crear o seleccionar una base de datos, en el gestor que se utilizara (ej. PostgreSQL), a su vez esta base de datos, debe de tener habilitada la componente espacial (ej. PostGIS); una vez creada, se procede a ingresar las configuraciones del gestor de base de datos en la ventana de 52north SOS. Para

[12] European Petroleum Survey Group

finalizar se ingresan metadatos de identificación del servidor, como propietario, locación, descripción, contacto, entre otros. Para finalizar configuración, se establecen las credenciales de administración del servidor 52north SOS.

El software 52ºNorth SOS, cumple con la especificación OGC SOS 2.0 que se especificada en el año 2012; ofrece retro-compatibilidad con las operaciones de consulta de la especificación OGC SOS 1.0 (52north, 2016), el software SOS permite realizar peticiones SOAP, o bien con método POS en formato JSON, peticiones POX en formato XML y una implementación parcial de peticiones con métodos GET bajo el estándar OGC KVP (Codificación para peticiones GET) (Documentacion, n.d.).

6.7. Análisis y desarrollo del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos.

En INETER, la DGMET cuenta con un conjunto de estaciones telemétricas automáticas, las cuales cuentan con un conjunto de sensores entre ellos el de lluvia. Estas estaciones están extendidas sobre todo el territorio nacional y envían los datos recolectados según el tiempo que tengan configurados en cada estación (10 min, 15 min, 30 min) al satélite GOES12 el cual se encarga de enviar a una estación terrena en el INETER el paquete completo con la información recolectada por los sensores de las estaciones automáticas telemétricas.

Estos paquetes son decodificados y almacenados en una base de datos PostgreSQL por un sistema comercial llamado XCONNECT desarrollado por la compañía SUTRON.

Una vez los datos fueron almacenados y validados a través de los pasos anteriores descritos en la metodología es necesaria la presentación de estos datos en distintas perspectivas (Reportes tabulares, gráficos, mapas georreferenciados) por lo cual es necesaria la creación de una aplicación que cumpla con ciertos requerimientos para la generación de esta información, Además, esta herramienta deberá ser capaz de brindar distintos niveles de seguridad a los usuarios según

privilegios de acceso a la información y así sirva como una herramienta en la toma de decisiones agilizando el proceso de trabajo de los usuarios.

El proceso a llevar a cabo para el desarrollo de este sistema, esta descrito en la sección Metodología de Desarrollo de Software.

6.8. Desarrollo del sistema de reportes FM12

Los observadores de la estación de Managua, realizan una serie de reportes solicitados por la dirección de meteorología que trae consigo cierto grado de dificultad y les toma bastante tiempo realizarlos. En total son 12 reportes los que se realizan, algunos diarios, otros mensuales.

Es una necesidad que estos reportes se realicen de manera digital para así ahorrar una gran cantidad de dinero en papelería, así como ayudar a los observadores en la generación de estos reportes ya que una vez ingresada la observación en el sistema, se almacena en una base de datos de la cual se pueden extraer los datos necesarios para la generación de los reportes.

Es importante que los reportes digitales sean los más similar posible a los reportes físicos, ya que así los usuarios finales no tengan dificultad para procesar la información mostrada en ellos.

Los reportes son los siguientes:

1. Reporte código Metar

Los reportes Metar, son los reportes de todas las codificaciones Metars en el día por estación, por hora o por rango de fechas.

2. Reporte diario

Los reportes diarios, son reportes de las variables de temperatura máxima y mínima de del día además de la precipitación acumulada, por rango de fechas y/o estación.

3. Reporte codificado

Este reporte, también conocido como FM12, se realiza una vez al día, muestra el valor las 24 horas de variables tales como: nubosidad, visibilidad, temperatura máxima, temperatura mínima, fenómenos entre otras dando al final de este la suma y promedios de cada una de ellas.

4. Reporte horarias mensual

En este reporte se muestran las mismas variables que en el 'reporte codificada' de una hora especifica registrada en todo el mes.

5. Reporte tabla resumen 24 horas

Muestra el promedio de todas las variables meteorológicas registradas en el día.

6. Reporte medias mensuales horarias

Este reporte muestra el promedio por hora de todo el mes de las variables: temperatura, humedad, presión, duración de fenómenos.

7. Reporte valores mensuales medios y extremos

Promedio total del mes de las variables velocidad, velocidad del viento, temperatura del aire, presión a nivel de la estación.

8. Reporte resumen mensual del viento (dirección y velocidad del viento)

Muestra el promedio de la velocidad y dirección del viento por hora de todo el mes.

9. Reporte tabla resumen mensual evaporación y temperatura

Este reporte muestra el promedio mensual de las 24horas de las variables tanque clase A, piche y la temperatura del suelo.

10. Reporte registro de evaporación

Muestra los valores en el mes de las variables tanque clase A, anemómetro totalizador y piche.

11. Reporte registro de temperatura del suelo

Reporte mensual de una hora específica de la temperatura del subsuelo a 2, 5, 10, 20, 30, 50 y 100cm de profundidad.

12. Reporte tabla climática de resumen mensual

Muestra el promedio del día de variables como termómetro húmedo, punto de roció, humedad relativa, precipitación entre otras. Además, muestra las temperaturas mínimas y máximas del día.

Los reportes se realizarán utilizando Visual Studio con el componente XtraReport de DevXpress, el cual ayuda al desarrollo rápido de aplicaciones con controles que ayudan que la usabilidad del sistema sea adecuada para los usuarios.

6.9. Implementación de clientes IDE

En esta etapa se configuran algunos clientes estándares que harán uso de los servicios web estandarizados, que fueron configurados en la etapa de interoperabilidad.

6.9.1. Cliente SOS

Se publicarán series de datos hidrometeorológicos, a través de servicios web bajo el estándar OGC SOS (Sensor Observation Service), se implementará un software desarrollado por la comunidad 52ºNorth, bajo la licencia de código abierto. El origen de los datos será la base de datos en la que se almacenan datos de las estaciones hidrometeorológicas.

El cliente que se implementara será SOS.JS, este es un cliente ligero, de código abierto; SOS.JS proporciona un nivel de abstracción a las capas que se comunican con los servicios, utiliza OpenLayers-SOS para la integración con servicios WMS, y como librería base para la comunicación con el servidor SOS (52north, n.d.).

6.9.2. Clientes IDE (WMS)

Los datos publicados en la sección de interoperabilidad en los servicios WMS y WFS serán consumidos por un visor web, el cual es una aplicación web diseñada con lenguaje HTML5; en complemento con **Heron**[13] un cliente de mapeo en la red que facilita la creación de aplicaciones web de mapas con el kit de herramientas ***GeoExt*** y ***JavaScript***.

Heron permite la construcción de mapas, paneles, barras de herramientas, capas, arboles de capas, y sus características tales como: colores, tamaños entre otras. En conjunto con GeoExt y JavaScript se logra una robusta aplicación para el consumo de servicios geográficos.

La aplicación web se publicará en un servidor Apache Tomcat, donde se adjuntará la aplicación web en la carpeta *webapps* del Tomcat, y con el editor de texto HTML *sublime text* se editará el diseño del visor luego con la librería *OpenLayers de JavaScript (js)* se consumirá el Geoservicio WMS previamente publicado en GeoServer.

Con SLD se realizó el estilo de los puntos en el mapa para diferenciar por colores la cantidad de lluvia acumulada en periodos de tiempo.

SLD, es una extensión del WMS basado en XML. Es un estándar descrito por la OGC para la descripción de estilos aplicables a las capas de una cartografía de manera que puedan elegirse colores, grosores, tamaños, etc. Los datos geoespaciales, no tienen una componente visual por lo tanto para ser visualizados deben tener estilo (Lopez-Vasquez, Fundamentos de las infraestructura de datos espaciales (IDE), 2012); estos atributos que ayudan a visualizar el dato de manera más sencilla para el usuario.

[13] Heron: Librería de Mapeo y gráficos con GeoExt para el consumo de Geoservicios.

VII. RESULTADOS

En este capítulo, se presentarán los resultados de cada uno de los pasos metodología en el orden en el que fueron descritos. Comenzando los resultados de la base de datos y las migraciones, se continua con proceso de desarrollo de software para la recolección de los datos, se continua con la validación de los datos con la norma UNE; ya una vez validados se continúa presentando los resultados de la habilitación de interoperabilidad mediante los geoservicios (WMS, WFS y SOS) así como también los resultados del sistema de presentación de los datos hidrometeorológicos con reportes gráficos, tabulares y geográficos, se finaliza con los resultados del sistema de los reportes FM12 de las estaciones convencionales y la implementación de los clientes IDE.

7.1. Base de datos

En esta etapa se seleccionó, instaló y configuro un gestor de base de datos espacial PostgreSQL/PostGIS, así mismo se creó una base de datos (BD) espacial; el esquema de esta BD, está diseñado para el almacenamiento de datos provenientes de sensores, lo cual permitirá almacenar todos los datos u observaciones provenientes de las estaciones telemétricas automáticas, así como de las estaciones convencionales principales.

7.1.1 Selección del sistema gestor de base de datos

PostGIS/PostgreSQL es considerada la mejor opción, en comparación a otros gestores como Oracle, SQLServer, MySQL. La razón es que posee la mayor cantidad de tipos geométricos y métodos, tiene un almacenamiento eficiente y tiempo de ejecución bajo en comparación con Oracle y SQL Server que también proporción una cantidad considerable de tipos y métodos; sin embargo, SQLServer requiere más espacio de almacenamiento y por parte de Oracle que tiene el peor tiempo de ejecución para las consultas; también está el caso de MySQL que tiene menor cantidad de tipos y métodos geométricos (Malinowski, 2014).

En la Tabla 3 se presenta una tabla comparativa según el estándar ISO/IEC 13249-3:2011 SQL/MM, se puede observar que PostGIS/PostgreSQL proporciona la mayor cantidad de métodos (54 métodos) según el estándar ISO/IEC 13249-3:2011 SQL/MM.

Tabla 3. Tabla Comparativa de métodos implementados en sistemas de gestión de bases de datos espaciales

Categoría	SQL/ML	PostGIS	MySQL	Oracle	SQLServer
Tipo de geometría	18	9	7	13	9
Métodos para recuperar propiedades	50	27	13	13	22
Métodos para crear geometría a partir de otra	13	8	6	6	6
Métodos para crear nueva geometría vacías	4	4	0	4	4
Métodos para las relaciones topológicas	9	9	7	8	8
Métodos para la interoperabilidad	6	6	6	6	6
Total de métodos	82	54	32	37	46
Sistema de referencias espacial	No	Si	No	Si	Si

Fuente: Evaluación de los sistemas de administración de bases de datos con extensiones espaciales por Malinowski, Elzbieta

7.1.2 Instalación y configuración de gestor de base de base de datos

Según la documentación de 52North, para el soporte de SOS en versión 4.0 o mayor, es necesario tener un servidor PostgreSQL 9 o mayor, en conjunto con su extensión espacial PostGIS en su versión 2.0 o superior; por lo tanto, se instaló el gestor PostgreSQL con su extensión espacial PostGIS, en sus versiones: PostgreSQL 9.4 y PostGIS 2.1.7 respectivamente (ver sección de anexos A.1.1 versión de gestor de base de datos, se aprecia la versión de PostGIS instalada y las librerías axilares que implementa).

7.1.3 Creación de esquema de base de datos espacial

Se creó una base de datos y a la misma se le añadió la extensión espacial PostGIS, así dar soporte a los tipos geométricos del esquema de base de datos de 52North SOS. Posterior a ello se ejecutó el script que crea el esquema.

Una vez se ha creado la base de datos, se pueden ver las distintas secciones que componen la base de datos, según el visor de bases de datos, en este caso es PgAdmin; se puede ver que se el esquema tiene las 2 extensiones instaladas,

entre ellas PostGIS, además de que el esquema tiene un total de 34 tablas de datos (ver sección de anexos A.1.2, se muestra la lista de tablas, desde el gestor de base de datos PostgreSQL).

7.2. Migración de datos

En esta etapa se desarrolló un servicio Windows, el que sincroniza periódicamente las bases de datos, este servicio se encarga de distribuir los datos que provienen del esquema XCdata, hacia la base de datos de sensores genéricos, diseñada por 52north (52N SOSBD).

7.1.1 Origen de los datos

En esta etapa se utilizó la documentación que provee SUTROM (c), así como también la inspección visual de los datos, con el objetivo de identificar campos con datos útiles a migrar.

Las tablas del esquema XCdata se pueden clasificar en 2 tipos de tablas: (1) tablas de datos, en las que se almacenan datos de las observaciones efectuadas por las estaciones y (2) tablas catálogos, en las que se almacenan configuraciones y metadatos de las estaciones y sus sensores.

La tabla XC_SITES (ver imagen en sección de anexos A.1.5, captura de pantalla de parte del contenido de la tabla XC_SITES), almacena los identificadores de las estaciones (station_id), así como metadatos de la estación, tales como: hora y fecha de la última trasmisión (last_update), estado (enabled), canal de trasmisión (satélite_id), entre otros campos. El campo “station_id” es la clave primaria de la tabla XC_SITES.

La tabla XC_SITESENSOR (ver imagen en sección de anexos A.1.6, captura de pantalla de parte del contenido de la tabla XC_ SITESENSOR), contiene datos de la estación y sus sensores; como: el identificador de la estación (ste_staion_id), los sensores instalados en la estación (sensorname), el estado (enable), el nombre de la tabla donde se almacenan los datos de la estación (data_table), ecuación de decodificación o conversión, para los datos de satélite (equation),

entre otros. Para las tablas XC_SITES y XC_SITESENSOR, existe una relación, en el que el campo “ste_station_id” de la tabla XC_SITESENSOR, es una clave foránea, hacia el campo “station_id” de la tabla XC_SITES

La tabla XC_DATA contiene todos los datos numéricos de las observaciones que realizan los sensores (ver imagen en sección de anexos A.1.7, muestra de datos de la tabla XC_DATA), en esta tabla se guarda la fecha y hora del dato, así como el sensor y la estación a la que pertenece el dato. Cabe mencionar que a esta tabla no posee una clave primaria y no existe integridad referencial hacia las otras tablas de estaciones y sensores.

Se encontró que no existe integridad referencial entre la tabla de datos y las tablas de sensores y estaciones. En la Imagen 6 se puede apreciar una consulta en la que se hace coincidir todas las estaciones y sensores registrados en la tabla de datos (XC_DATA1) contra las estaciones y sensores en la tabla XC_SITESENSOR, se evidencia que en la tabla XC_DATA1 se han registrado estaciones y sensores, que no están registrados (celdas de la tabla en blanco) en la tabla XC_SITESENSOR.

```
SELECT * FROM
        (SELECT station_id, sensorname FROM xc_data1 GROUP BY station_id, sensorname) as DATOS
         LEFT JOIN (
         SELECT ste_station_id, sensorname FROM xc_sitesensors GROUP BY ste_station_id, sensorname) AS EST_SEN
         ON DATOS.station_id = EST_SEN.ste_station_id AND DATOS.sensorname = EST_SEN.sensorname
         ORDER BY  DATOS.station_id;
```

Output pane

Data Output | Explain | Messages | History

	station_id character varying(20)	sensorname character varying(12)	ste_station_id character varying(20)	sensorname character varying(12)
851	PUERTO SANDINO	NIVEL MAR	PUERTO SANDINO	NIVEL MAR
852	PUERTO SANDINO	PRECIPIT		
853	PUERTO SANDINO	TAGUA	PUERTO SANDINO	TAGUA
854	PUERTO SANDINO	VELVIENTO	PUERTO SANDINO	VELVIENTO
855	QUILALI	BATERIA	QUILALI	BATERIA
856	QUILALI	LLUVIA	QUILALI	LLUVIA
857	QUILALI	NIVEL	QUILALI	NIVEL
858	QUILALI	PRECIPIT	QUILALI	PRECIPIT
859	RAMAII	BATERIA	RAMAII	BATERIA
860	RAMAII	LLUVIA	RAMAII	LLUVIA
861	RAMAII	NIVEL	RAMAII	NIVEL
862	RAMAII	PRECIPIT	RAMAII	PRECIPIT
863	REALPUENTE II	BATERIA	REALPUENTE II	BATERIA
864	REALPUENTE II	LLUVIA	REALPUENTE II	LLUVIA
865	REALPUENTE II	NIVEL	REALPUENTE II	NIVEL
866	REALPUENTE II	PRECIPIT	REALPUENTE II	PRECIPIT
867	RIO MATAGALPA	BATERIA		
868	RIO MATAGALPA	NIVEL		
869	RIO MATAGALPA	PRECIPIT		
870	RIO MENA	AIRTEMP	RIO MENA	AIRTEMP
871	RIO MENA	BATERIA	RIO MENA	BATERIA
872	RIO MENA	DIRVIENTO	RIO MENA	DIRVIENTO

Imagen 6 Carencia de Integridad referencial
Fuente: Elaboración Propia

Debido que se carece de integridad referencial de la tabla de datos contra las tablas de sensores y estaciones, la tabla utilizada para extraer datos de la migración será XC_DATA1, de la que se puede obtener: (1) el nombre de la estación, (2) el nombre del sensor, (3) hora y fecha u momento en que el sensor realizo la observación, (4) valor o resultado de la observación efectuada por el sensor; de estos 4 datos se puede conocer, una ubicación de referencia, el objeto físico o medio para utilizado para obtener resultado del sensor, el momento y el valor medido por el medio físico, respectivamente.

7.1.2 El esquema de base de datos

En el esquema de base de datos desarrollado por 52north para el servidor SOS 2.0, se identificaron un total de 34 tablas, sin embargo algunas de estas tablas son usadas para conservar la compatibilidad con el servidor SOS 1.0, por lo tanto no son relevantes, se identificaron 15 tablas necesarias para almacenar datos y

metadatos asociados a sensores (ver sección de anexos Diagrama de base de datos 52N SOS).

Las tablas se pueden clasificar en tres grupos: (a) tablas para almacenar metadatos del estándar, (b) tablas para almacenar metadatos de observaciones, (c) tablas para almacenar datos las observaciones, a continuación, se detallan las tablas de estos grupos.

a) Tablas para almacenar metadatos del estándar

   FeatureOfIntesresType: Se utiliza para especificar el tipo geometría de muestreo, se necesita para clasificar la geometría del FeatureOfIntesres, es decir, que este metadato describe el tipo de geometría de con la que describe ser modelado el FeatureOfIntesres.

   ProcedureDescriptionFormat: Se utiliza para especificar el estándar de codificación del procedimiento, para el caso de estudio se utilizará el estándar SensorML 2.0.

   ObservationType: Se utiliza para especificar el tipo de observación, según el estándar O&M, se pueden utilizar observaciones numéricas, de textos, de categoría, booleanas, entre otras.

b) Tablas para almacenar metadatos de observaciones

   FeatureOfIntesres: Es un identificador de la característica de interés descrita como geométrica de muestreo a la cual se asocia la observación [1], el FeatureOfIntesres es la abstracción de la entidad del mundo real [8]. Para el caso de observaciones hidrometeorológicas, el FeatureOfIntesres es la identificación de la estación, modelada con un tipo de geometría de punto (según O&M: “SF_SamplingPoint”), este tipo se asocia a con la tabla FeatureOfIntesresType.

   ValidProcedureTime: Se utiliza para especificar el periodo en el que un procedimiento ha registrado datos, la fecha de inicio corresponderá a la fecha del primer dato del sensor y la fecha final, se especifica cuando el procedimiento se ha deshabilitado o dado de baja.

ObservableProperty: Se utiliza para especificar el fenómeno al cual corresponden los datos [7]. En el caso de estudio, de estaciones hidrometeorológicas las propiedades observadas corresponden a las variables hidrometeorológicas o una clasificación de los datos emitidos por el sensor (Procedure).

Unit: Se utiliza para especificar la unidad de medida de los fenómenos observados, para el caso de estudio de estaciones hidrometeorológicas existen múltiples unidades de medida tales como: milímetros (mm), grados centígrados (º C), metros por segundo (m/s), entre otros.

Offering: Se utiliza para especificar la oferta de datos para un sensor, es de utilidad para agrupar de manera lógica las series de datos y sistemas de sensores [8].

ObservationConstellation: Se utiliza para relacionar el sensor (procedure), el fenómeno observado (Observable property), el tipo de observación (ObservationType), y la oferta del sensor, con el objetivo de crear una agrupación de manera lógica.

Series: Se utiliza para para relacionar el featureofinteres, procedure, observableproperte, unit, los que corresponde a los metadatos de la observación. Para el caso de estudio, en estaciones hidrometeorológicas, en donde el featureofinteres corresponde a la identificación de la estación, procedure a los sensores que posee la estación, observableproperte a los fenómenos que registra el sensor, unit a la unidad de medida del fenómeno.

c) Tablas para almacenar datos de las observaciones

Observation: Contiene datos de cada observación, sin embargo, no el valor y símbolo medido, esto se debe a que existen múltiples tipos de observaciones, por lo tanto, cada observación tendrá una relación 1:1 con la tabla que alacena el símbolo o valor medido, la tabla Observation posee una relación 1:N con la serie, de manera que cada observación pertenece a una serie. En esta tabla se especifica la fecha de inicio de la observación,

fecha final, el tiempo que tomo realizar la observación, la fecha de validez inicial, la fecha de validez final, además de otros datos en el caso de que sea requerido, como el identificador, el nombre y descripción de la observación.

NumericValue: Se utiliza para almacenar el valor número de la observación, en el caso que el tipo de observación según los estándares de la OGC es "OM_Measurement" [9], posee una relación de cardinalidad 1:1 con la tabla Observation. En este tipo de valores están la temperatura, radiación solar, velocidad de viento, entre otros.

CountValue: Se utiliza para almacenar un valor numérico que cuenta algún fenómeno. Su tipo de observación según el estándar es "OM_CountObservation" [9], su relación con la tabla Observation es de cardinalidad 1:1. Un ejemplo de ello es una propiedad que contara el acumulado de precipitación para un periodo de tiempo indefinido.

TextValue: Se utiliza para almacenar un valor textual que cuenta algún fenómeno. Su tipo de observación según el estándar es "OM_TextObservation" [9], su relación con la tabla Observation es de cardinalidad 1:1. Un ejemplo de este tipo de observaciones son los códigos Metar utilizados por aeropuertos.

7.1.3 Correspondencia entre origen de datos y esquema destino

En esta sub-etapa, se establecerán los datos necesarios para realizar la migración del esquema de datos origen, hacia el esquema de datos destino. Para dar inicio a esta etapa se identificarán los datos necesarios por el esquema destino, clasificando los tipos de datos en orden requerido por las dependencias (en paréntesis) en base de datos: metadatos del esquema, datos del sensor, datos de la serie y datos de observaciones.

Metadatos de Observaciones y sensores

1. FeatureOfInterestType
2. ObservationType
3. ProcedureDescriptionFormat

Datos del sensor

1. Procedure
2. ValidProcedureTime (Procedure)
3. ObservableProperty
4. Offering
5. ObservationConstellation (Offering,ObservableProperty, Procedure)

Datos de la serie

1. FeatureOfInterest (FeatureOfInterestType)
2. Unit
3. Serie (FeatureOfInterest, Procedure, ObservableProperty,Unit)

Datos de observaciones

1. Observation (Serie)
2. NumericValue (Observation)

Para insertar una estación en la base de datos destino (52N SOSBD), se requiere definir los siguientes elementos: (1) sitio de interés o ubicación de la estación (2) los sensores que conforman la estación, (3) los fenómenos que observa o mide cada sensor instalado en la estación; estos elementos corresponden a las tablas: (1) FeatureOfInterest, (2) Procedure, (3) ObservableProperty de 52N SOSBD.

El “Procedure” que corresponde al sensor físico, tiene una relación 1:1 con la tabla “ValidProcedureTime”, en la que se indica el periodo de funcionamiento del sensor, es decir la fecha inicial y la fecha final. En el caso de que el sensor aun esté en funcionamiento, la fecha final es nula, que significaría que el sensor aún no tiene una fecha final.

Para definir el “Offering”, que es la agrupación lógica de las observaciones, es necesario insertar en las tablas “Offering” y relacionarla con la propiedad observada y el sensor físico mediante la tabla “ObservationConstallation”.

Para insertar las observaciones, es necesario definir la serie y la unidad de media. La serie relaciona sitio de interés o lugar donde se realizó la observación (FeatureOfInterest) en este caso es la estación, el sensor (Procedure) que efectuó

la observación, el fenómeno que observa (ObservableProperty) y la unidad de medida (Unit). En la observación se debe de especificar la serie a la que pertenece la observación, y la fecha de la observación, además la tabla “observation” tiene una relación 1 a 1 con la tabla que almacena el valor de la observación dependiendo su tipo, en este caso por tratarse de un valor numérico, corresponde a la tabla “numvalue”.

7.1.4 Servicio de migración automáticas

Se desarrolló un servicio, sincroniza automáticamente las bases de datos, comprobando cada minuto la cantidad de datos en ambas bases de datos (ver en sección de anexos A.2.1. la imagen de la ventana de servicios de Windows), para las últimas 12 horas de datos, tomando de referencia el tiempo que registre la última observación que ingreso en la base de datos de origen; además comprueba una vez por semana que los datos de los últimos 7 días coincidan.

Considerando que la migración podría ser afectada por un fallo en la red local (LAN), desperfecto en los equipos, entre otros, se considera, sincronizar las últimas 12 horas de datos, a esta media de contingencia, se añade el comprobar los últimos 7 días una vez por semana.

A continuación, en Imagen 7 se muestra una consulta SQL, con el objetivo de conocer la cantidad de datos por estación o FeatureOfInteres, para un periodo especificado; en la imagen se presenta la base de datos origen (izquierda) y la base de datos destino (derecha); en el resultado de ambas consultas aprecia que ambas bases de datos tienen cantidades de datos por estación iguales.

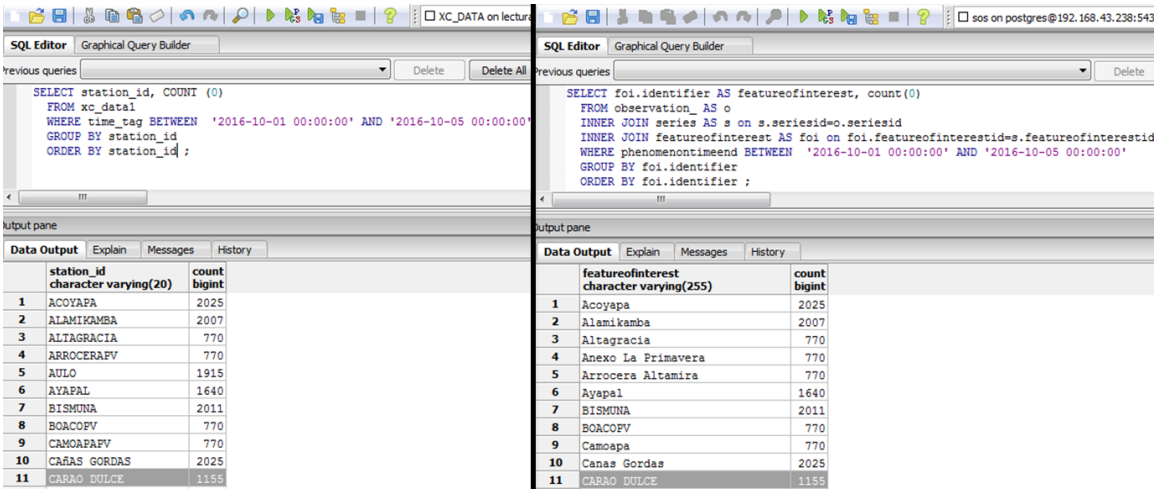


Imagen 7 Consultas compara la cantidad de datos en la bases de datos
Fuente: Elaboración Propia

7.3. Resultados del Sistema para la recolección de datos hidrometeorológicos de las estaciones convencionales.

A continuación, se presenta a detalle el desarrollo del sistema de recolección de datos de las estaciones convencionales, así como sus resultados.

7.3.1. Levantamiento de Requerimientos

Para el desarrollo del sistema, se obtuvieron una serie de requerimientos funcionales y no funcionales que se obtuvieron mediante entrevistas al personal involucrado, así como la observación del proceso de llenado de la hoja de observación hora a hora.

En los requerimientos funcionales resaltaba con importancia que el sistema debe ser visto de manera responsiva en tablets considerando que en el futuro, como proyecto de la institución, se pretende brindar una Tablet a cada estación convencional de manera que el observador al realizar el proceso de observación ingrese los datos directamente en el sistema y esta de manera casi instantánea se almacene a la base de datos.

Una vez almacenada la información de las estaciones convencionales, esta será compartida de manera inmediata con las áreas correspondientes a revisar, enviar y procesar esta información para la generación de conocimiento y pronósticos.

A continuación, se muestran los requisitos funcionales y no funcionales:

Requerimientos Funcionales:

RF1: Maquetación responsiva para visión en tablets.

RF2: Login según rol y estación.

RF3: Crear observación según rol.

RF4: Almacenar todas las variables de la hoja de observación.

RF5: Visor de observaciones para el área de sinóptica y aeronáutica.

RF6: Reportes gráficos de series temporales de precipitación y temperatura.

Plantillas de Requerimientos Funcionales

Tabla 4 Requerimiento - Maquetación responsiva para visión en tablets.

Maquetación responsiva para visión en tablets (RF1)	
Requisito	RF1
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá la visualización adecuada del sistema en dispositivos tablets para el futuro uso de estas en cada uno de las estaciones.
Proceso	Ingresar al sistema con sus credenciales(Usuario y Contraseña)
Entrada	Credenciales(Usuario y Contraseña)
Salida	Página de inicio del sistema

Fuente: elaboración propia

Ver en el anexo A.3.5 el resto de las plantillas requerimientos funcionales.

Requerimientos No Funcionales

RNF1: Fiabilidad

RNF2: Tiempo de Respuesta

RNF3: Seguridad

RNF4: Mantenibilidad

RNF5: Usabilidad

Plantillas de Requerimientos No Funcionales

Tabla 5. Requerimiento - Fiabilidad

Fiabilidad (RNF1)	
Requisito	RNF1
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema deberá tener la capacidad para operar según lo previsto en presencia de fallos hardware o software, así como, recuperar los datos directamente afectados y reestablecer el estado deseado del sistema en caso de interrupción o fallo (iso2500, 2015) .
Proceso	Desarrollo del sistema
Entrada	Desarrollo del sistema.
Salida	Sistema.

Fuente: Elaboración propia

Ver en el anexo A.3.6 el resto de las plantillas requerimientos funcionales

7.3.2. Modelado de los requerimientos.

El éxito de un sistema o producto basado en computadora se mide de muchas maneras, la satisfacción del usuario ocupa el primer lugar de la lista (Pressman, 2010).

Si se entiende cómo desean interactuar los usuarios finales (y otros actores) con el sistema entonces, el modelado de los requerimientos con UML comienza con la creación de escenarios con casos de uso, diagramas de actividades entre otros.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, el segundo paso consta del modelado de requerimientos del sistema de recolección de variables meteorológicas mediante diagramas UML.

A continuación, los diagramas que se utilizaron para el modelado del sistema:

- Casos de uso
- Diagrama de clases
- Diagrama de Secuencia
- Diagrama de Paquetes

Casos de uso

Un caso de uso capta las interacciones que ocurren entre los productores y consumidores de la información y el sistema en sí. En la siguiente imagen se muestra el caso de uso general de la funcionalidad del sistema de recolección de datos meteorológicos. (Pressman, 2010)

En la Imagen 7 se observa el caso de uso general del sistema con los diferentes actores que serán los futuros usuarios que utilizaran el sistema.

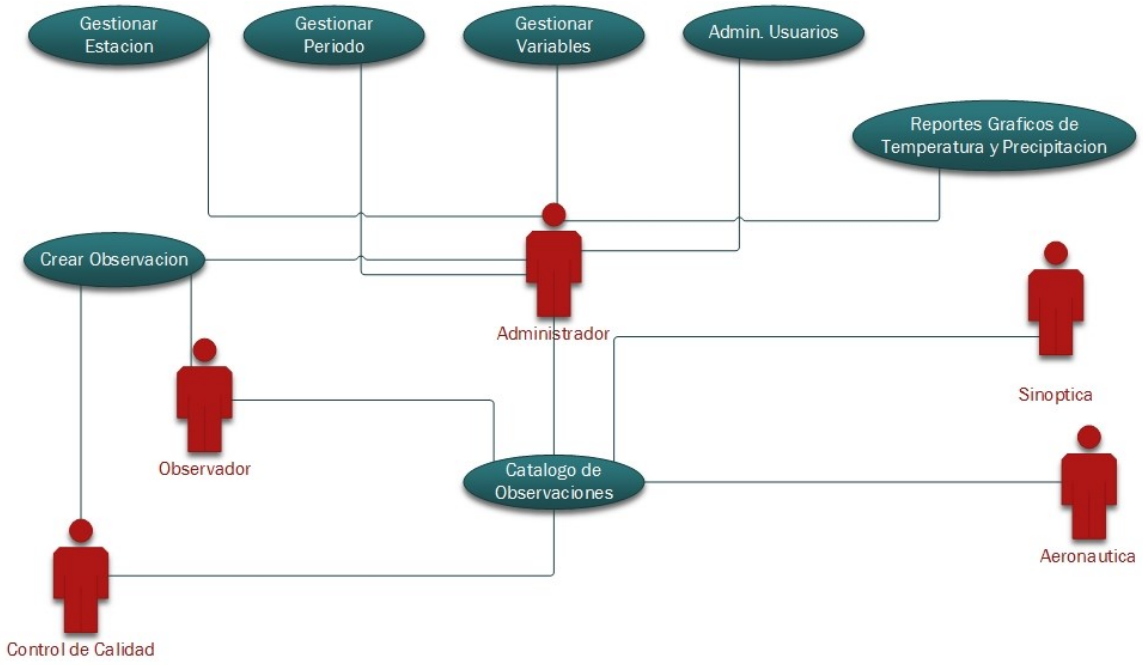


Imagen 8. Caso de uso de la funcionalidad del Sistema
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se enumeran y describen todos los casos de usos de los requerimientos previamente definidos.

1. Crear observación según rol

El sistema permitirá crear la observación según el rol y estación del usuario en sesión. Si el rol es observador, la observación será creada para Managua, si es control de calidad se crean n-1 observaciones, siendo n la cantidad de estaciones convencionales en Nicaragua.

Usuario deberá registrarse para crear la observación, la cual se generará según el rol.

2. Editar observación con las variables correspondientes al periodo y la estación.

El usuario observador podrá editar la observación previamente creada, donde podrá llenar las variables de la hoja de observación según su periodo.

3. Gestión de usuarios

El sistema permitirá crear usuarios y asignar roles al administrador del sistema.

4. Visualizar observaciones

Las áreas sinóptica y aeronáutica podrán visualizar los Metars de las observaciones, mas no podrán editarlas.

5. Ver Diagramas de temperatura y precipitación.

El sistema permitirá ver reportes gráficos de series temporales de temperatura y precipitación al administrador del sistema.

6. Gestión de Catálogos

El Sistema permitirá a los usuarios administradores la gestión completa de los catálogos que conforman la observación los cuales son:

- Periodos
- Clasificación de Nubes

- Tipos de Nube
- Clasificación de Fenómenos
- Tipos de Fenómenos
- Variables
- Estaciones
- Usuarios

Ver casos de uso en anexo A.3.2.

Diagrama de Paquetes

Con el siguiente diagrama se muestran los principales segmentos de funcionalidad del sistema, donde cada paquete representa los grupos que contienen elementos, con el propósito de ayudar a organizar estos elementos para poderlos comprender fácilmente.

Ver diagrama de paquetes en anexo A.3.4.

Diagrama de Secuencia

Los diagramas de secuencia, indican la forma en la que los eventos provocan transiciones de un objeto a otro; muestra los objetos que intervienen en el escenario con líneas discontinuas verticales, y los mensajes pasados entre los objetos como vectores horizontales[14].

En el caso del sistema de recolección de variables meteorológicas, los objetos se obtuvieron del análisis de los casos de uso previamente realizados, por lo tanto, ya que cada uno de estos representa un escenario del sistema, se realizó un diagrama de secuencia a manera de representar el modo en que los eventos causan el flujo de un objeto a otro, así permite tener otra visión de la funcionalidad del sistema.

Ver diagrama de secuencia en anexo A.3.3.

[14] Popkin Software and System. *Modelado de Sistemas con UML*.

Diagrama de clases

El diagrama de clases, representa los objetos que manipulara el sistema. Las clases presentadas en el diagrama se identificaron mediante el análisis de los escenarios de casos de uso desarrollados como parte del modelado de requerimientos. (Pressman, 2010)

Ver diagrama de clases en anexo A.3.1.

7.3.3. Pruebas y Resultados

Pruebas

Probar es el proceso de ejecución del software con la intención de descubrir errores en el contenido, función, utilidad, navegabilidad, rendimiento, capacidad y seguridad de esa aplicación (y a final de cuentas corregir) errores[15].

Basado en lo mencionado en el párrafo anterior, se realizar las pruebas de navegación, usabilidad, accesibilidad, seguridad y rapidez de acceso al SIMET, estas pruebas se realizaron basadas en libro de Ingeniera de Software un Enfoque Práctico y con el auxilio de el sitio web Guía Digital (Digital & Presidencia, n.d.).

Prueba de usabilidad

Tabla 6. Prueba de usabilidad SIMET

Conceptos de usabilidad	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
Identidad Corporativa	**Si**	**No**	
1. ¿La portada del Sitio refleja la identidad y pertenencia de la institución?	X		
2. ¿Existen elementos de la imagen corporativa del Gobierno en la Portada de su Sitio? ¿Se repiten en todas las páginas?	X		
3. ¿El logotipo del Gobierno ha sido incluido en un lugar importante en la Portada y en las páginas interiores del Sitio?	X		
4. ¿Todas las páginas cuentan con un título que indique el nombre de la institución e información de contactos virtuales y físicos al pie de la página?	X		

[15] Roger S. Pressman, Ingeniera de Software un Enfoque Práctico, McGraw-Hill, página 453.

Navegación			**Comentarios u observaciones**
1. ¿El diseño del Sitio es eficiente, rápido e intuitivo?	X		
2. ¿Aparece el menú de navegación en un lugar destacado? ¿Se ve fácilmente?	X		
3. ¿Verificó la consistencia de todos los enlaces?	X		
4. ¿El Sitio cuenta con un mapa o buscador que facilite el acceso directo a los contenidos?		x	
5. ¿El Sitio mantiene una navegación consistente y coherente en todas las pantallas?	X		
Consistencia y cumplimiento de estándares			**Comentarios u observaciones**
1. ¿El HTML del Sitio ha sido validado satisfactoriamente según w3c.org?		x	
2. ¿El Sitio Web diferencia entre enlaces visitados y enlaces por visitar?	X		
3. ¿Comprobó la consistencia de Links usando el verificador de w3c.org?		x	
Estética y diseño			**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa jerarquías visuales para determinar lo importante con una sola mirada?	X		
2. ¿Las imágenes tienen tamaños adecuados que no dificultan el acceso a las páginas?	X		
3. ¿Las imágenes tienen etiqueta ALT en el código HTML para facilitar la navegación?		x	
Atención de errores			**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa JavaScript para validar formularios durante su llenado y antes de enviarlos?	X		
2. ¿Usa elementos destacados para indicar los campos obligatorios dentro de un formulario?	X		
3. ¿Después de que ocurre un error, es fácil volver a la página donde se encontraba antes que se produjese o entrega recomendaciones de los pasos a seguir?	X		
Ayuda ante errores			**Comentarios u observaciones**
1. En caso de errores de consistencia dentro del sitio, ¿se ofrece un mensaje de personalizado mediante una página explicativa?, (Por ejemplo: Error 404 para página inexistente)	X		

2. ¿Entrega información de contacto fuera de Internet? (Por ejemplo: teléfono institucional, fono 600, mesa de ayuda, OIRS)	X		
3. ¿Ofrece área de Preguntas Frecuentes con datos de ayuda a usuarios?	X		
4. ¿Ofrece páginas de ayuda que explican cómo usar el Sitio?		x	
Retroalimentación (Feedback)			**Comentarios u observaciones**
1. ¿Puede el usuario ponerse en contacto con el encargado del Sitio Web para hacer sugerencias o comentarios?	X		
2. ¿Funcionan correctamente los formularios de contacto?, ¿Ha probado cada uno de ellos?	X		
3. ¿Hay alguien encargado de recibir y contestar estos mensajes?	X		

Fuente: Elaboración propia

Ver las demás pruebas en anexo A.3.7.

Resultados

A continuación, se muestras las imágenes del resultado del SIMET basado en los requerimientos obtenidos en la fase de ingeniería de software del desarrollo del sistema:

Uno de los requerimientos funcionales que los usuarios del sistema de recolección de datos hidrometeorológicos de las estaciones convencionales, fue que la observación se creara de acuerdo al rol que el usuario que estaba logueado en ese momento.

En la Imagen 9 se muestra el formulario para crear la observación (como usuario observador), donde se ingresa el código Metar/Sinop y las variables principales requeridas por presidencia (Dirección del Viento, Velocidad del Viento, Temperatura Seca y Precipitación).

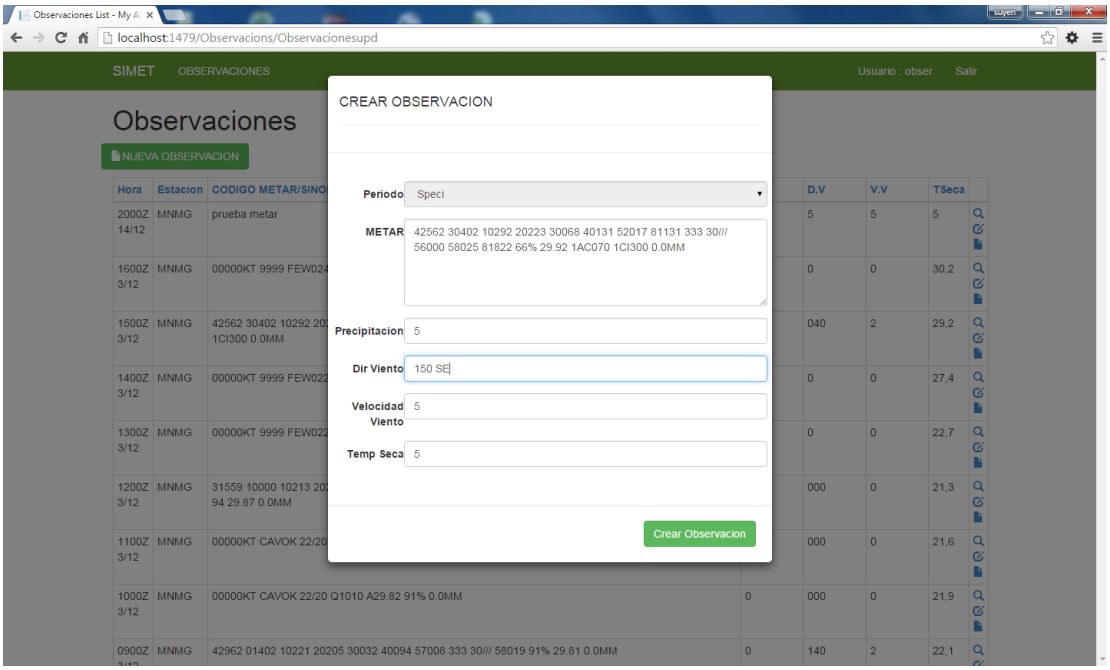
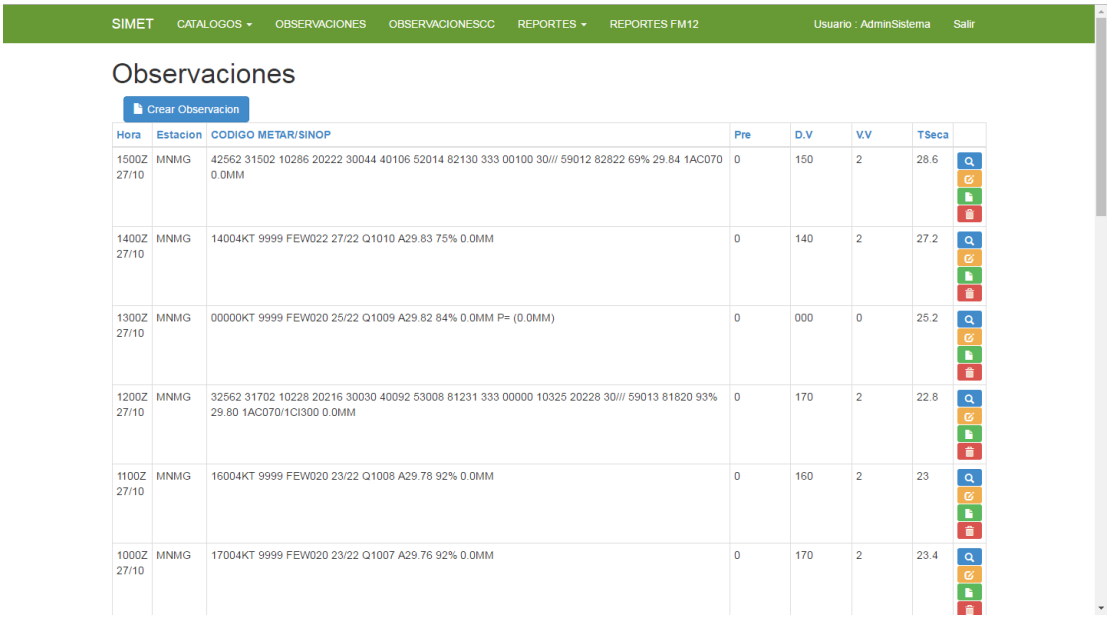


Imagen 9.Crear observación como observador
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 10 se presenta en el catálogo de observaciones en orden ascendente (la primera es la última creada) con todas las opciones posibles a aplicar a la observación, tales como: ver detalle, editar, editar la hoja de observación y eliminar (solo con permiso de administrador).



Hora	Estacion	CODIGO METAR/SINOP	Pre	D.V	V.V	TSeca
1500Z 27/10	MNMG	42562 31502 10286 20222 30044 40106 52014 82130 333 00100 30/// 59012 82822 69% 29.84 1AC070 0.0MM	0	150	2	28.6
1400Z 27/10	MNMG	14004KT 9999 FEW022 27/22 Q1010 A29.83 75% 0.0MM	0	140	2	27.2
1300Z 27/10	MNMG	00000KT 9999 FEW020 25/22 Q1009 A29.82 84% 0.0MM P= (0.0MM)	0	000	0	25.2
1200Z 27/10	MNMG	32562 31702 10228 20216 30030 40092 53008 81231 333 00000 10325 20228 30/// 59013 81820 93% 29.80 1AC070/1CI300 0.0MM	0	170	2	22.8
1100Z 27/10	MNMG	16004KT 9999 FEW020 23/22 Q1008 A29.78 92% 0.0MM	0	160	2	23
1000Z 27/10	MNMG	17004KT 9999 FEW020 23/22 Q1007 A29.76 92% 0.0MM	0	170	2	23.4

Imagen 10. Catálogo de observaciones del observador
Fuente: Elaboración propia

7.4. Resultados de la Validación automática de los datos de estaciones hidrometeorológicas.

En esta etapa se validaron los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas automáticas, se aplicaron pruebas de límites, además de métodos estadísticos establecer límites flexibles (o dinámicos), adaptados a las condiciones climatológicas de la región; los limites flexibles serán usados para identificar los registros de precipitación con valores sospechosos.

Datos

Los datos a validar corresponden a las estaciones meteorológicas automáticas, cuyo intervalo de medición es de 15 minutos, resultando 107 estaciones que trasmitieron un total de 12, 362,528 registros de precipitación; en un periodo de aproximadamente 14 años, que inicia desde el 2004 hasta parte del año 2016.

La mayor parte de estaciones, se encuentra ubicada en la región pacífico y central-norte del país (Véase sección de anexos A.4.1). Las estaciones tienen un intervalo entre medidas de 15 minutos, para la variable de precipitación.

Nivel 0: Estructura del registro de datos

Los registros de las estaciones meteorológicas automáticas, siguen un proceso que garantiza que los datos que se persisten en la base de datos, corresponden a los datos tal como los observo o midió el sensor de la estación. El proceso que sigue cada registro de datos costa de 6 etapas, desde la observación que realiza el sensor, hasta la persistencia en la base de datos; a continuación, se enumera cada etapa y se muestra una imagen que representa el proceso que siguen los datos:

1. Sensor de la estación realiza la observación o medición.
2. Estación trasmite los datos hacia el satélite (GOES 12)
3. El satélite envía los datos hacia la antena receptora ubicada en INETER.
4. El receptor satélite convierte la señal análoga en archivos (crudos) y los almacena en un directorio de archivos.
5. Un software decodificador consume los archivos desde el directorio y almacena temporalmente una copia del archivo ya decodificado.
6. El archivo decodificado, es consumido por un software que ingresa los registros en la base de datos.

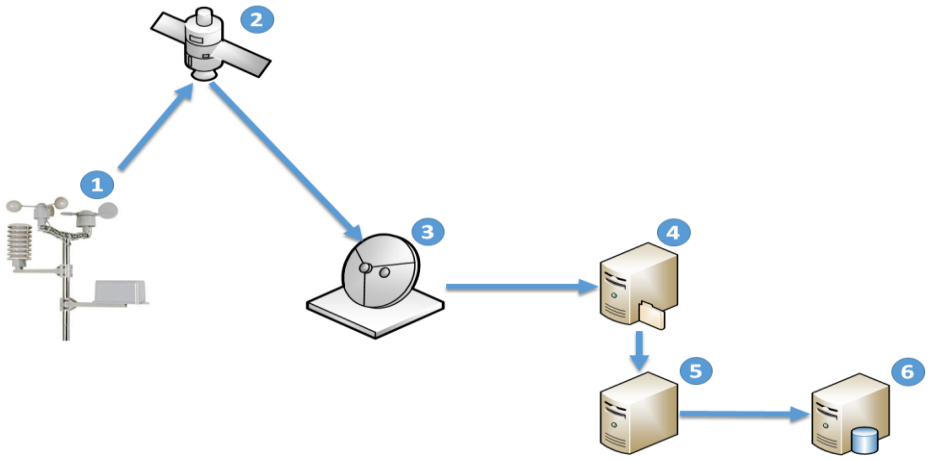


Imagen 11 Proceso de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas
Fuente: Elaboración propia

Algunas de las etapas antes mencionadas funcionan de manera inherente para controlar que no existen errores en la trasmisión del dato, a continuación se mencionan los controles que son aplicados a los datos:

a. Convertir el archivo de la señal análoga a un archivo decodificado (etapa 5 de registro de datos), implica que solo los datos correctos podrán convertirse; por ello los datos que presentaron fallos no pasaran por esta etapa.

b. Al convertir los archivos decodificados a su estructura SQL para su ingreso a la base de datos, se asegura que los todos los datos se encuentren completos (etapa 6 de registro de datos), en el caso de que algún dato falte, el gestor generara código error.

c. Una vez los datos llegan a la base de datos (BD), la misma BD validara que los datos y sus tipos de datos (etapa 6 del registro de datos), coinciden con los definidos en la BD, por ello, algún error en los datos no será persistido en la BD.

Nivel 1: Limites

A) Limites rígidos

Se estableció límite máximo de precipitación, basándose en la máxima precipitación en 15 minutos, registrada por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) a nivel mundial, de manera que cualquier valor de precipitación superior al registro que tiene la NOAA, se considera erróneo.

El máximo valor registrado por la NOAA es de 198mm en 15 minutos, fue registrado en Jamaica (NOAA, 2016); por lo tanto, todos aquellos valores de precipitación superiores a 198 milímetros (mm), no pasaran la prueba de límites rígidos.

Al aplicar los limites rígidos, se encontraron 42,179 registros de precipitación no válidos, correspondientes al 0.034% sobre el total de datos registrado. En la

Imagen 12 se presenta un histograma de los valores registrados superiores a 192mm en 15 minutos, se puede apreciar, que a medida que los valores de precipitación son más altos, la frecuencia de estos valores disminuye.

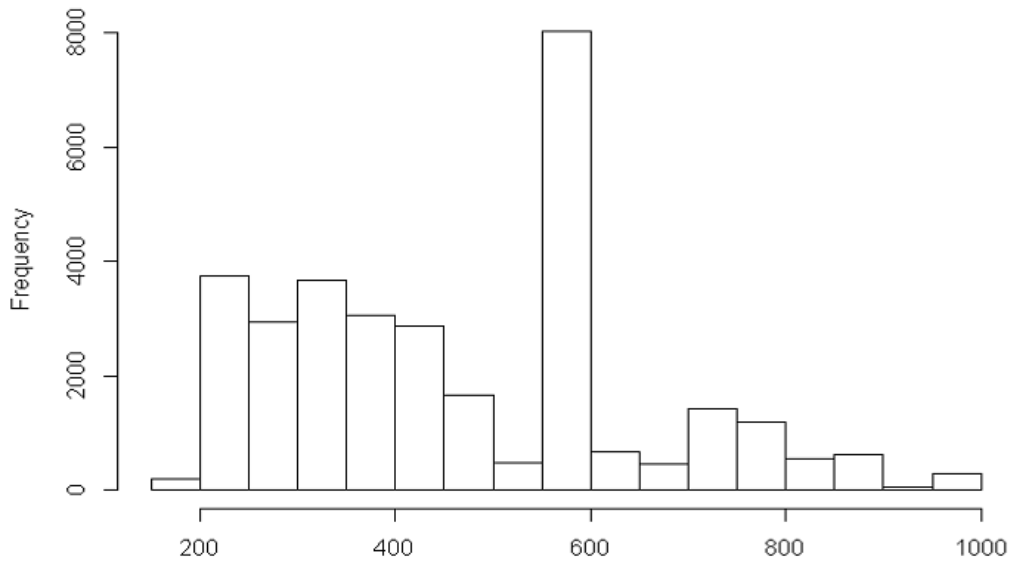


Imagen 12 Histograma de registros no validos en la prueba de limites rigidos
Fuente: Elaboración propia

Considerando que los niveles de la norma UNE 500540 deben de aplicarse en orden secuencial, es decir, solo los datos que superen la prueba de límites rígidos, podrán ser considerados para aplicarle la prueba de límites flexibles. Por lo tanto 12, 320,349 registros de precipitación, superan la prueba de límites rígidos, correspondientes al 99.66% sobre el total registros.

B) Limites flexibles

Según la norma UNE 500540, los limites flexibles, pueden ser considerados valores extremos de una zona determinada, por ello, la dirección general de meteorología (DGMET) del INETER, establece 7 sub-regiones de referencia, cada sub-región presenta su propio comportamiento climático. En la Imagen 13 se pueden apreciar cada sub región coloreada en color marrón, dividida por la traza negra, en esta imagen se puede apreciar que el pacifico de Nicaragua se sub-divide en 3: pacifico norte, pacifico centro, pacifico sur; la

región central se sub-divide en 2: central norte y central sur: mientras que la región caribe, se mantiene la sub-división de las regiones autónomas. Los círculos azules, representan las estaciones meteorológicas automáticas con periodicidad de 15 minutos.

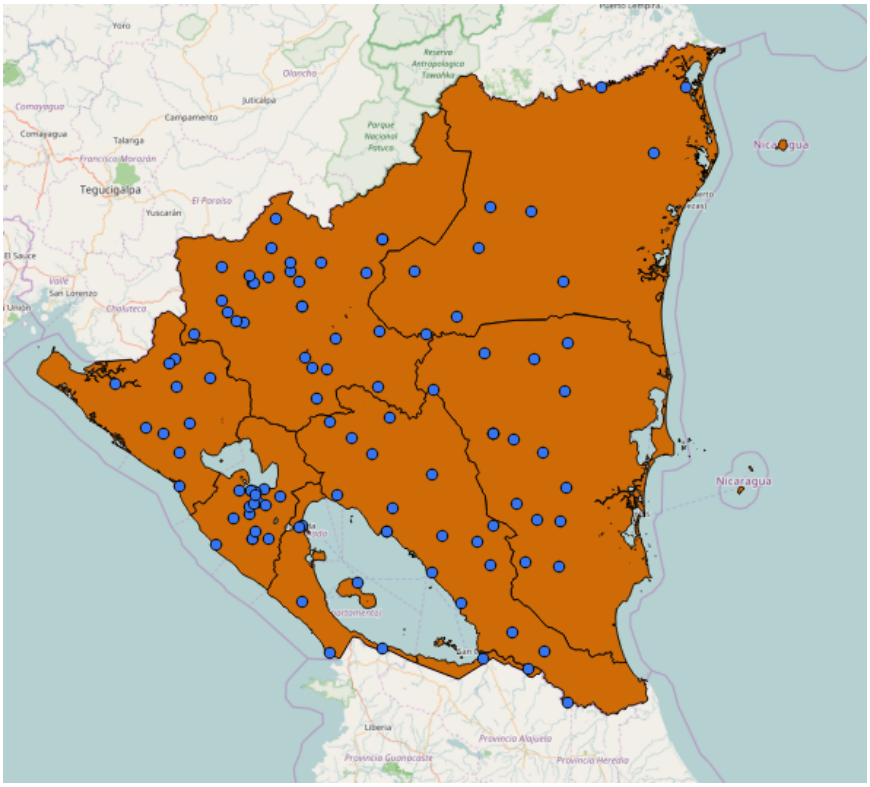


Imagen 13 Sub regiones de referencia
Fuente: Elaboración propia

Una vez fueron establecidas las zonas u regiones donde se encuentra la estación, es necesario considerar un valor máximo extremo, para cada mes y región, este valor será utilizado como un umbral, discriminado valores atípicos.

En la Imagen 14 se muestra una gráfica de líneas, los valores verticales representan el umbral aceptable de precipitación, mientras que los horizontales son los meses (12); cada línea, representa una sub-región, y sus valores de umbrales de precipitación aceptables para esta prueba.

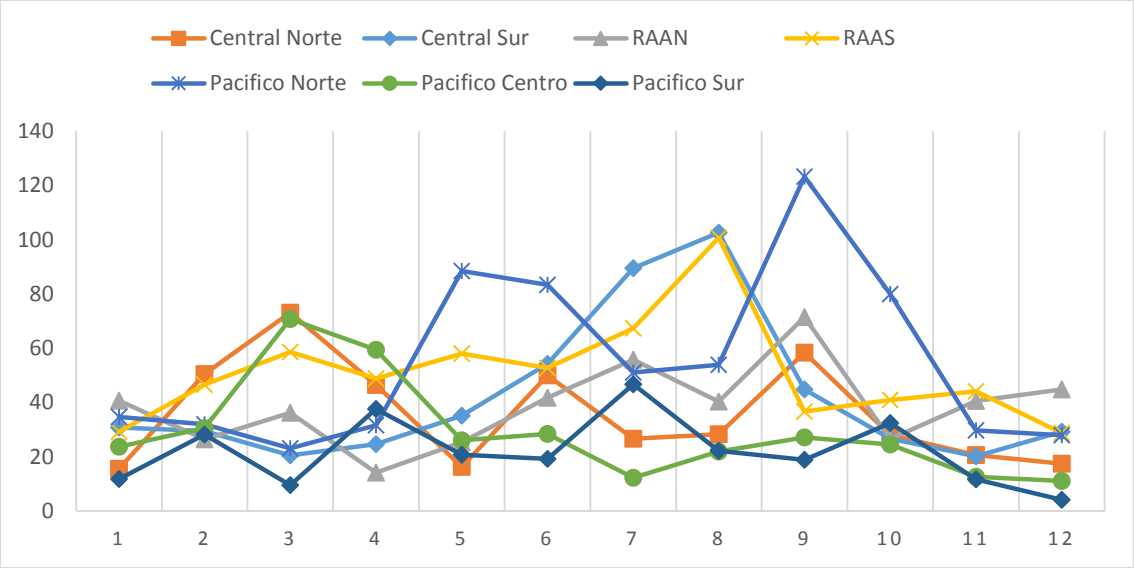


Imagen 14 Límites flexibles basados en estadísticas
Fuente: Elaboración propia

En la prueba de límites flexibles se consideraron 12, 320,349 registros de precipitación; de los que una cantidad de 12, 316,407 se consideran válidos, mientras que 12,365 son considerados anómalos para esta prueba.

En la Imagen 15, se muestra un histograma, de los valores considerados anómalos en la prueba de límites flexibles, se puede apreciar que la mayor parte de los registros son superiores a 100mm en 15 minutos; sin embargo, también se aprecian registros con valores menores a 50mm en 15 minutos, esto se debe a que los límites máximos admitidos, están variando su valor máximo en dependencia al mes y la región.

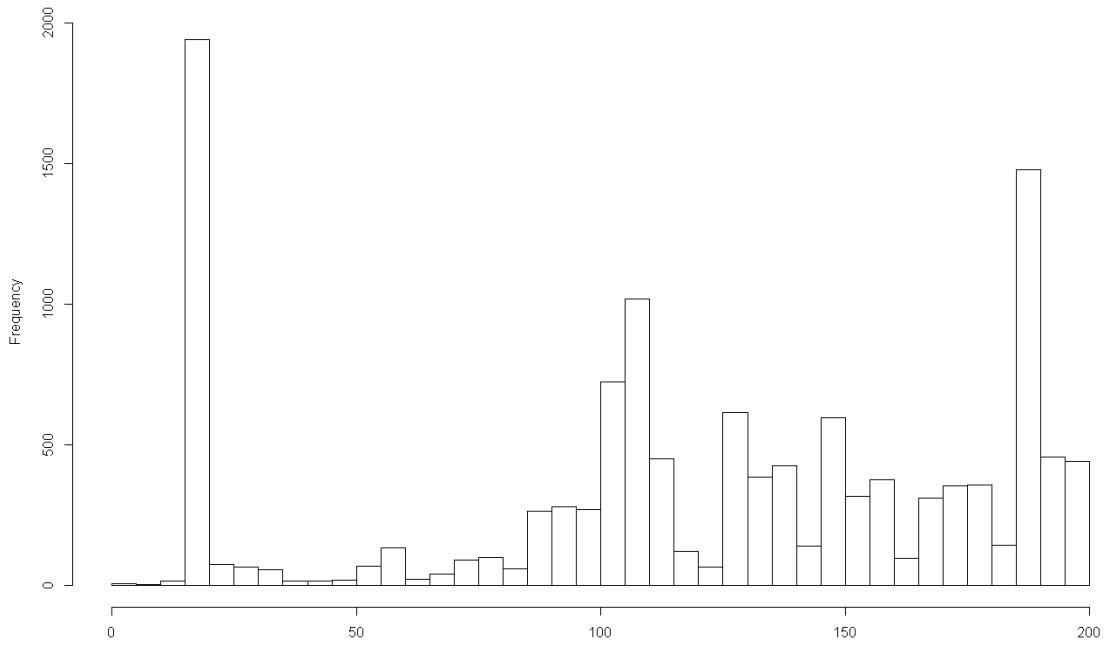


Imagen 15 Histograma de datos no validos en prueba de límites flexibles
Fuente: Elaboración propia

7.5. Resultados de interoperabilidad en estándares OGC e ISO 19100.

En esta etapa se presentan los resultados de habilitar los servicios web estándares, se implementaron dos servicios para el acceso a datos, tanto resultado vectorial (WFS) en formato GML, de series temporales de observaciones (SOS); y un servicio para la visualización de datos en mapas (WMS).

7.5.1. SOS

Al realizar consulta a servidor SOS se deben especificar múltiples parámetros, que son definidos por la estructura de O&M, un ejemplo es al ejecutar la función "GetObservacion" (ver sección de anexos A.5.1), en la que se quiere obtener una observación, para ello en él, se especifica: el sensor (Procedure), la variable (ObservedProperty), un intervalo de tiempo (TemporalFilter), la estación (FeatureOfInterest) y el formato de respuesta que en este caso es http://www.opengis.net/om/2.0 el que corresponde a la especificación O&M 2.0.

La Imagen 16 es la respuesta de una petición “GetObservation”, la observación (OM_Observation) esta descrita en formato O&M 2.0, en esta observación se aprecia el identificador de dicha observación (identifier), este contiene los datos codificados de la serie temporal, bajo la restricción de que solo puede existir un elemento por variable de la estación para un momento determinado; posterior se especifica el tipo observación (type), para este caso es OM_Mesurement correspondiente a un número con unidad de medida, posterior se muestra el instante en que fue realizada la observación (phenomenonTime) este es descrito en formato estándar GML, después se muestra el sensor que realizo la observación (procedure) seguido de la variable (observedProperty), continua con el identificador de la estación (feaatureOfInterest), al final se muestra el resultado de la observación(result) corresponde un valor numérico (1.5) y su unidad de medida (m/s).

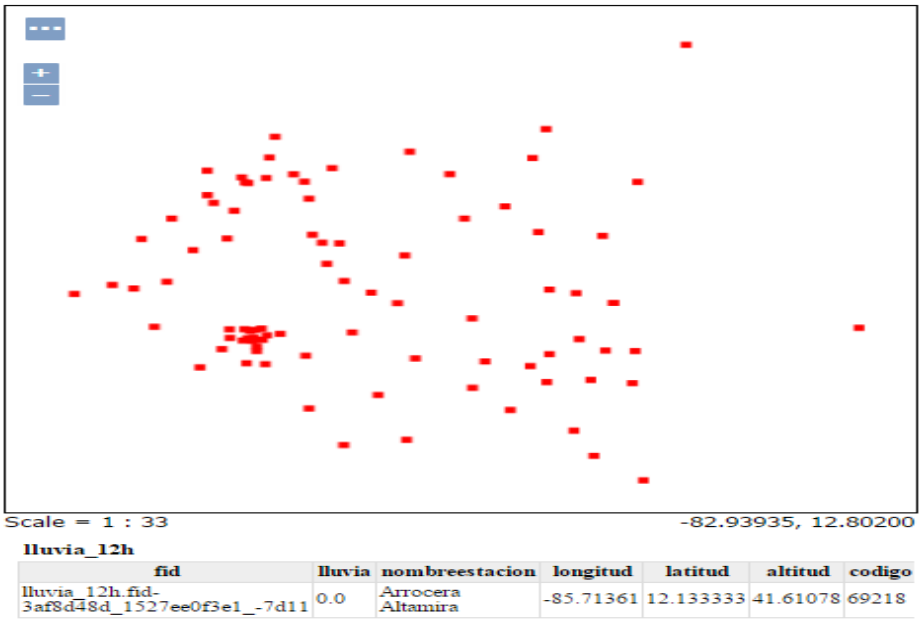

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<soap:Envelope xmlns:soap="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:so
s="http://www.opengis.net/sos/2.0" xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" xmlns:xlin
k="http://www.w3.org/1999/xlink" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/om/2.0 http://schemas.opengis.net/om/2.0/observation.xsd
http://www.opengis.net/gml/3.2 http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml.xsd http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope http://www.w3.or
g/2003/05/soap-envelope http://www.opengis.net/sos/2.0 http://schemas.opengis.net/sos/2.0/sosGetObservation.xsd">
  <soap:Header/>
  <soap:Body>
    <sos:GetObservationResponse>
      <sos:observationData>
        <om:OM_Observation gml:id="o_D2A6AE18E04C7542D2797D9552477AA65AF3C23C">
          <gml:identifier codeSpace="NI">Acoyapa_VientoVelocidad_201512011215</gml:identifier>
          <om:type xlink:href="http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-OM/2.0/OM_Measurement"/>
          <om:phenomenonTime>
            <gml:TimeInstant gml:id="phenomenonTime_188604">
              <gml:timePosition>2015-12-01T12:15:00.000Z</gml:timePosition>
            </gml:TimeInstant>
          </om:phenomenonTime>
          <om:resultTime xlink:href="#phenomenonTime_188604"/>
          <om:procedure xlink:href="RMYoung5600X5200X00088"/>
          <om:observedProperty xlink:href="VientoVelocidad"/>
          <om:featureOfInterest xlink:href="Acoyapa" xlink:title="Acoyapa"/>
          <om:result xmlns:ns="http://www.opengis.net/gml/3.2" uom="m/s" xsi:type="ns:MeasureType">1.5</om:result>
        </om:OM_Observation>
      </sos:observationData>
    </sos:GetObservationResponse>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```


Imagen 16 Respuesta de servidor SOS a la petición de una observación
Fuente: Elaboración propia

7.5.2. WMS

De la consulta de prueba que se seleccionó para ser publicada se obtuvo lo siguiente:

http://localhost:8080/geoserver/IDEIneter/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDEIneter:lluvia_12h&styles=&bbox=-87.1672210693359,10.7908334732056,-83.0630111694336,14.7441663742065&width=512&height=493&srs=EPSG:41001&format=application/openlayers



fid	lluvia	nombreestacion	longitud	latitud	altitud	codigo
lluvia_12h.fid-3af8d48d_1527ee0f3e1_-7d11	0.0	Arrocera Altamira	-85.71361	12.133333	41.61078	69218

Imagen 17. Resultado GetMap del WMS
Fuente: Elaboración propia

Analizando el resultado en la Imagen 17 se observa que es un servicio WMS (http://localhost:8080/geoserver/IDEIneter/wms?service=WMS) y la operación es un *GetMap (request=GetMap)* una de las operaciones, sino las más utilizada en el servicio WMS la cual permite al usuario seleccionar la ***extensión geográfica, tamaño de la imagen, el formato en que la imagen se va a generar, el sistema de referencia de coordenadas,*** entre otros.

Seguido del nombre de la capa, el ***nombre de la consulta, vista o shape***, adicionando luego los limites, el tamaño y la altura de la imagen, así como el

formato en que es presentado el request, ya que GeoServer permite generar en más de un formato el WMS ya sea PNG, GIF, JPEG, KML entre otros.

Al seleccionar un punto del resultado del *GetMap* automáticamente se realiza la operación *GetFeatureInf*o que es otra de las operaciones del WMS que da como resultado los metadatos del punto en cuestión en forma de tabla a como se pude observar en la imagen anterior (*Imagen 13)*.

El resultado de la operación *GetMap* del WMS, será consumido por un visor que será explicado en los siguientes capítulos de este trabajo.

Adicionalmente, en GeoServer se pueden agregar estilos a las capas los cuales se programan con SLD, que es una extensión del WMS que permite a los usuarios utilizar estilos de simbolización propios, permitiendo definir cómo se va a representar la IG a través de la web (Lopez-Vasquez, Fundamentos de las infraestructura de datos espaciales (IDE), 2012).

7.5.3. WFS

El WFS tiene como objetivo proporcionar al usuario datos geográficos discretos (geometrías y atributos) para que pueda utilizarlos y manipularlos según sus necesidades (Lopez-Vasquez & Bernabe-Poveda, 2012).

En las siguientes imágenes se observarán los resultados del servicio *WFS* con dos de sus principales operaciones:

- GetFeature
- GetCapabilities

De la consulta de prueba que se seleccionó para ser publicada se obtuvo lo siguiente:

- GetFeature

http://localhost:8080/geoserver/IDEIneter/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDEIneter:lluvia_12h&maxFeatures=10

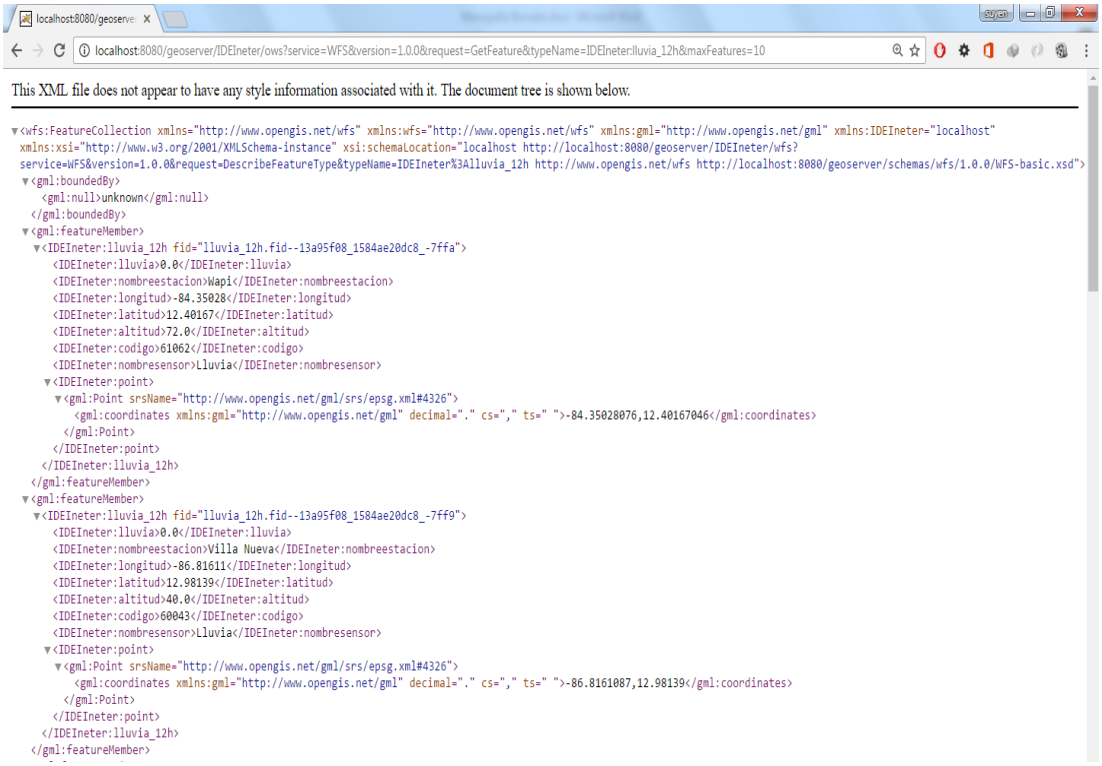


Imagen 18. Resultado WFS – GetFeature
Fuente: Elaboración propia

Analizando el resultado de la Imagen 18, en la primera parte del link se especifica el tipo de servicio al cual se está realizando la petición (*http://localhost:8080/geoserver/IDEIneter/ows?service=WFS*) seguido de eso la ***versión*** y luego la petición donde especifica la operación que desea realizar*, en este caso es* ***GetFeature*** (*request*=*GetFeature*), la cual devuelve una colección de objetos geográficos previamente almacenados en el servidor en función de la consulta; como últimos parámetros se especifica el ***typeName*** que es el recurso al cual se va a consultar que se escribe el ***espacio de trabajo*** seguidos de dos puntos(**:**) ***la consulta, vista o tabla*** de la base de datos. Adicionalmente esta la propiedad ***maxFeatures*** con la cual se puede limitar la cantidad de registros devueltos en la consulta; El resultado de esta operación regresa los datos geográficos de forma vectorial, codificados en GML

- DescribeFeatureType

http://localhost:8080/geoserver/IDEIneter/ows?service=WFS&version=1.0.0&reques=DescribeFeatureType

Imagen 19. Resultado WFS–DescribeFeatureType
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 19 se observa el resultado de la operación ***DescribeFeatureType*** la cual tiene como función mostrar la estructura del el/los ***Feature(s)*** (consultas, tablas o vistas) publicados en el espacio de trabajo al cual se está consultando, en este caso los mostrados son *lluvia_12h, lluvia_1h, lluvia_72h*.

7.6. Resultados del análisis y desarrollo del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos.

Como resultado de la metodología aplicada se obtuvieron una serie de elementos que dan como producto la presentación de los datos tratados en las etapas anteriores. Estos elementos se detallan a continuación.

7.6.1. Levantamiento de requerimientos.

Como primera etapa definida en la metodología, se realizó un proceso de ingeniería de software, donde se realizaron reuniones con el personal de la

DGMET que estará directamente relacionado con la información generada, para entender el giro de negocio y sus necesidades.

Durante estas reuniones se captaron los requerimientos funcionales y no funcionales en los cuales sobresalía la necesidad de acceso a la información de una manera rápida y en distintas perspectivas (Datos tabulados, mapas, gráficos) para agilizar los procesos de generación de información, además, que estos datos fueran accesibles desde cualquier punto sin la necesidad de instalación de ningún software.

Otro punto importante que se requiere en este sistema es que presente distintos niveles de acceso en los cuales se restringiera a un grupo de usuarios al acceso a solamente los datos que se requería, haciendo una vista más ligera de la información y a su vez una mejor protección de los datos.

Además de lo anterior mencionado se requiero que todos los datos mostrados en la aplicación en distinta perspectiva fuesen fácilmente exportables en distintos formatos para su difusión y generación de reportes más personalizados por parte de los usuarios del sistema.

A continuación, se detallan cada uno de los requerimientos funcionales y no funcionales recolectados en las sesiones de trabajo con el personal de la DGMET

7.6.1.1. Requerimientos funcionales.

RF1: Visualización espacio-.temporal del comportamiento de variables hidrometeorológicas.

RF2: Visualizar reportes tabulares con distintos niveles de agregación y cálculos estadísticos.

RF3: Visualización de series temporales de las variables hidrometeorológicas.

RF4: Permitir la comparación de series temporales de las estaciones hidrometeorológicas.

RF5: Visualizar geográfica de las estaciones hidrometeorológicas.

RF6: Capacidad de exportar datos de cada sensor en formatos: CSV, Excel, PDF, Word.

7.6.1.2. Plantillas de requerimientos funcionales

Tabla 7 Requerimiento - Visualización espacio-temporal del comportamiento de variables hidrometeorológicas.

Visualización espacio-.temporal del comportamiento de variables hidrometeorológicas (RF1)	
Requisito	RF1
Complejidad	Alta
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá la visualización de rasters correspondiente a los parámetros que especifique.
Proceso	El usuario seleccionara los parámetros de interés
Entrada	Variable hidrometeorológica Región (Agrupación geográfica) Rango de fechas de interés (Limitación temporal) Nivel de agregado (Mensual, Semanal, Diario, Horario)
Salida	Serie temporal de rasters resultados de interpolación espacial

Fuente: Elaboración propia.

Para ver las demás plantillas ir a A.6.4

7.6.1.3. Requerimientos no funcionales

Para ver las plantillas de requerimientos no funcionales ir a A.3.6

7.6.2. Modelado de los requerimientos.

En esta etapa se requirió elaborar una serie de diagramas y platillas para tener la documentación necesaria para facilitar el análisis y ejecución del desarrollo de cada elemento contemplado para esta parte de la plataforma, dado que esto facilitara la implantación de la misma y que a su vez sea escalable y mantenible.

A continuación, se presentan los diagramas que se utilizaron para el modelado de este sistema:

- Casos de uso
- Diagrama de clases
- Diagrama de Secuencia
- Diagrama de Paquetes

7.6.2.1. Casos de uso

Los casos de uso sirven para describir la interacción entre los usuarios y el sistema. En la siguiente imagen se muestra el caso de uso general de la funcionalidad del sistema de la presentación de datos meteorológicos.

En la Imagen 20 se observa el caso de uso general del sistema con los diferentes actores que serán los futuros usuarios que utilizarán el sistema.

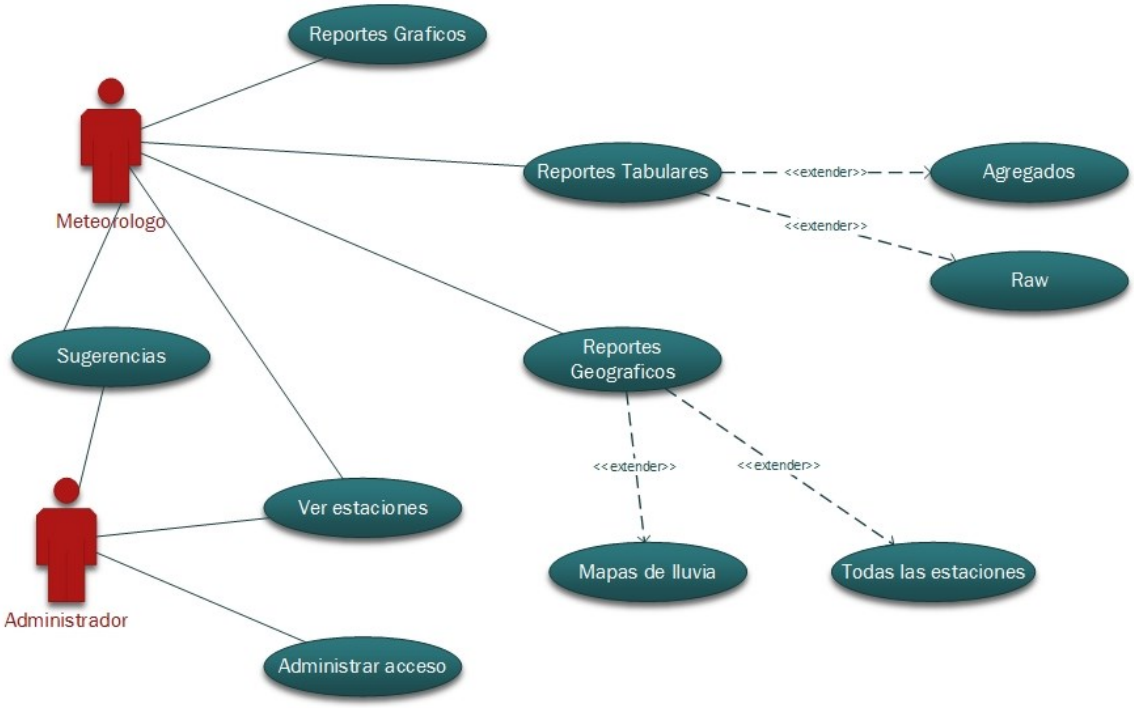


Imagen 20 Diagrama de caso de uso del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos. Fuente: Elaboración propia

Para ver los demás casos de uso ir a A.6.2

7.6.2.2. Diagrama de Paquetes

Con este diagrama se presenta la funcionalidad de cada uno de los paquetes del sistema, donde cada paquete representa grupos que contienen elementos, siendo su propósito ayudar a organizar estos elementos para comprenderlos fácilmente.

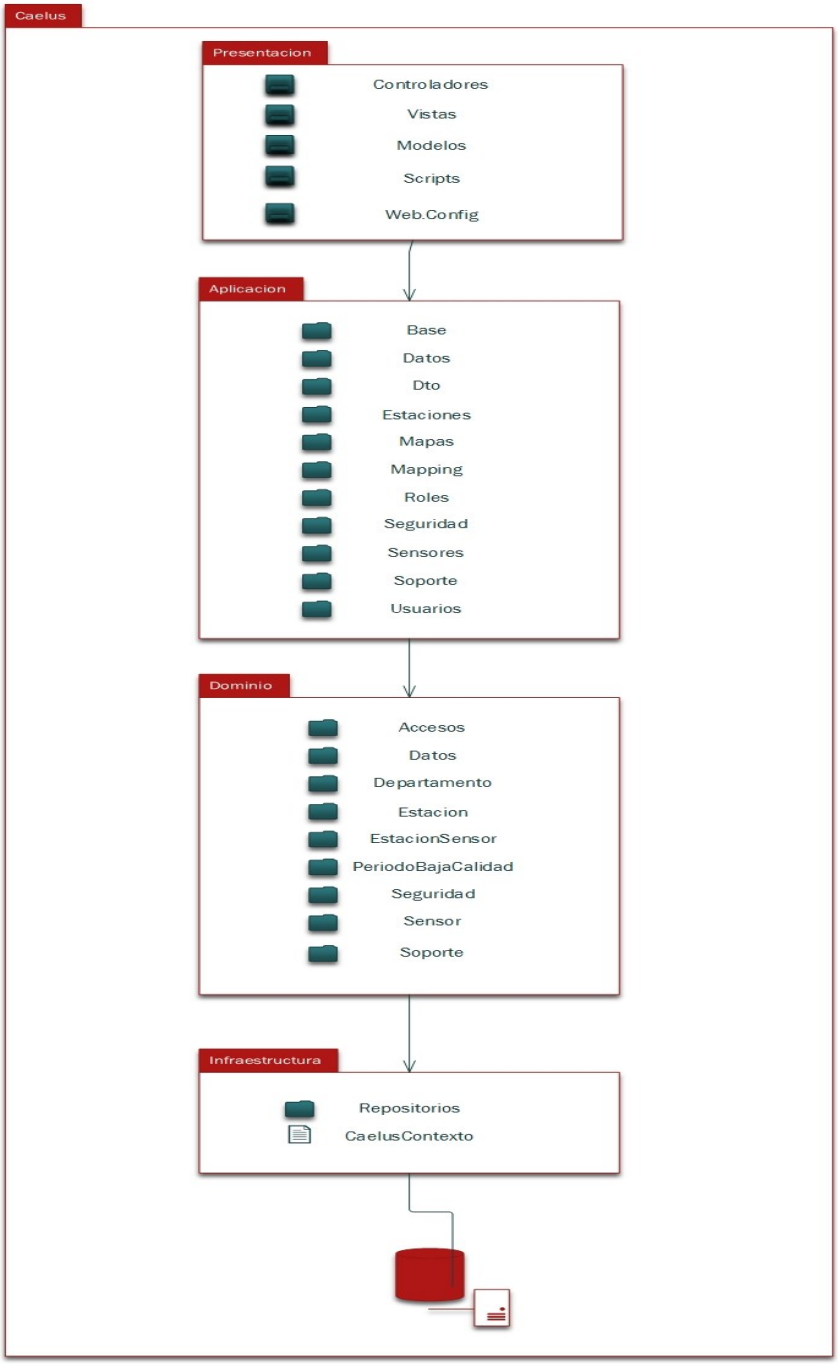


Imagen 21 Diagrama de paquetes
Fuente: Elaboración propia

7.6.2.3. Diagrama de Secuencia

Los diagramas de secuencia muestran la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a lo largo del tiempo. Estos diagramas son importantes porque detallan a los casos de uso, clarificándolos a nivel de mensajes de los objetos existentes, así como también muestran la interacción entre las clases diseñadas.

Para ver los diagramas de secuencia ir a A.6.3

7.6.2.4. Diagrama de clases

Con el diagrama de clases se representan los objetos que manipulara el sistema. Este diagrama es resultado que se obtuvo mediante el análisis de los escenarios de casos de uso desarrollados como parte del modelado de requerimientos. (Pressman, 2010)

7.6.3. Pruebas y Resultados

Pruebas

A continuación, se muestran las pruebas realizadas con la intención de encontrar errores en el contenido, función, utilidad, navegabilidad, rendimiento, capacidad y seguridad de esta parte de la plataforma.

Tabla 8 Pruebas de usabilidad del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos

Conceptos de usabilidad	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
Identidad Corporativa	**Si**	**No**	
1. ¿La portada del Sitio refleja la identidad y pertenencia de la institución?	X		
2. ¿Existen elementos de la imagen corporativa del Gobierno en la Portada de su Sitio? ¿Se repiten en todas las páginas?	X		
3. ¿El logotipo del Gobierno ha sido incluido en un lugar importante en la Portada y en las páginas interiores del Sitio?	X		
4. ¿Todas las páginas cuentan con un título que indique el nombre de la institución e información de contactos virtuales y físicos al pie de la página?	X		

Navegación	Si	No	Comentarios u observaciones
1. ¿El diseño del Sitio es eficiente, rápido e intuitivo?	X		
2. ¿Aparece el menú de navegación en un lugar destacado? ¿Se ve fácilmente?	X		
3. ¿Verificó la consistencia de todos los enlaces?	X		
4. ¿El Sitio cuenta con un mapa o buscador que facilite el acceso directo a los contenidos?		X	
5. ¿El Sitio mantiene una navegación consistente y coherente en todas las pantallas?	X		
Consistencia y cumplimiento de estándares	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿El HTML del Sitio ha sido validado satisfactoriamente según w3c.org?	X		
2. ¿El Sitio Web diferencia entre enlaces visitados y enlaces por visitar?	X		
3. ¿Comprobó la consistencia de Links usando el verificador de w3c.org?	X		
Estética y diseño	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa jerarquías visuales para determinar lo importante con una sola mirada?	X		
2. ¿Las imágenes tienen tamaños adecuados que no dificultan el acceso a las páginas?	X		
3. ¿Las imágenes tienen etiqueta ALT en el código HTML para facilitar la navegación?		X	
Atención de errores	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa JavaScript para validar formularios durante su llenado y antes de enviarlos?	X		
2. ¿Usa elementos destacados para indicar los campos obligatorios dentro de un formulario?	X		

3. ¿Después de que ocurre un error, es fácil volver a la página donde se encontraba antes que se produjese o entrega recomendaciones de los pasos a seguir?	X		
Ayuda ante errores	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. En caso de errores de consistencia dentro del sitio, ¿se ofrece un mensaje de personalizado mediante una página explicativa?, (Por ejemplo: Error 404 para página inexistente)	X		
2. ¿Entrega información de contacto fuera de Internet? (Por ejemplo: teléfono institucional, fono 600, mesa de ayuda, OIRS)		X	
3. ¿Ofrece área de Preguntas Frecuentes con datos de ayuda a usuarios?		X	
4. ¿Ofrece páginas de ayuda que explican cómo usar el Sitio?		X	
Retroalimentación (Feedback)	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Puede el usuario ponerse en contacto con el encargado del Sitio Web para hacer sugerencias o comentarios?	X		
2. ¿Funcionan correctamente los formularios de contacto?, ¿Ha probado cada uno de ellos?	X		
3. ¿Hay alguien encargado de recibir y contestar estos mensajes?	X		

Fuente: Elaboración propia.

Para ver las demás pruebas ir a A.6.5

Resultados

A continuación, se muestras las imágenes del resultado de Caelus basado en los requerimientos obtenidos en la fase de ingeniería de software del desarrollo del sistema:

En el sistema podemos observar en la Imagen 22 los menús a los cuales el usuario según su rol, tiene acceso y la pantalla principal del sistema.

Imagen 22 Página principal de Caelus
Fuente: Elaboración propia

Los menús disponibles para esta parte de la plataforma están descritos en la siguiente tabla.

Tabla 9 Menús del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos

Menú	Descripción
Reportes	En este menú desplegable podemos encontrar sub ítems donde podemos seleccionar el reporte de preferencia, entre los cuales podemos encontrar: Tabulares agregados, tabulares raw, reportes gráficos, reportes de las estaciones y reportes de mapas de lluvia.
Administracion	En el menú de administración podemos realizar la administración de las estaciones, en la cual podemos ver los detalles de las estaciones, modificar estos detalles, y

	establecer a cuales estaciones y sensores tiene acceso un usuario específico.
Sugerencias	En el menú de sugerencias los usuarios pueden enviar comentarios acerca del sistema para realizar mejoras o notificar si el sistema está fallando para su respectiva corrección

Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 23 vista de reportes tabulares agregados y reportes raw nos encontraremos con un pequeño panel en el cual se pueden establecer parámetros para generar un reporte tabular. También se cuenta con opción de exportar los reportes en distintos formatos.

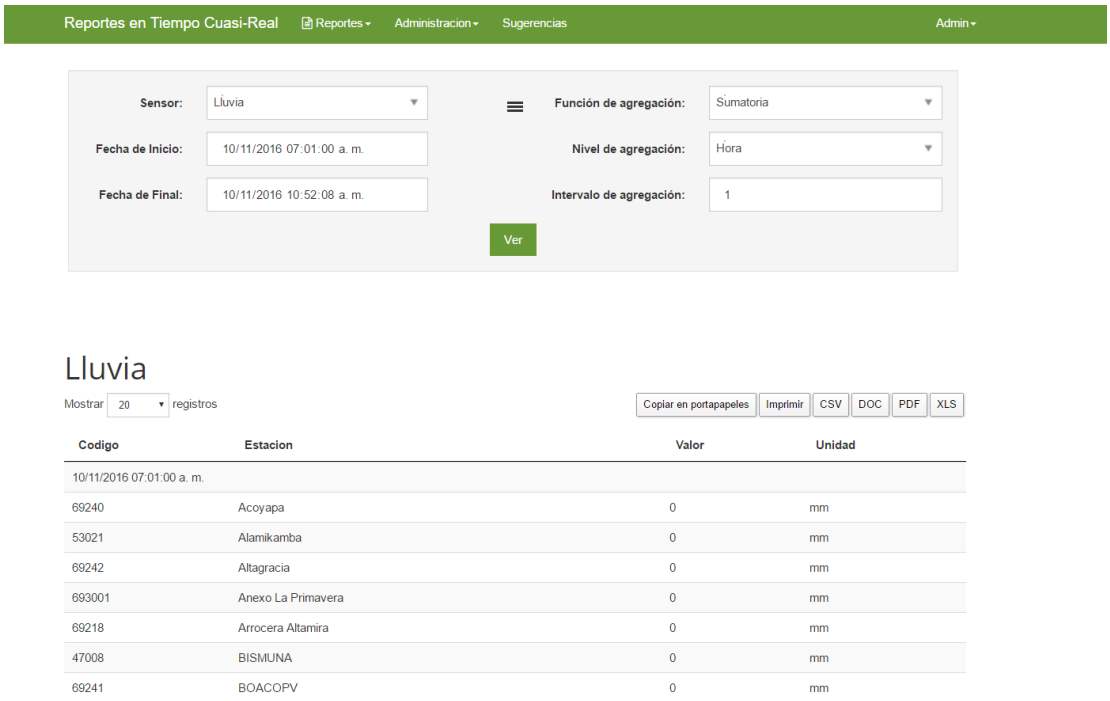


Imagen 23 Reportes tabulares
Fuente: Elaboración propia

7.7. Resultado de sistema de reportes FM12

El caso de uso de los reportes, así como el diagrama de secuencia de este módulo del sistema se muestran en el anexo A.7.

En las siguientes imágenes, se muestra el resultado del sub-sistema de reportes FM12, incluido como modulo en el SIMET.

Imagen 24 Índex de SIMET donde está el menú Reportes FM12
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Imagen 25, se observa el módulo de reportes y los diferentes reportes solicitados por la Dirección de Meteorología en conjunto con los observadores.

Imagen 25 Catálogo de reportes
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes imágenes (Imagen 26 e Imagen 27), se observa el resultado del reporte más importante para la dirección de meteorología y más tedioso de realizar para los observadores, el cual es el reporte de las codificadas también llamado reporte FM12, se ejecuta diariamente donde se llenan las 24 horas del día con los datos de las variables solicitadas; este reporte es solicitado por la NOOA a la dirección de meteorología.

Imagen 26. Reporte codificado FM12
Fuente: Elaboración propia

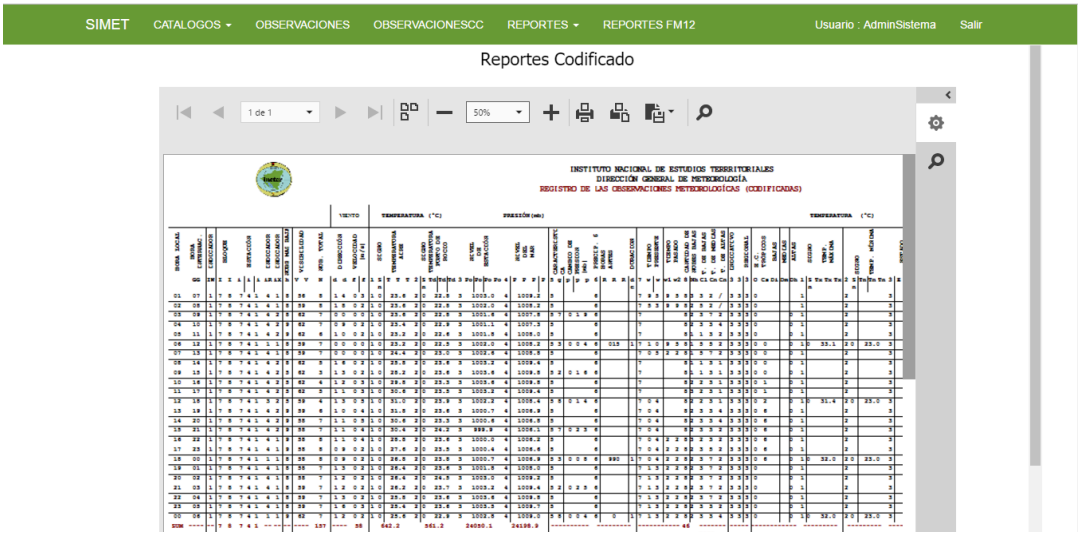


Imagen 27. Reporte Codificado FM12
Fuente: Elaboración propia

En el anexo A.7.3, se mostrarán el resto de los reportes plasmados en la sección de metodología del desarrollo del sub-sistema de reportes.

7.8. Implementación de clientes IDE estándares

En esta se sección se muestra los resultados de los clientes y visores que consumen los servicios web estándares, entre los servicios usados se tienen: SOS, WMS, WFS.

7.8.1. Cliente SOS

En Imagen 28 se presenta la implementación del módulo App.sos de la librería SOS.JS, esta aplicación integra múltiples módulos de la librería SOS.JS, el modulo App.sos, presenta tres pestañas: “Map”, “Plot”, “Table”; a continuación una descripción de la funcionalidad de cada una de estas pestañas.

En la pestaña Map de la Imagen 28, se presenta un mapa con las estaciones representadas como puntos rojos, ubicadas geográficamente, para ello se está consumiendo los servicios WMS y SOS. Al seleccionar una estación en el mapa se presentan los offering (Agrupación lógica de variables) que posee la estación, posterior al seleccionar un offering se mostraran sus ObservedProperties (variables) del offering seleccionado.

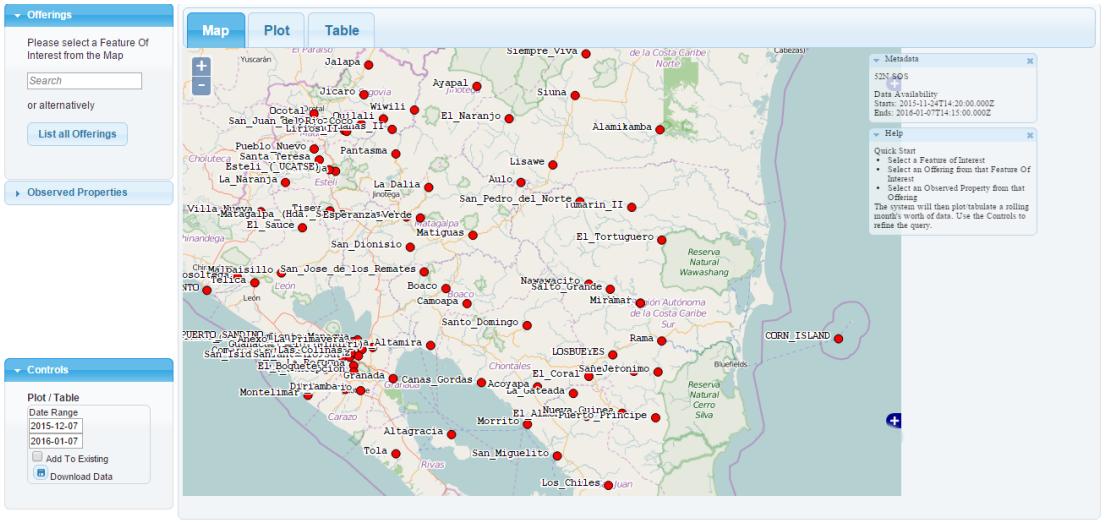


Imagen 28. Vista a cliente del servicio SOS
Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Plot” de la Imagen 29 se presenta una serie temporal graficada de manera lineal, en este caso corresponde a la ObservedPropertie (Variable) seleccionada que es PuntoRocio también conocido como punto de roció, se puede apreciar una lista en la pestaña ObservedProperties, esta lista fue agrupada como un Offering, dado que existe una relación lógica entre estas variables.

Imagen 29. Vista grafica de una serie temporal en el cliente SOS
Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Table” (ver sección de anexos A.5.1) se presenta una tabla con las columnas “Time” (Tiempo) y “Value” (Valor), en ellas se lista los valores a través del tiempo para una variable de una la estación, además en esta tabla se puede obtener cálculos estadísticos como cuartiles, media, varianza, desviación estándar, mínimo, máximo y un pequeño grafico para visualizar la distribución de los valores.

7.8.2. Cliente WMS

En la Imagen 30 se observa el resultado del cliente que consume el servicio WMS y WFS previamente realizados en GeoServer.

La aplicación presenta la opción de ver tres distintos mapas como son Google Maps desde la perspectiva satelital y la de terreno además de Open Street Map. Debajo de la opción del tipo de mapa se encuentran las consultas que pueden ver en el mapa como son la lluvia de la ultima hora (1h) ,6h, 12hrs y 24hrs.

Imagen 30. Resultado del visor con vista satelital Google Maps
Fuente: Elaboración propia

Además en la Imagen 31 se muestra que dando click el botón de información y luego en un punto en el mapa se despliega un panel con la información donde este realiza una operación WMS para mostrar los datos del punto.

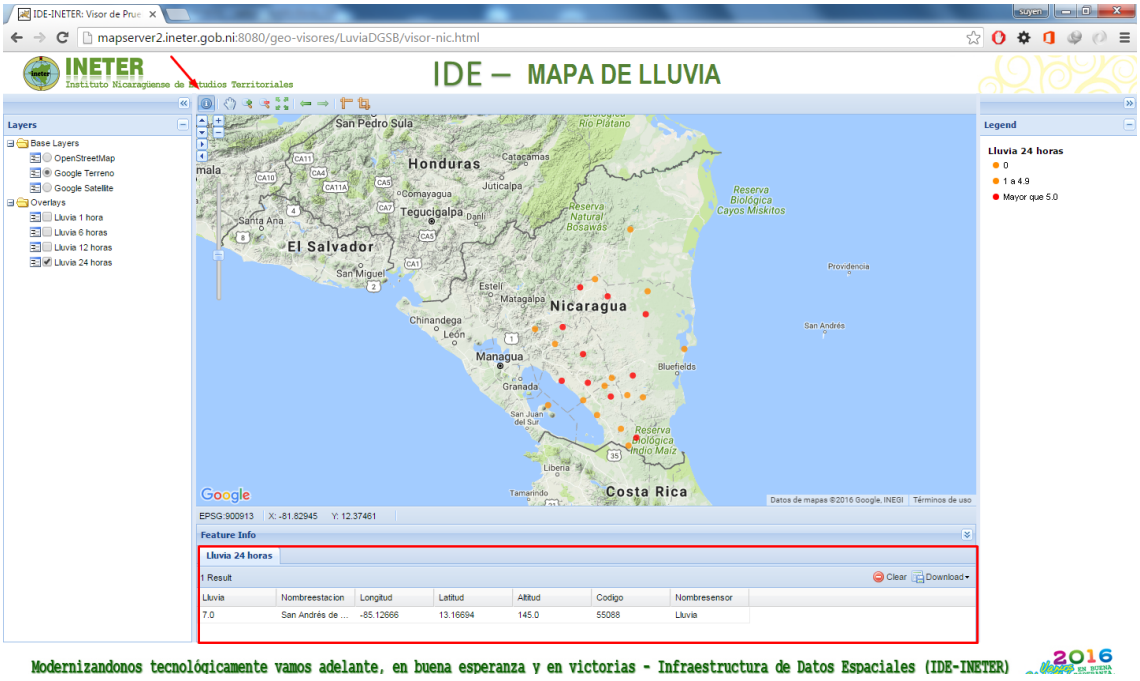


Imagen 31. Consulta a un punto en el mapa
Fuente: Elaboración propia

Ver los demás mapas en anexo A.8

VIII. CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de esta monografía se pudo concluir lo siguiente:

1) Teniendo en cuenta que uno de los aspectos más importantes en esta plataforma y en cualquier otro ambiente, son los datos, almacenarlos de una manera estructurada y estandarizada hace posible que el consumo de estos datos se realice de manera fácil y eficiente.
2) La plataforma aporta a la reducción del tiempo y el número de pasos que se requieren para realizar la recolección de este tipo de datos y los estudios que se ejecutan con los mismos.
3) Con un subsistema dedicado para la recolección de los datos de las estaciones se reducen los errores humanos en el ingreso de los datos, pasando los mismos por un proceso de validación lo cual conserva la integridad de los mismos.
4) La validación de los datos mediante directrices de la norma UNE500540, fortalece la credibilidad de los datos utilizados para la generación de estudios auxiliando de gran manera a la DGMET del INETER reduciendo horas de trabajos en la generación de la información.
5) La plataforma permite visualizar cada uno de los datos ingresados, así como los recolectados de manera automática, así poder realizar estudios históricos de los datos comparando datos recolectados con anterioridad con datos más actuales mediante gráficos y reportes tabulares de las estaciones de interés seleccionadas.
6) Los datos provenientes de las estaciones hidrometeorológicas, son de suma importancia para distintas instituciones del estado, por lo cual la interoperabilidad de estos datos mediante geo-servicios fue una de las partes más importantes de la plataforma; mediante los geo-servicios realizados en esta tesis las demás instituciones podrán consumir de manera estándar la información del INETER.
7) Los clientes IDE permiten la facilidad de consumir los geo-servicios y hacer estudios de los datos de las estaciones a nivel geográfico, así como predicciones climáticas.

8) Los clientes SIG pueden consumir los servicios estándares, lo que facilita la generación de información y estudios, aprovechando las herramientas de procesado de datos que disponen los softwares SIG.

IX. RECOMENDACIONES.

1) Se recomienda aplicar los niveles faltantes de validación de la norma UNE500-540 y también aplicarla en las distintas variables hidrometeorológicas recolectadas por todas las estaciones.
2) Completar los metadatos de las estaciones hidrometeorológicas.
3) Utilizar navegador Google Chrome o Microsoft Edge para una mejor experiencia de la plataforma.
4) Garantizar las conexiones de red en todo momento.
5) Actualizar los equipos obsoletos por equipos más nuevos para enriquecer la experiencia de usuario.

X. BIBLIOGRAFIA

52north. (2016, 09 01). *Sensor Observation Service*. Retrieved from 52north: http://52north.org/communities/sensorweb/sos/

52north. (n.d.). *sosjs*. (52north) Retrieved from http://sosjs.readthedocs.org/

AENOR. (2004). Directrices para la validacion de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automaticas. *AENOR*.

Andrew, C. (2013). Contaminantes atmosfericós de la estación de monitore en tiempo real de la ciudad de Cuenca, utilizando servicios estándares de OGC.

Anguix, Á. (2013). Introduccion al software libre para las IDE.

Ariza Lopez, F. J., & Rodriguez Pascual, A. F. (2008). *Introducción a la normalización en información geográfica: La familia iso 19100.* España.

Beck, K. (2003). *Test-driven Development: By Example.* Addison-Wesley Professional.

Bill, R. (n.d.). *GRID COMPUTING AND GIS.* Werte Leserinnen und Leser.

Calle-Jimenez, T., & Luján-Mora, S. (2016, Febrero 1). Web Accessibility Barriers in Geographic Maps. *International Journal of Computer Theory and Engineering, 8*(1), 80-83.

Carrillo, G. (2012, 01 03). *GeoTux*. Retrieved from Soluciones GeoInformaticas Libres: http://geotux.tuxfamily.org/index.php/en/geo-blogs/item/291-comparacion-clientes-web-v6

Caryl-Sue, N. G. (2011, Marzo 26). *National Geographic*. Retrieved from http://nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/

CeReGeo. (n.d.). *CeReGeo Mapas en la Web*. Retrieved from https://ceregeo.wikispaces.com/Datos+espaciales

Chaglla, L. E. (2014). Estructuración de una plataforma de acceso a datos georeferenciados para la gestión de riesgos en el Ecuador. Quito, Ecuador.

Cory A. Henson, J. K. (2009). SemSOS: Semantic sensor Observation Service. *IEEE*.

Cox, S. J. (n.d.). *www.opengis.net*. (OGC) Retrieved from http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-OM/2.0/

de la Torre Llorente, C., Zorrilla Castro, U., Calvarro Nelson, J., & Ramos Borroso, M. (2010). *GUÍA DE ARQUITECTURA N-CAPAS ORIENTADA AL DOMINIO CON .NET 4.0.* España: Krasis Press.

Díaz , A., Arias de Reyna, M., & Sanz , J. (n.d.). *Panorama sig libre*. Retrieved from http://panorama-sig-libre.readthedocs.io/es/latest/servidores/

Digital, U. d., & Presidencia, M. d. (n.d.). *GUIA DIGITAL*. Retrieved from http://www.guiadigital.gob.cl/articulo/pruebas-de-interfaces-y-contenidos

Direccion General de Meteorologia INETER. (2012). (INETER) Retrieved from http://servmet.ineter.gob.ni/Meteorologia/RedEstacionesNac/Estaciones/Estaciones.html

DOC/NOAA/NESDIS/NCDC > National Climatic Data Center, N. N. (2015, 03 12). *NCEP-GTS Marine Observations in BUFR format*. Retrieved from https://data.noaa.gov/harvest/object/fca8e991-ecb2-4568-8797-15b2f4bb17b5/html

Documentacion, 5. (n.d.). *wiki.52north.org*. (52north) Retrieved from wiki.52north.org: https://wiki.52north.org/bin/view/SensorWeb/SensorObservationServiceIVDocumentation

Ehlers, M. (2008). *GeoInformatics and Digitals earth initiatives: a German Perspective.*

e-infraestructures, T. e. (2009). Craig A. Lee, George Percivall. *Open Grid Forum, The Aerospace Corporation, Open Geospatial Consortium*.

Estévez Gualda, J., & Gavilán Zafra, P. (2008). Procedimientos de validación de datos de estaciones meteorológicas automáticas. Andalucía, España.

Evans, E. J. (2004). *Diseño guiado por el dominio.*

Gamma, E. (2002). *Patrones de diseño.* Pearson Educación.

GIS), J. B. (2013, Septiembre 24). *The Value of Geoinformation for Disaster and Risk Management (VALID).* Copenhagen, Denmark. Retrieved from http://www.directionsmag.com/entry/applying-geoinformation-to-disaster-and-risk-management-impact-and-ben/280430

Gutierrez Corea, F. V., & Schillinger, S. (2009). *Lluvia en tiempo real y sistema de alerta temprana por deslizamientos para Centro América en base a imágenes de Satélite NOAA y aplicaciones con ArcObjects.* Brazil: XIV Brazilian Remote Sensing Symposium 2009.

IEEE. (1990). *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.*

Inc, O. G. (2006). *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification.*

Iniesto Alba, C. C. (2004). Sensor Web Enablement: Todos los sensores conectados a la web. *VIII Congreso de topografia y cartografia.* Madrid.

Instituto de Estadistica y Cartografia de Andalucía. (n.d.). *IDEAndalucia*. (Instituto de Estadistica y Cartografia de Andalucia) Retrieved 10 15, 2016, from http://www.ideandalucia.es/portal/ides/software/servidores

ISO Online Browsing Plataform(OBP). (2011). (ISO) Retrieved from https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19156:ed-1:v1:en

iso2500. (2015). *ISO2500*. Retrieved from http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/24-fiabilidad

Junta de Andalucia. (n.d.). *Junta de Andalucia*. Retrieved from http://www.ideandalucia.es/portal/ides/software/servidores

K. G. Hubbard, S. G. (2005). Performance of Quality Assurance Procedures for an Applied Climate Information System. *Sociedad Americana de Meteorologia*. Retrieved from http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JTECH-1657.1

Lopez-Vasquez, M. A., & Bernabe-Poveda, C. (2012). *Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).* España: Ulzama Digital.

Lopez-Vasquez, M. A.-P. (2012). In *Fundamentos de las infraestructura de datos espaciales (IDE)* (pp. 42-43).

Luis E. Bermúdez, J. M. (2012). Open Geospatial Consortium (OGC). *UPM Press*.

Maganto, A. S. (2013). Componente de una IDE.

Malinowski, E. (2014). Evaluación de los sistemas de administración de bases de datos con extensiones espaciales.

Mansberger, R. (2003). GEOINFORMATION IN SUPPORT OF DECENTRALISATION AND COMMUNITY EMPOWERMENT. Austria.

Martin C. Robert, M. M. (2006). *Agile Principles, Patterns, and Practices in C#.* Prentice Hall.

Microsoft Corporation. (Diciembre 2006). La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) de Microsoft aplicada al mundo real.

Néstor, M. F. (2015). *COMPARATIVA DE RENDIMIENTO DE SERVIDORES DE MAPAS OPEN SOURCE.* CATALUNYA: Universidad Politecnica de Catalunya.

NOAA. (2016, 09 01). *World record point precipitation measurements*. Retrieved 09 15, 2016, from http://www.nws.noaa.gov/oh/hdsc/record_precip/record_precip_world.html

Normas ISO. (2016, Enero 15). *Normas ISO 19119:2016: Geographic Information-Services.* Retrieved from ISO: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=59221

OGC. (2006). *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification.*

OGC. (2008). *Modelo de Referencia OGC.*

OGC. (2012). *OGC® WCS 2.0 Interface Standard- Core:.*

OGC. (2015, Diciembre). *Open Geospatial Members*. Retrieved from opengeospatial: http://www.opengeospatial.org/ogc/members

OGC. (2016, 10 26). *Open Geospatial.* Retrieved from http://docs.opengeospatial.org/is/04-094r1/04-094r1.html

OGC. (n.d.). *Welcome to the OGC*. (The OGC Interoperability Program) Retrieved from OpenGeospatial: http://www.opengeospatial.org/

Open Geospatial Consortium. (2005). The Importance of Going Open. *OGC*.

Organizacion Meteorologica Mundial. (n.d.). Retrieved from http://www.wmo.int/pages/index_es.html

Oriente, J. (2013, Septiembre 28). *joaquinoriente Web site*. Retrieved from http://joaquinoriente.com/2013/09/28/calidad-de-producto-software-primeros-certificados-aenor-iso-25000/

Pressman, R. S. (2010). *Ingenieria de Softaware. Un Enfoque Practico.* New York: McGRAW-HILL.

Reference, P. (n.d.). *http://postgis.net/*. (postgis) Retrieved from http://postgis.net/docs/reference.html#Geometry_Constructors

Reichardt, M. (2004). The Havoc of Non-Interoperability . *OpenGIS Consortium (OGC)*.

Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (1999). *El Lenguaje Unificado del Modelado.* España: ADDISON WESLEY.

Santitamnont, D.-I. P. (2008, Enero). *http://geospatialworld.net/*. Retrieved from http://geospatialworld.net/magazine/MArticleView.aspx?aid=19227&Itemid=358

Sutron Corporation. (2015, Enero 29). *Sutron*. (Sutron Corporation) Retrieved from http://www.sutron.com/wp-content/uploads/2015/01/XC_Desktop.doc

Take Off Briefing. (2012, 11 27). (ToB) Retrieved from http://www.takeoffbriefing.com/metar/

Tirado, V. R. (2013). *Modelo de Pronostico de Precipitacion para La Hoya 69 de Nicaragua.* Managua,Nicaragua: UNAN-MANAGUA.

Torres Saura, M., & Valenzuela Díaz-Moreno, A. (2010, Agosto). *La geoinformación: una necesidad creciente*. Retrieved from http://cartografiaunpsjb.jimdo.com/art%C3%ADculos-para-compartir-y-reflexionar/la-geoinformaci%C3%B3n-una-necesidad-creciente/

Uslände, T. (2012). OGC Best Practices for SWE: Provision of Observations through an OGC SOS . *EO2HEAVEN Consortium*.

Vargas, R. B. (2012). Almacenamiento información geográfica.

XI. ANEXOS

A.1. Anexos Base de Datos

A.1.1. Versión de gestor de base de datos y extensión espacial implementada.

```
SELECT PostGIS_full_version()
```

pane

a Output | Explain | Messages | History

postgis_full_version text
POSTGIS="2.1.7 r13414" GEOS="3.4.2-CAPI-1.8.2 r3924" PROJ="Rel. 4.8.0, 6 March 2012" GDAL="GDAL 1.11.1, released 2014/09/24

Imagen 32 Versión de PostGIS utilizada
Fuente: Elaboración Propia

A.1.2. Vista de tablas en base de datos 52N SOS

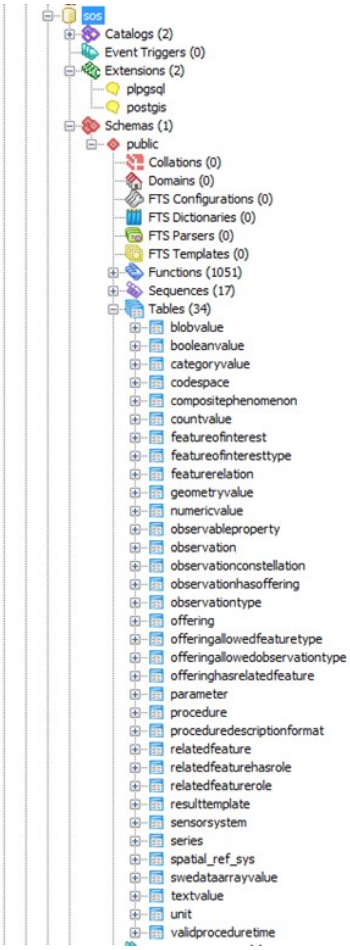


Imagen 33 Tablas de la base de datos 52N SOS
Fuente: Elaboración propia

A.1.3. Diagrama de base de datos 52N SOS

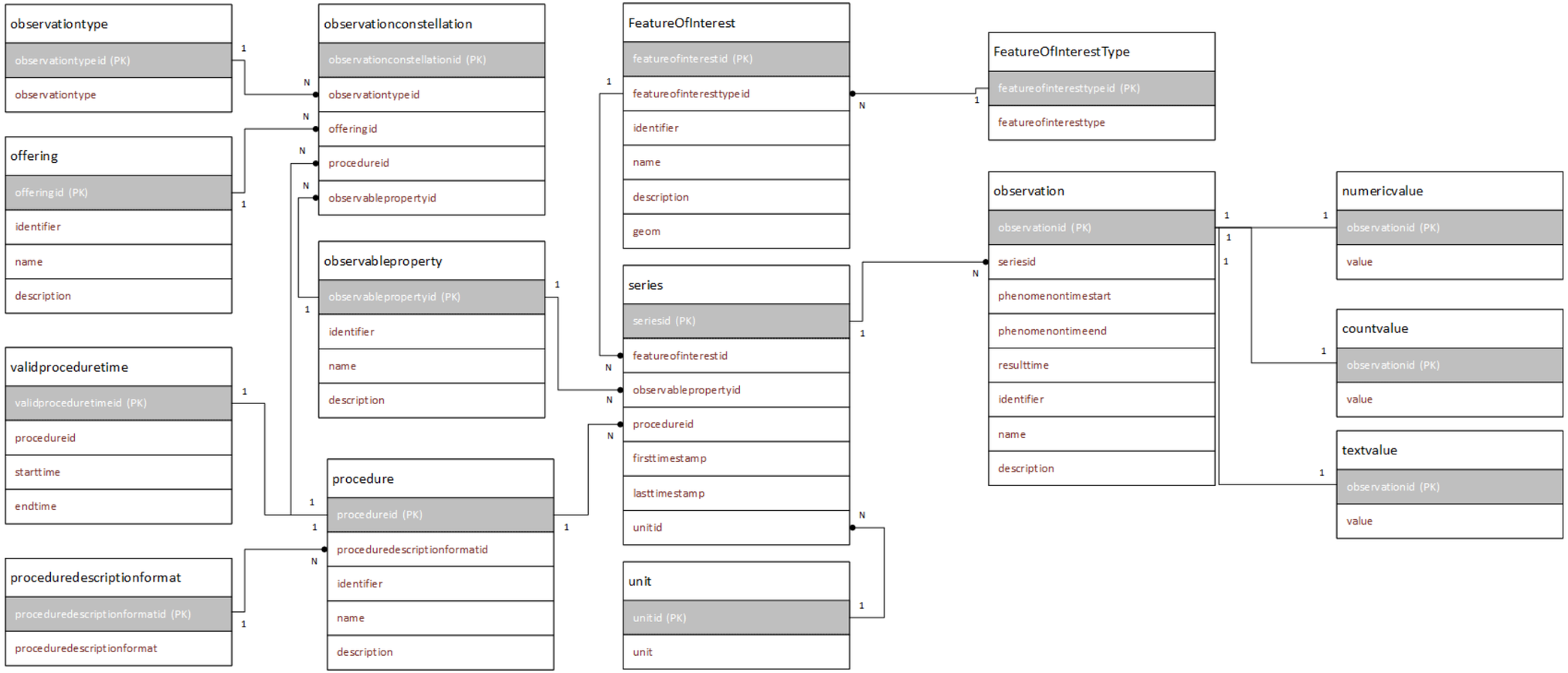


Imagen 34.Diagrama de base de datos SOS 2.0.
Fuente: Elaboración propia

A.1.4. Diccionario de datos para BD 52N SOS

Tabla 10 Diccionario de datos de tabla observación

Tabla observation			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
observationid	bigint		PK, clave primaria, identificador único de la observación.
serieid	bigint		FK, clave foránea para la tabla de series asociadas.
phenomenontimestart	timestamp		Indica la hora en que se inició la observación o el fenómeno se observó.
phenomenontimeend	timestamp		Indica el tiempo final cuando la observación finaliza.
resulttime	timestamp		Tiempo marcado cuando la observación fue publicada.
identifier	character varying	255	Identificador de la observación, se utiliza como parámetro para la consulta.
codespace	bigin		Relación, llave foránea para la tabla condesase
name	character varying	255	Nombre de la observación.
description	character varying	255	Descripción de la observación. Opcional.
deleted	character	1	Para indicar si la observación se eliminó o no (OGC SWES 2.0)
validtimestart	timestamp		Tiempo de inicio marcado para la observación.
validtimeend	timestamp		Indica la hora final de la observación (opcional).
unitid	bigint		Llave foránea (FK), para relacionar la unidad de medida.
samplinggeometry	geometry		Indica la geometría del muestreo, describe exactamente el punto donde

			ha tenido lugar la observación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Diccionario de datos de tabla numericvalue

Tabla numericvalue			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
Observationid	bigint		Llave foránea, para relacionar la observación
value	Double precision		Valor numérico de la observación

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Diccionario de datos de tabla countvalue

Tabla countvalue			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
Observationid	bigint		Llave foránea, para relacionar la observación.
value	integer		Contador del valor observación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Diccionario de datos de tabla textvalue

Tabla textvalue			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
Observationid	bigint		Llave foránea, para relacionar la observación.
Value	text		Contador del valor observación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 Diccionario de datos de tabla featureofinterest

Tabla featureofinterest			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
featureofinterestid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
hibernatediscriminator	character	1	

featureofinteresttypeid	bigint		Llave foránea para relacionar featureofinteresttype.
identifier	character varying	255	Identificador de featureofinterest.
codespace	bigint		Llave foránea para relacionar el espacio de código.
Name	character varying	255	Nombre del featureofinterest.
codespacename	bigint		Nombre del código de espacio.
description	character		Breve descripción.
Geom	geometry		Representa la geometría del tipo de interés.
escriptionxml	text		Descripción de la función XML, utilizado cuando se admite el perfil transaccional.
url	character varying	255	URL de referencia para el futuro si se almacena en otro servidor.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15 Diccionario de datos de tabla validproceduretime

Tabla ValidProcedureTime			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
ValidProcedureTimeid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
procedureid	bigint		Llave foránea para relacionar el procedimiento.
Proceduredescriptionformatid	bigint		Llave foránea para relacionar el proceduredescriptionformatid.
starttime	timestamp		Marca del tiempo.
descriptionxml	text		Descripción del procedimiento como cadena XML.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 Diccionario de datos de tabla observableproperty

Tabla ObservableProperty			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
ObservablePropertyid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
identifier	character varying	255	Representa el identificador.
codespace	bigint		Llave foránea para relacionar el codespace.
Name	character varying	255	Nombre de la ObservableProperty.
codespacename	bigint		Llave foránea para relacionar codespacename.
description	character varying	255	Breve descripción general.
disabled	character	1	Para su uso posterior del SOS.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Diccionario de datos de tabla unit

Tabla unit			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
Unitid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
Unit	character varying	255	Unidad de medida de las observaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Diccionario de datos de tabla offering

Tabla offering			
Campo	**Tipo**	**Tamaño**	**Descripción**
offeringid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
identifier	character varying	255	Identificador de la oferta.

codespace	bigint		Llave foránea para la relación codespace.
Name	character varying	255	Nombre de la oferta.
codespacename	bigint		Llave foránea para la relación codespacename.
description	character varying	255	Descripción de la oferta.
disabled	character	1	Para su uso posterior por el SOS.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Diccionario de datos de tabla observationcontellation

Tabla observationconstellation

Campo	Tipo	Tamaño	Descripción
observationconstellationid	bigint		Llave primaria, usada para las relaciones.
observablepropertyid	bigint		Llave foránea para la relación observableproperty.
procedureid	bigint		Llave foránea para la relación procedure.
observationtypeid	bigint		Llave foránea para la relación, observationtype.
offeringid	bigint		Llave foránea para la relación, offering.
deleted	character	1	Bandera para indicar que esta constelación de observación se elimina o no.
hiddenchild	character	1	Bandera para indicar que este procedimiento de observación de las constelaciones es un procedimiento secundario de otro procedimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Diccionario de datos de tabla featureofinteresttype

Tabla featureofinteresttype			
Campo	Tipo	Tamaño	Descripción
featureofinteresttypeid	bigint		Llave primaria, usado para la relación.
featureofinteresttype	character varying	255	El valor de featureofinteresttype.

Fuente: Elaboración propia.

A.1.5. Captura de pantalla del contenido de la tabla XC_SITES de la base de datos XC_DATA.

	station_id character varying(20)	enabled character va	last_update timestamp without time zo	satellite_id character varying(8)
1	TELPANECA	Y	2016-09-01 08:10:18	050190B2
2	LAGUNA DE PERLAS	Y	2016-11-16 15:03:27	22ADD1C6
3	TEUSTEPE	Y	2016-11-16 15:03:37	22ADE45C
4	VILLA NUEVA	Y	2016-11-16 15:07:38	0501F554
5	EL BLUFF	Y	2016-11-16 15:09:27	22121382
6	LAS PILAS	Y	2016-11-16 15:09:37	22122618
7	GRANADA MUELLE	Y	2016-11-16 15:09:47	2212356E
8	CARAO DULCE	Y	2016-11-16 15:09:57	221243FE
9	TECOMAPA SI	Y	2016-11-16 12:42:02	2213841A
10	ESTELI	N	2015-12-04 06:53:32	2211148C
11	TANZANIA	Y	2016-11-16 15:03:17	22ADC2B0
12	SANJOSE	Y	2016-11-16 15:05:28	0501233C
13	SANDIONISIO	Y	2016-11-16 15:05:47	050146DA
14	EL SAUCE	Y	2016-11-16 15:06:07	05016036
15	MALPAISILLO	Y	2016-11-16 15:06:27	050183C4
16	PUEBLO NUEVO	Y	2016-11-16 15:06:47	0501A528
17	POSOLTEGA	Y	2016-11-16 15:06:57	0501B65E
18	TELICA	Y	2016-11-16 15:07:07	0501C0CE
19	SALTOGRANDE	Y	2016-11-16 15:29:48	050297BC
20	RAMAII	Y	2016-11-16 15:29:57	0502A226
21	LOSBUEYES	Y	2016-11-16 15:30:07	0502B150
22	VALENTIN	Y	2016-11-16 15:30:27	0502D4B6
23	NOMBRE DE JESUS	Y	2016-11-15 21:03:22	2212F070

Imagen 35 Contenido de la tabla XC_SITES,
Fuente: Elaboración Propia

A.1.6. Captura de pantalla del contenido de la tabla XC_SITESENSOR de la base de datos XC_DATA

	ste_station_id character varying(20)	sensorname character varying(12)	enabled character varying(1)	data_table character varying(12)	equation character varying(128)
1	INETER	LLUVIA	Y	XC DATA1	((ASCII=0)*(X/10)+ASCII*X)
2	INETER	BATERIA	Y	XC DATA1	(ASCII=0)*(X/100)+ASCII*X
3	NANAWACITO	LLUVIA	Y	XC DATA1	X/10
4	BOCA SAN CARLOS	SDI	Y	XC DATA1	
5	NOMBRE DE JESUS	PRECIPIT	Y	XC DATA1	X/10
6	TANZANIA	AIRTEMP	Y	XC DATA1	X/10
7	LAGUNA DE PERLAS	AIRTEMP	Y	XC DATA1	X/10
8	NAWAWACITO	BATERIA	Y	XC DATA1	X/100
9	ESTELI	AIRTEMP	Y	XC DATA1	X/10
10	LAGUNA DE PERLAS	VELVIENTO	Y	XC DATA1	X/10
11	NANAWACITO	PRECIPIT	Y	XC DATA1	X/10
12	CAñAS GORDAS	LLUVIA	Y	XC DATA1	X/10
13	TECOMAPA SI	PRECIPIT	Y	XC DATA1	X/10
14	NOMBRE DE JESUS	BATERIA	Y	XC DATA1	X/100
15	TANZANIA	PROCIO	Y	XC DATA1	X/10
16	TANZANIA	LLUVIA	Y	XC DATA1	X/10
17	TANZANIA	PRESATM	Y	XC DATA1	X/10
18	LAGUNA DE PERLAS	PRESATM	Y	XC DATA1	X/10
19	ESTELI	HUMEDAD	Y	XC DATA1	
20	CAñAS GORDAS	DIRVIENTO	Y	XC DATA1	
21	ESTELI	#RACHA	Y	XC DATA1	X/10

Imagen 36 Contenido de tabla XC_SITESENSOR
Fuente: Elaboración propia

A.1.7. Captura de pantalla de una muestra de datos de la tabla XC_DATA

station_id character varying(20)	sensorname character varying(12)	time_tag timestamp without time zone	source character varying(1)	orig_value real	ed_value real
WIWILI	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	368.81	368.81
WIWILI	NIVEL	2015-07-22 09:30:00	S	1.942	1.942
WIWILI	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
WASPAM	VELVIENTO	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
WASPAM	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	3108.2	3108.2
WASPAM	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
WASPAM	DIRVIENTO	2015-07-22 09:30:00	S	223	223
WAPI	VELVIENTO	2015-07-22 09:30:00	S	0.5	0.5
WAPI	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	507.6	507.6
WAPI	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0.2	0.2
WAPI	DIRVIENTO	2015-07-22 09:30:00	S	207	207
VILLA NUEVA	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
VILLA NUEVA	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
VERACRUZ	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	395.4	395.4
VERACRUZ	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
TUMARIN	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	983.6	983.6
TUMARIN	NIVEL	2015-07-22 09:30:00	S	3.95	3.95
TUMARIN	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
TOLAPV	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	1135.4	1135.4
TOLAPV	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
TELPANECA	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	961.4	961.4
TELPANECA	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
TELICA	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	238	238
TELICA	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
SIUNAPV	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	2161.2	2161.2
SIUNAPV	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
SIEMPRE VIVA	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	1313.86	1313.85
SIEMPRE VIVA	NIVEL	2015-07-22 09:30:00	S	3.15	3.15
SIEMPRE VIVA	LLUVIA	2015-07-22 09:30:00	S	0	0
SANTO DOMINGO	PRECIPIT	2015-07-22 09:30:00	S	1310.71	1310.71

Imagen 37 Contenido de tabla XC_DATA1
Fuente: Elaboración propia

A.2. Anexos Migración de Datos

A.2.1. Imagen de la ventana de servicios de Windows

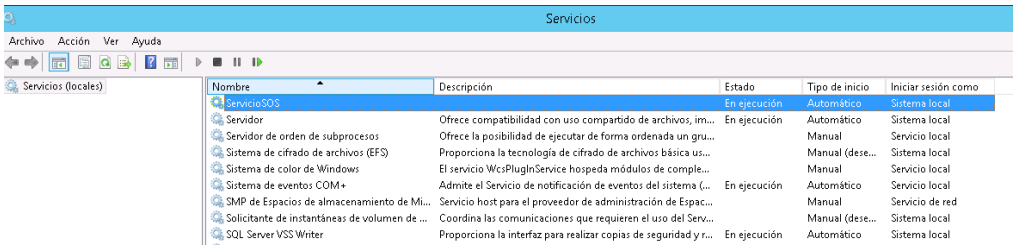


Imagen 38 Imagen de servicio de migración de datos
Fuente: Elaboración propia

A.3. Anexos de SIMET

A.3.1. Diagrama de clases SIMET

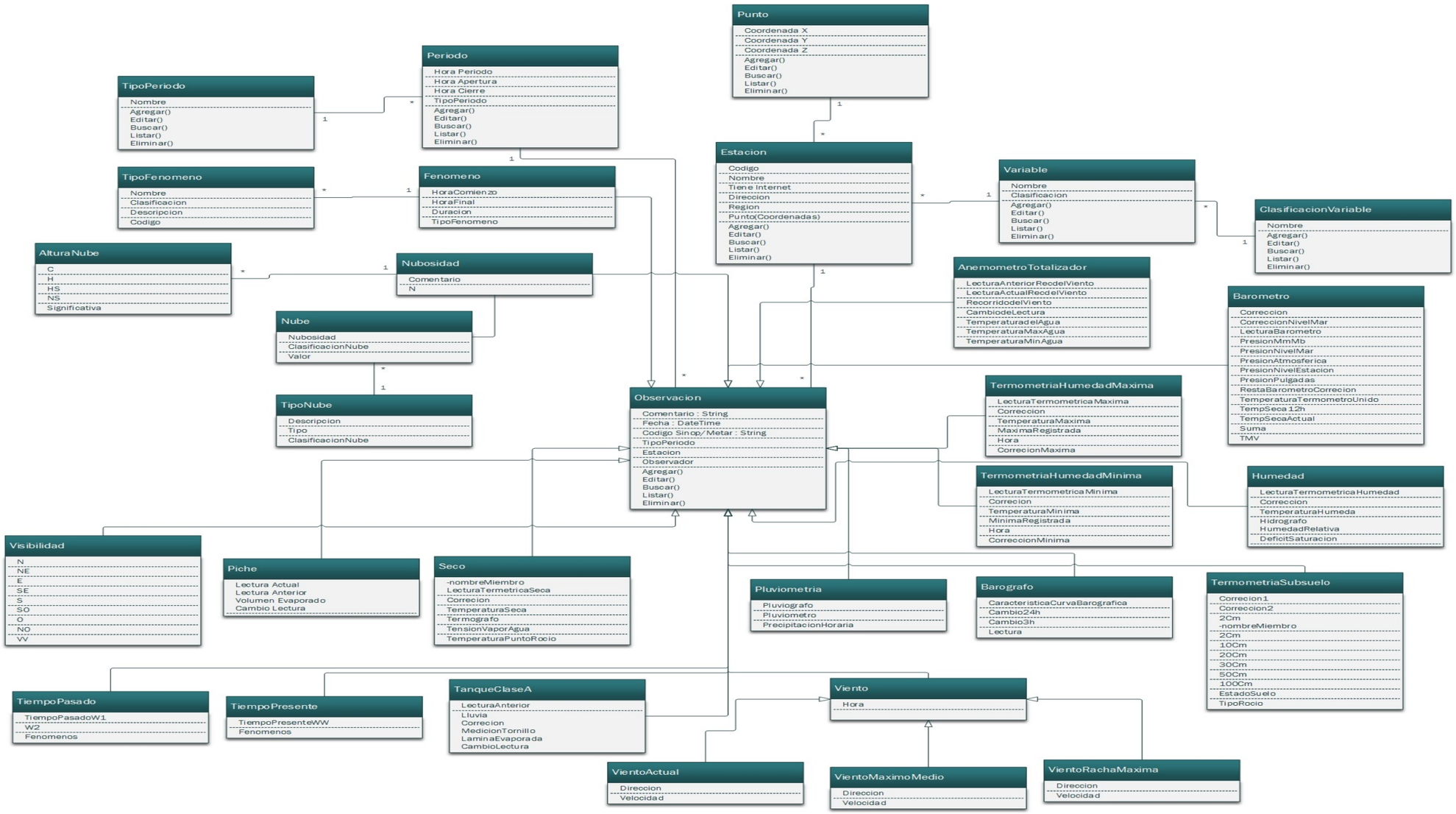


Imagen 39. Diagrama de clases SIMET
Fuente: Elaboración propia

A.3.2. Casos de uso SIMET

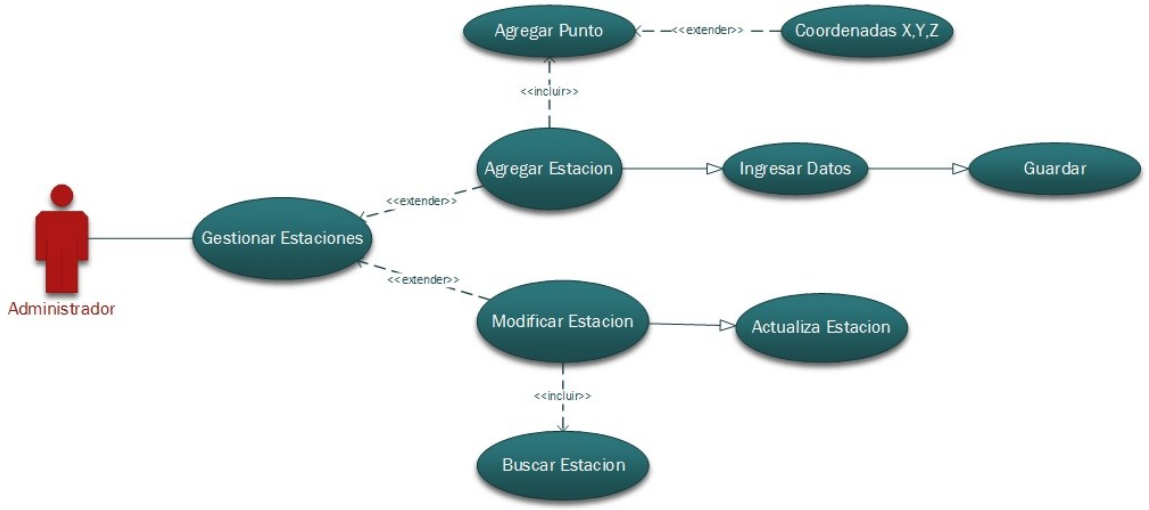


Imagen 40. Caso de uso - Administrar estaciones
Fuente: Elaboración propia

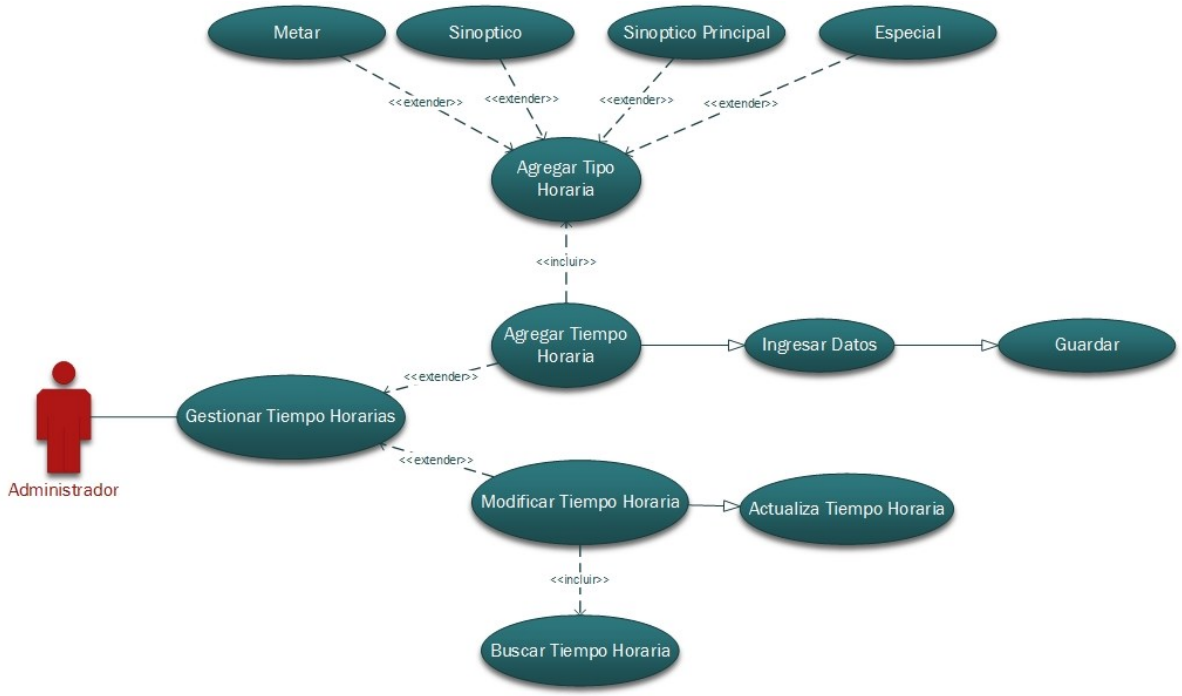


Imagen 41. Caso de uso - Administrar tipo horarias
Fuente: Elaboración propia

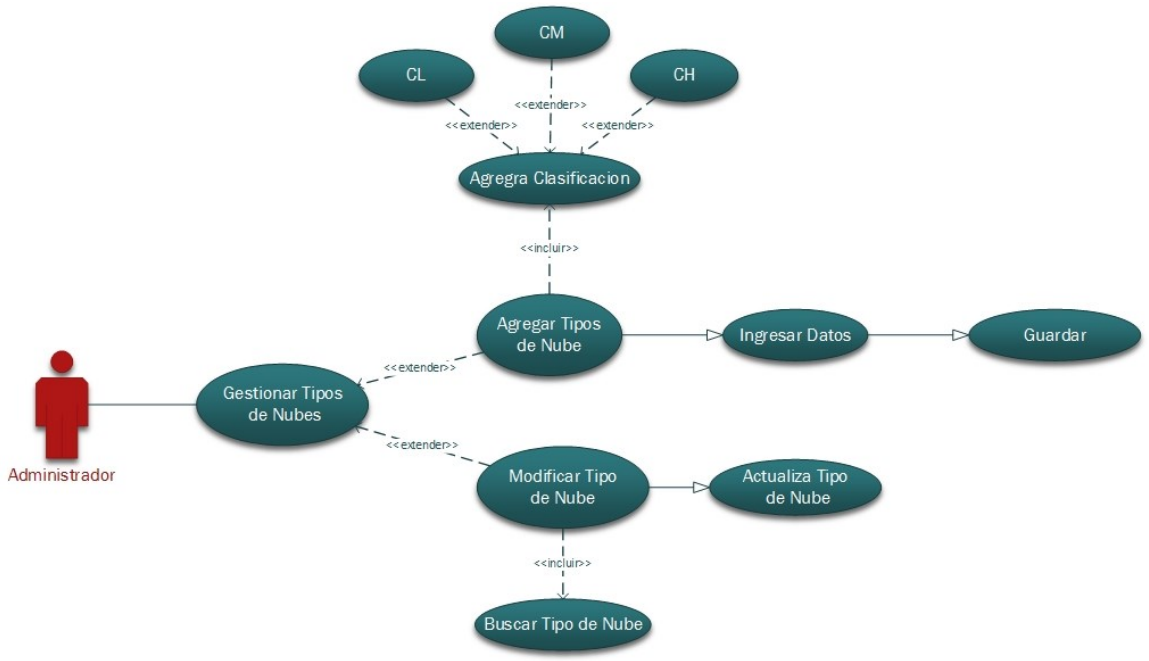


Imagen 42. Caso de uso - Administrar tipos de nube
Fuente: Elaboración propia

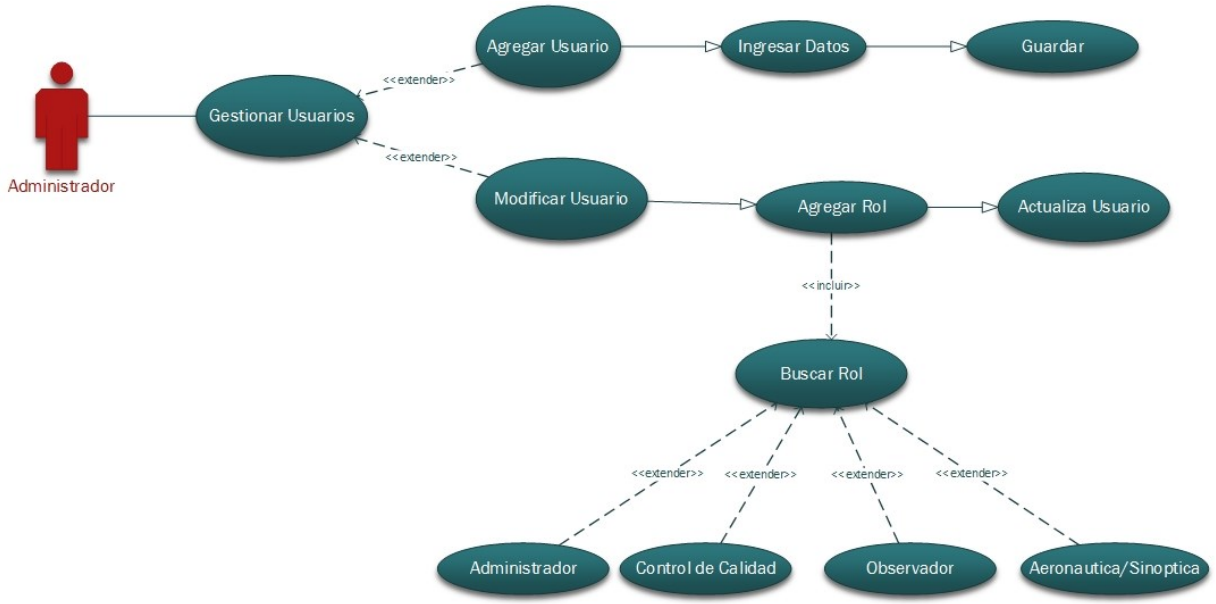


Imagen 43.Caso de uso - Administrar usuarios
Fuente: Elaboración propia

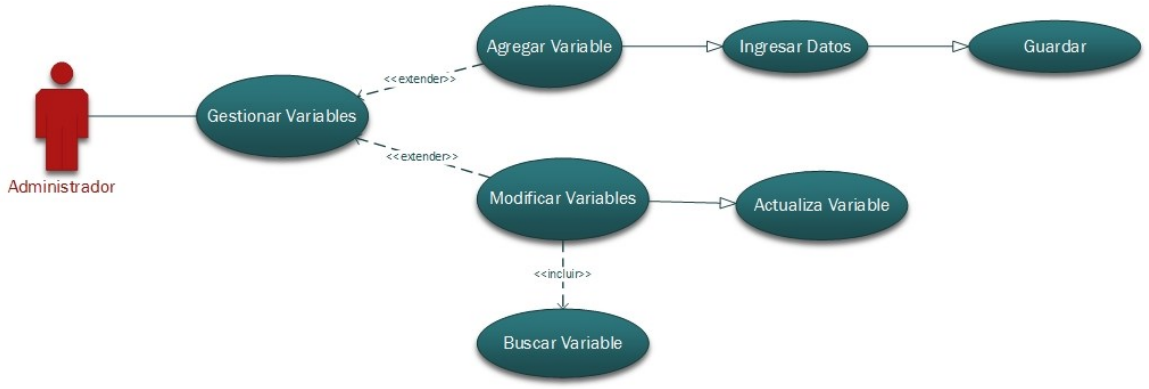


Imagen 44. Caso de uso - Administrar variables
Fuente: Elaboración propia

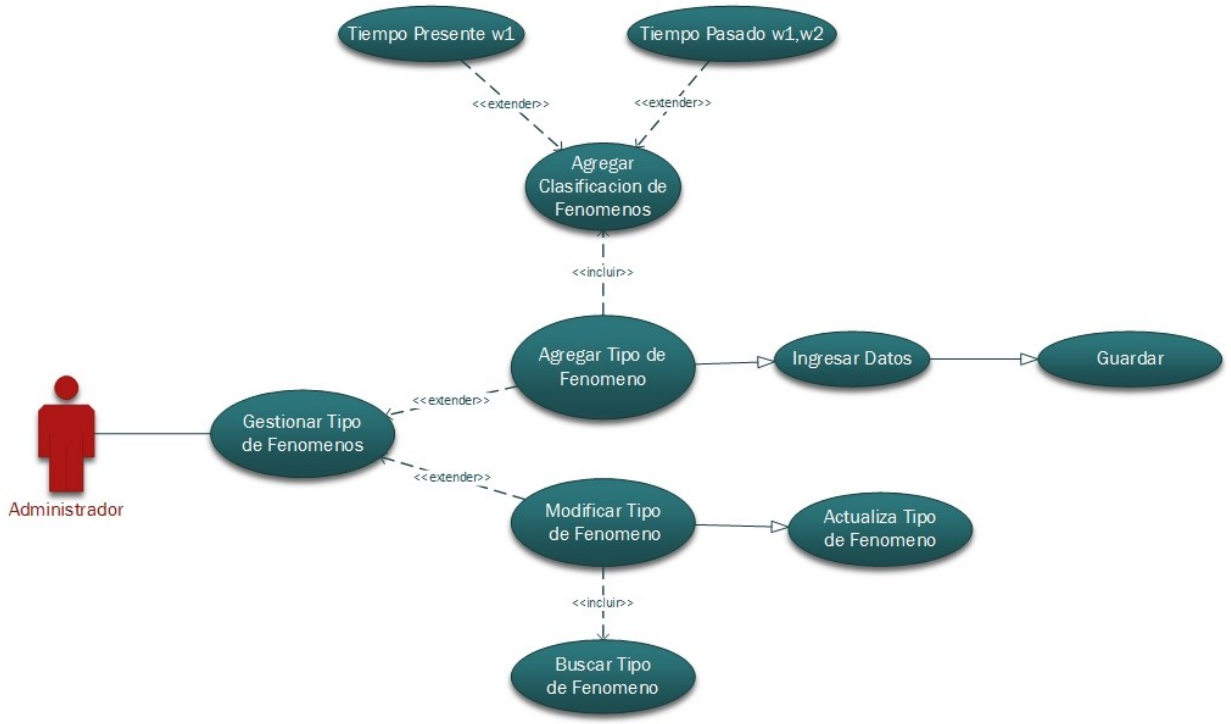


Imagen 45. Caso de uso - Administrar tipos de fenómenos
Fuente: Elaboración propia

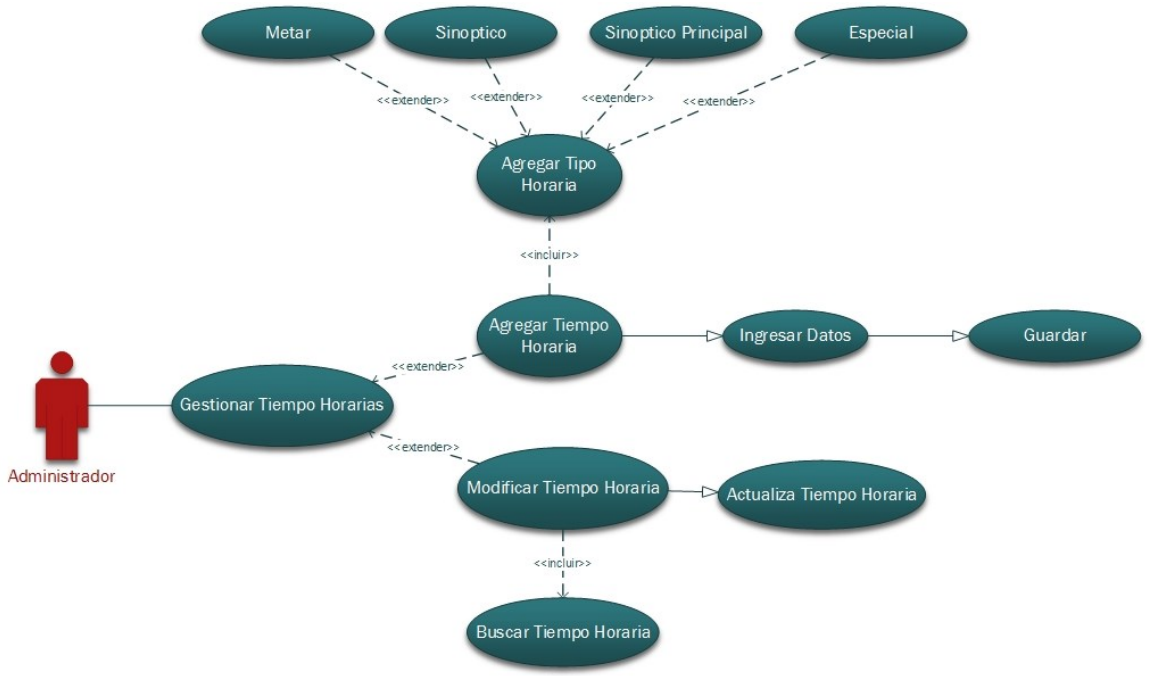


Imagen 46. Caso de uso - Administrar tiempo horarias
Fuente: Elaboración propia

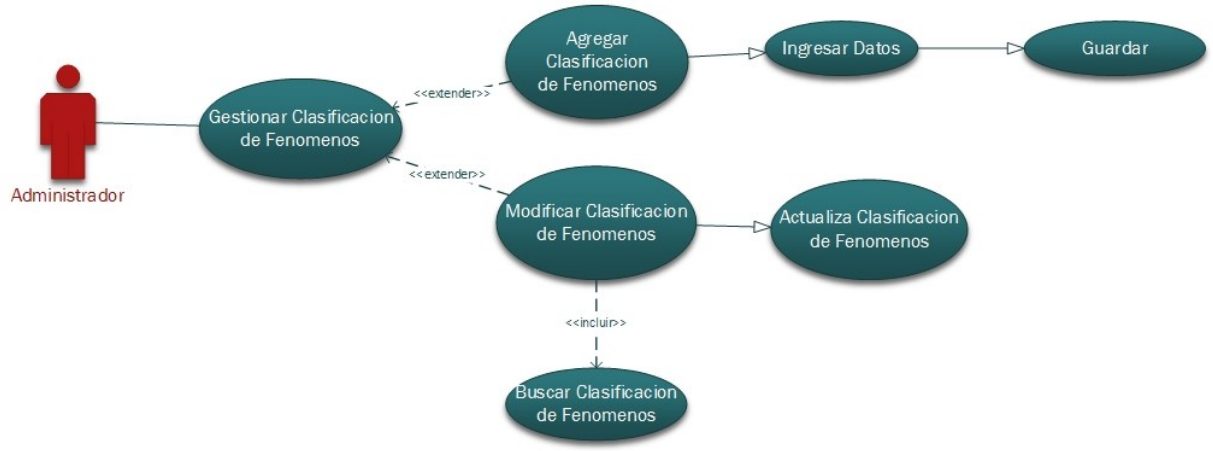


Imagen 47. Caso de uso - Administrar clasificación de fenómenos
Fuente: Elaboración propia

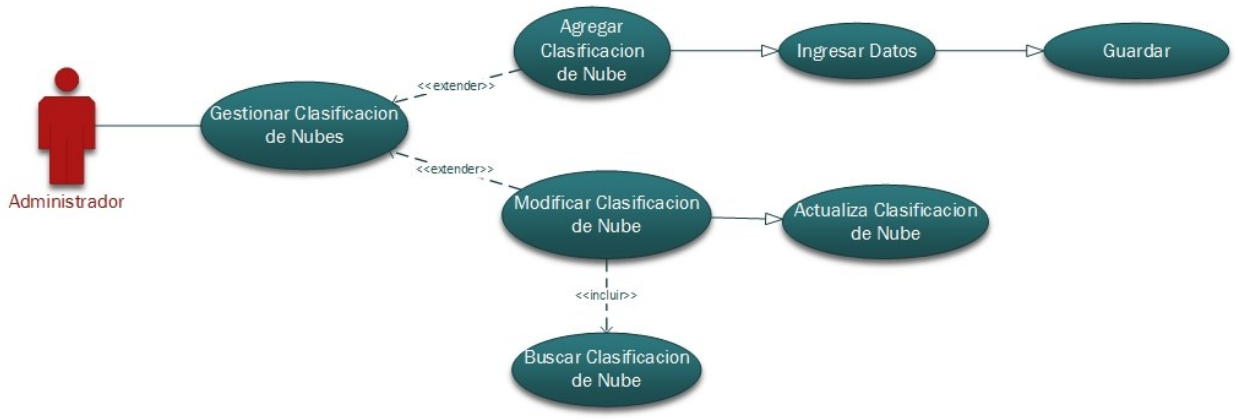


Imagen 48. Caso de uso - Clasificación de nubes
Fuente: Elaboración propia

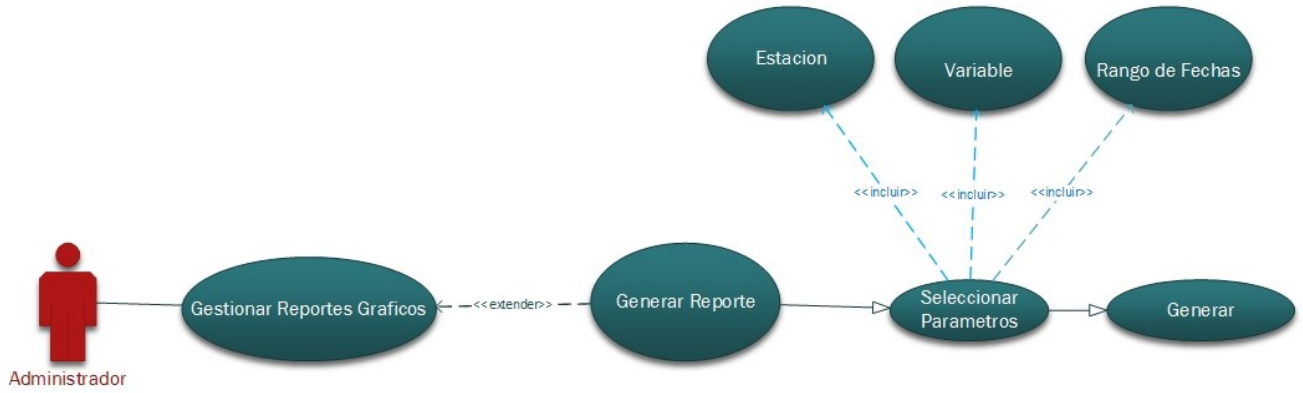


Imagen 49. Caso de uso - Generar reportes gráficos
Fuente: Elaboración propia

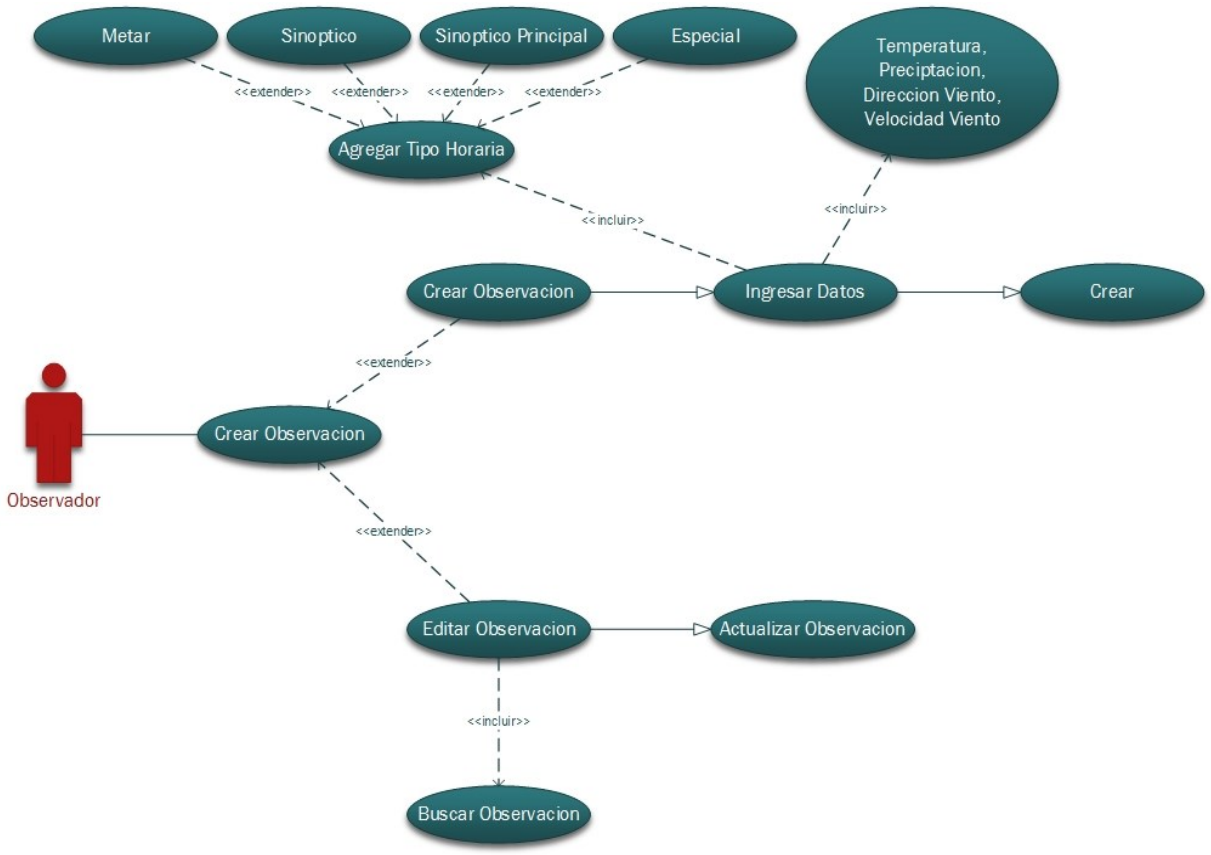


Imagen 50. Caso de uso - Crear observación – Observador
Fuente: Elaboración propia

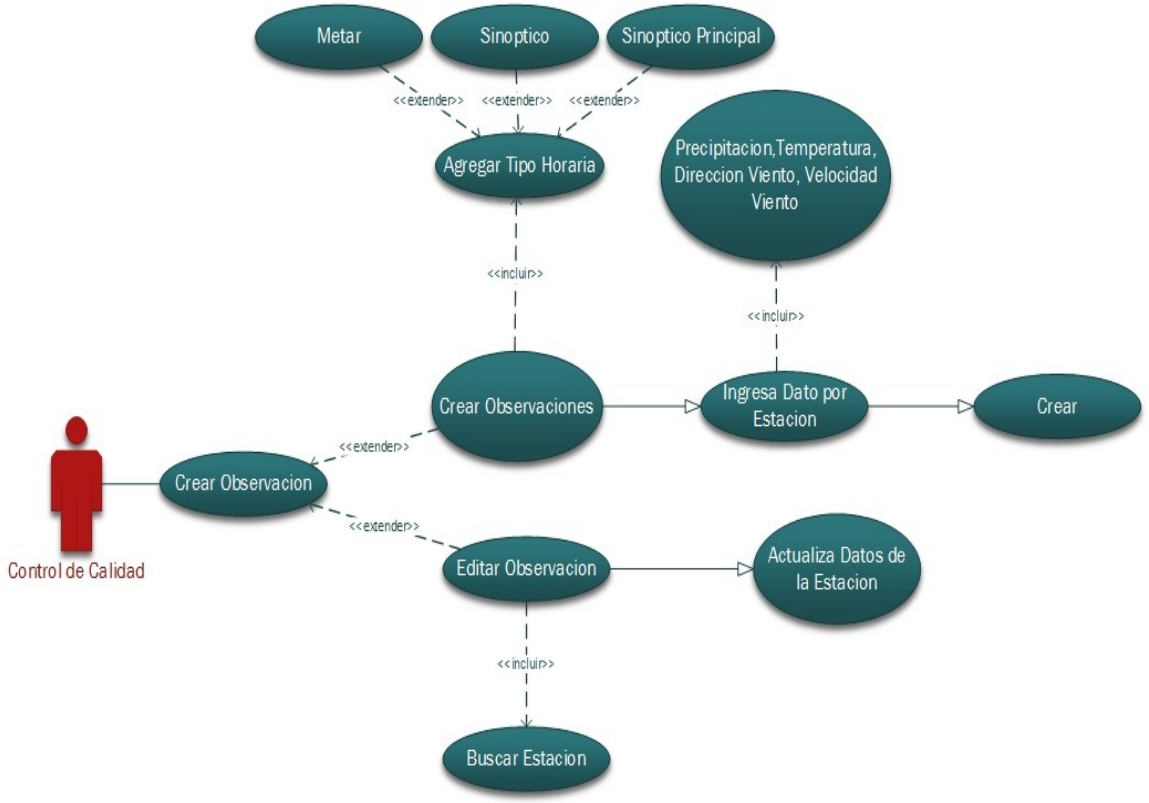


Imagen 51. Caso de uso - Crear observación - Control de calidad
Fuente: Elaboración propia

A.3.3. Diagramas de Secuencia SIMET

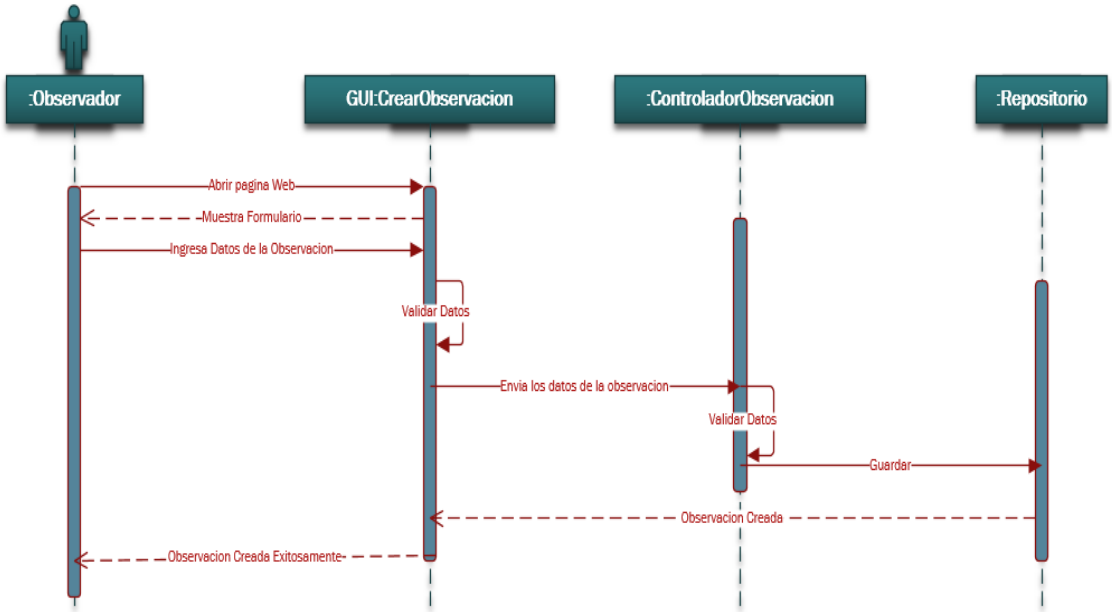


Imagen 52. Diagrama de secuencia - Crear observación - Observador
Fuente: Elaboración propia

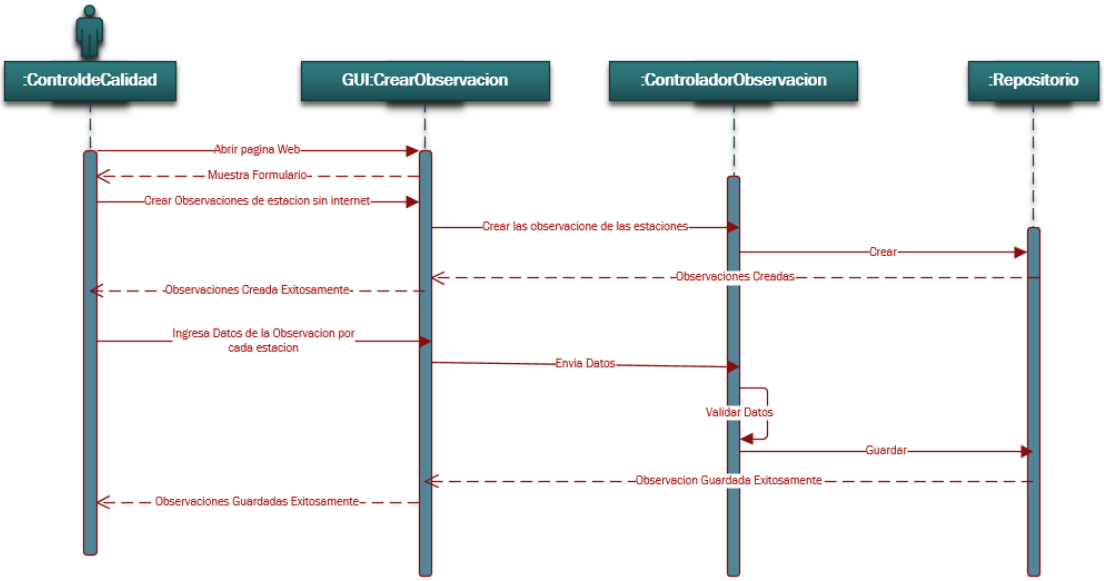


Imagen 53. Diagrama de secuencia - Crear observación - Control de calidad
Fuente: Elaboración propia

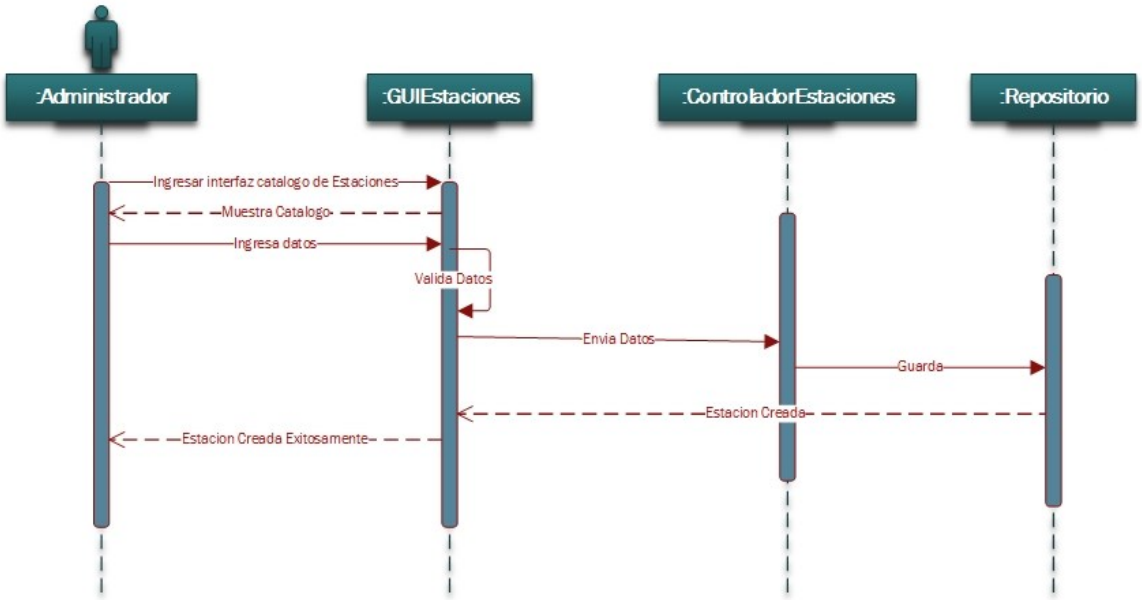


Imagen 54. Diagrama de secuencia - Administrar estaciones
Fuente: Elaboración propia

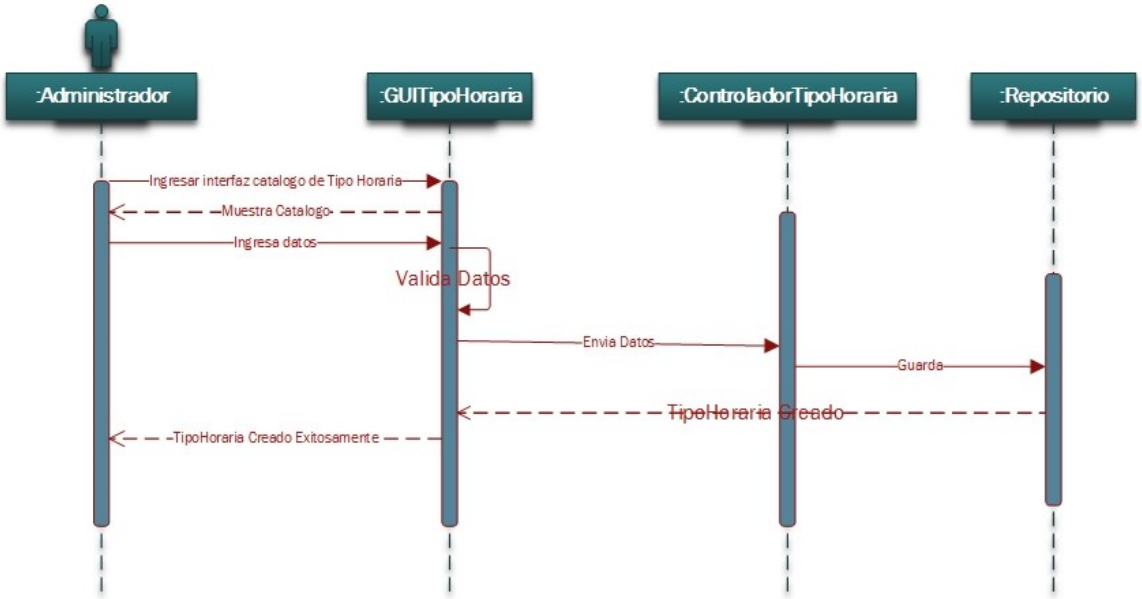


Imagen 55. Diagrama de secuencia - Administrar tipo horaria
Fuente: Elaboración propia

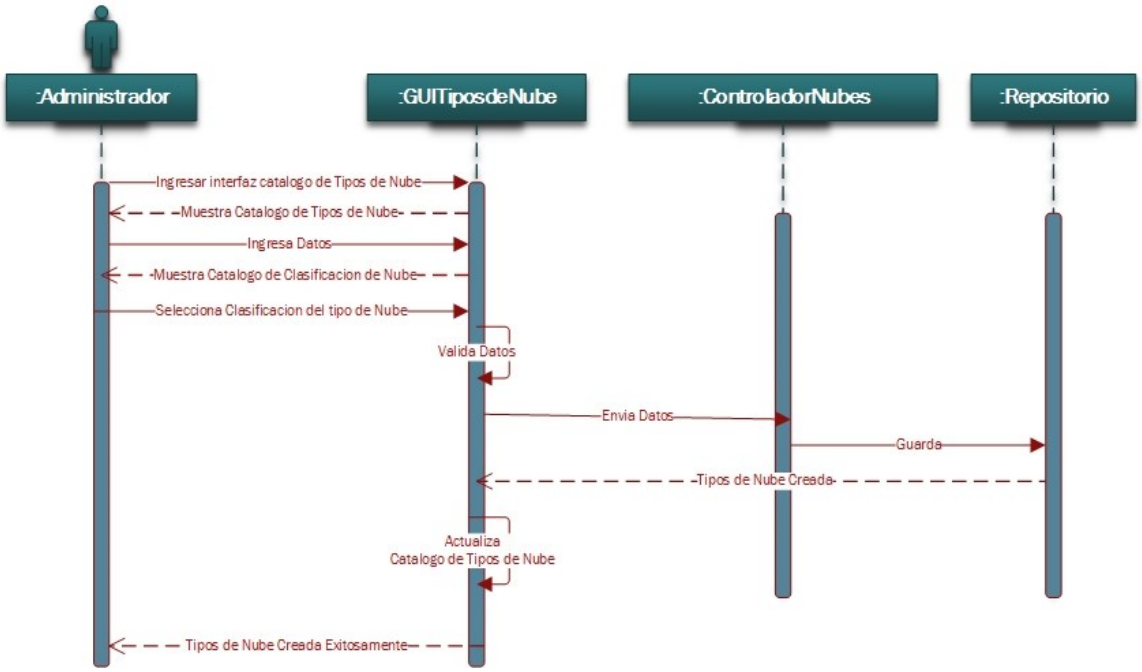


Imagen 56. Diagrama de secuencia - Administrar tipos de nube
Fuente: Elaboración propia

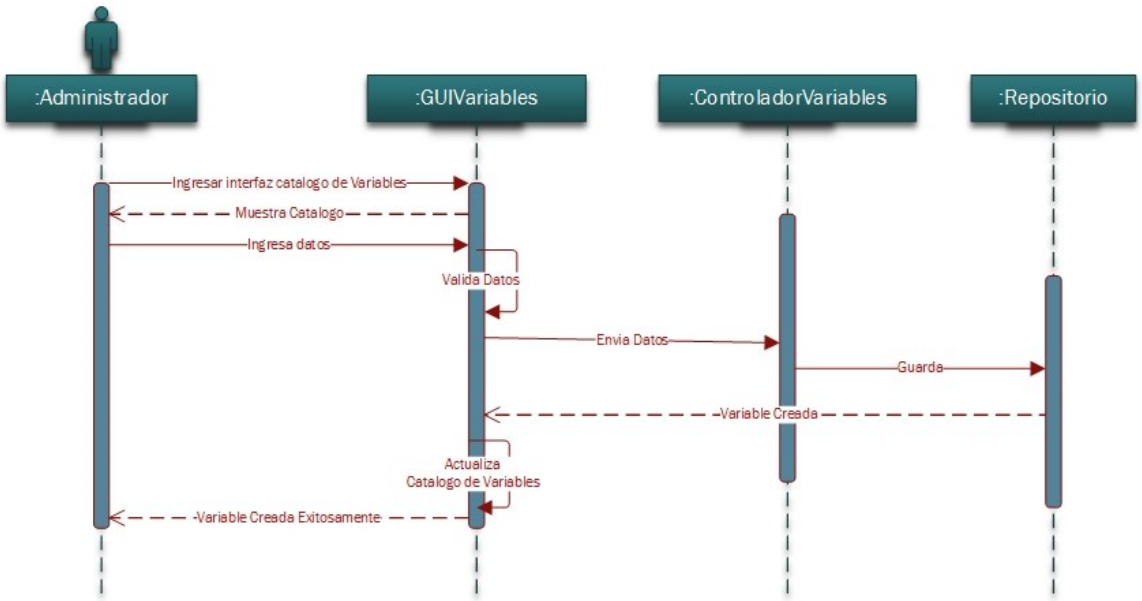


Imagen 57. Diagrama de secuencia – Administrar variables
Fuente: Elaboración propia

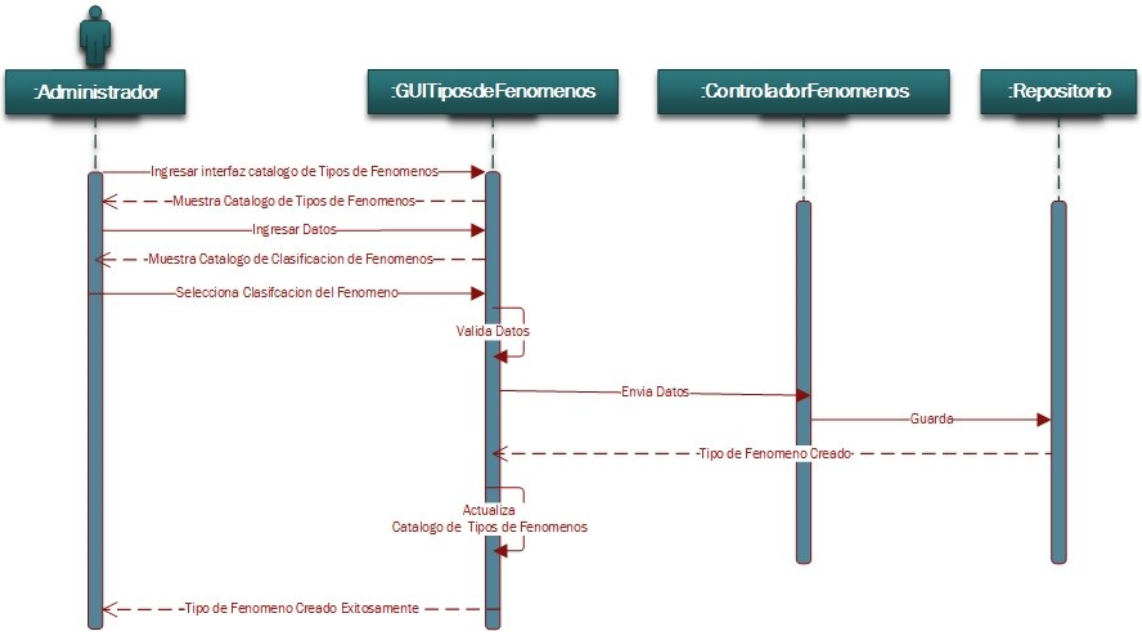


Imagen 58. Diagrama de secuencia - Administrar tipos de fenómeno
Fuente: Elaboración propia

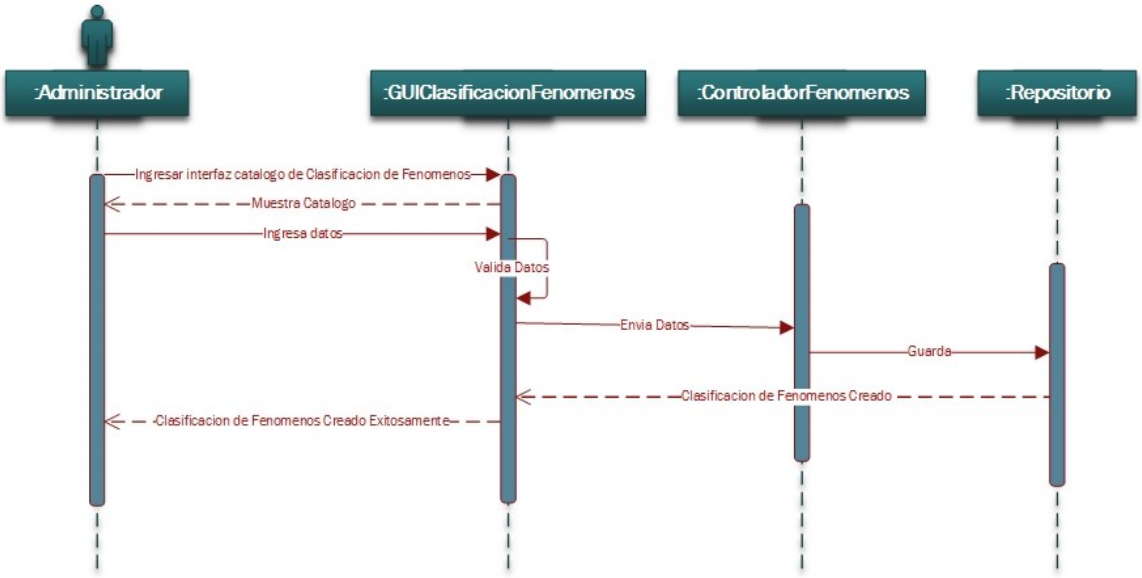


Imagen 59. Diagrama de secuencia - Administrar clasificación de fenómenos
Fuente: Elaboración propia

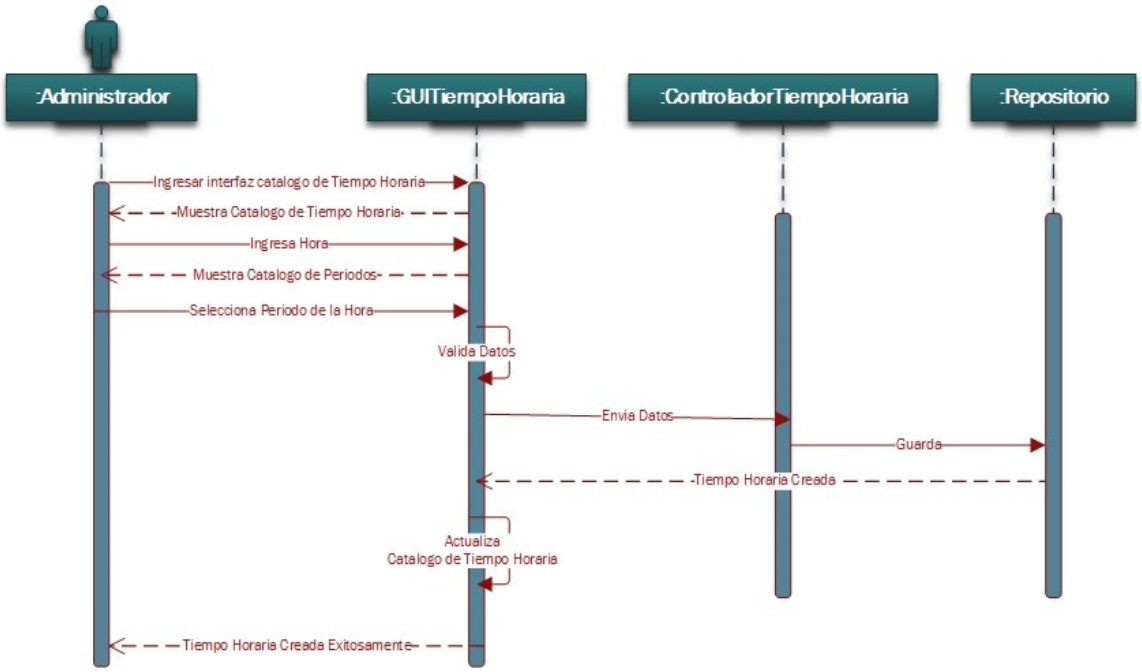


Imagen 60. Diagrama de secuencia - Administrar tiempo horaria
Fuente: Elaboración propia

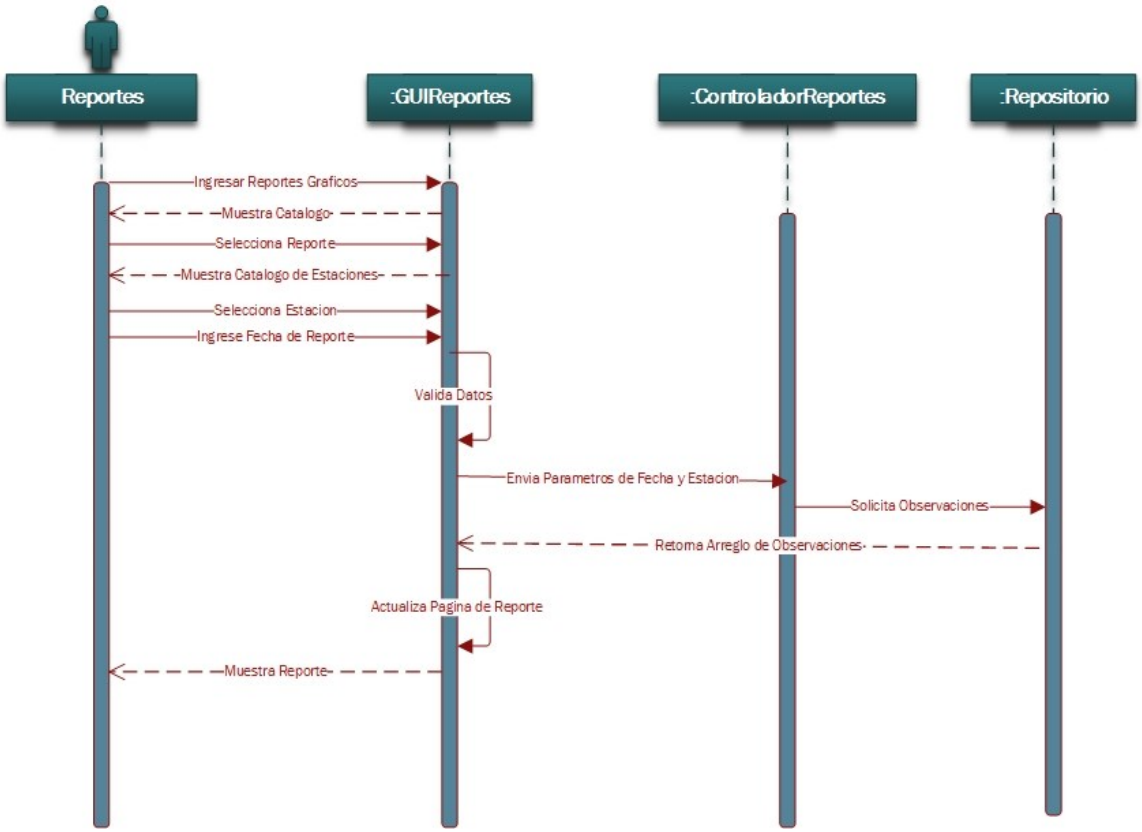


Imagen 61. Diagrama de secuencia - Generar reporte grafico
Fuente: Elaboración propia

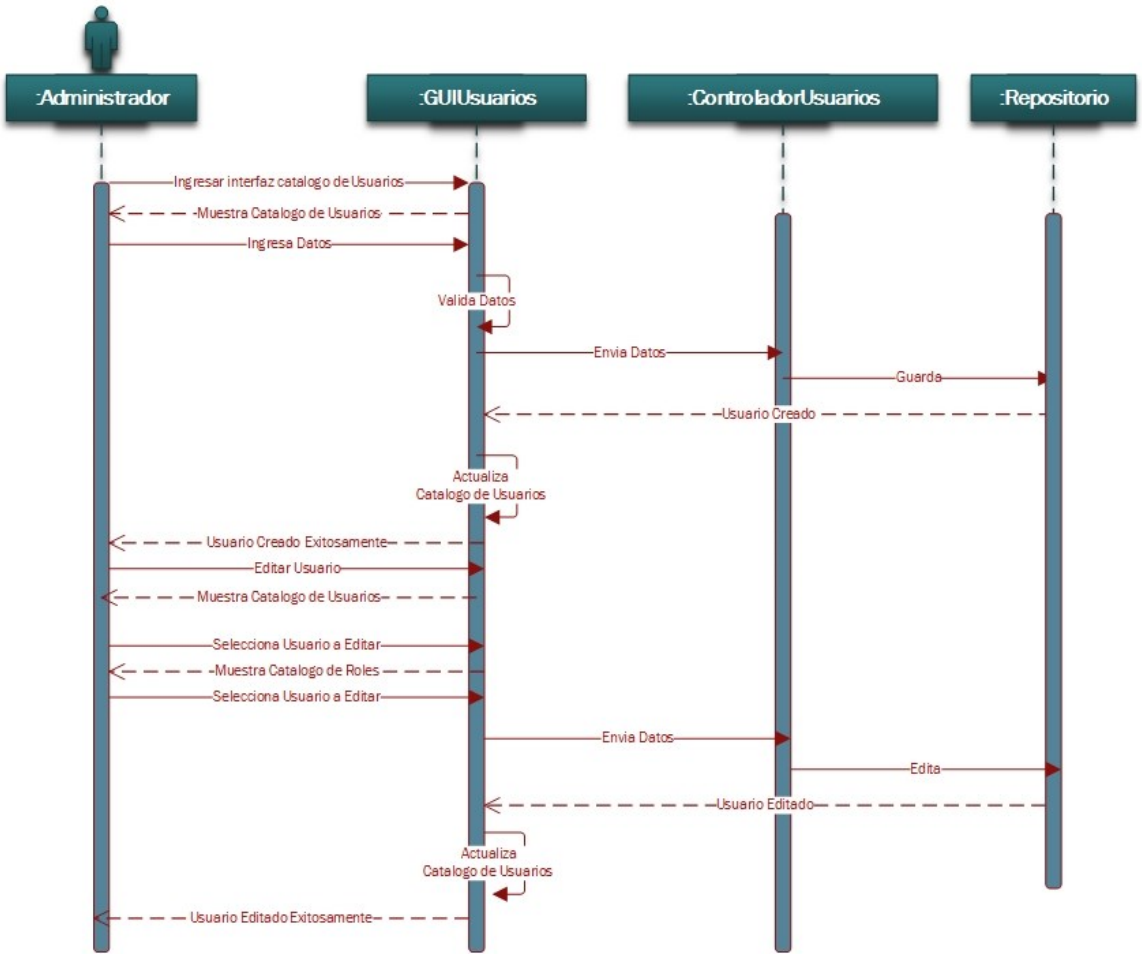


Imagen 62. Diagrama de secuencia - Administrar usuarios.
Fuente: Elaboración propia

A.3.4. Diagrama de paquetes

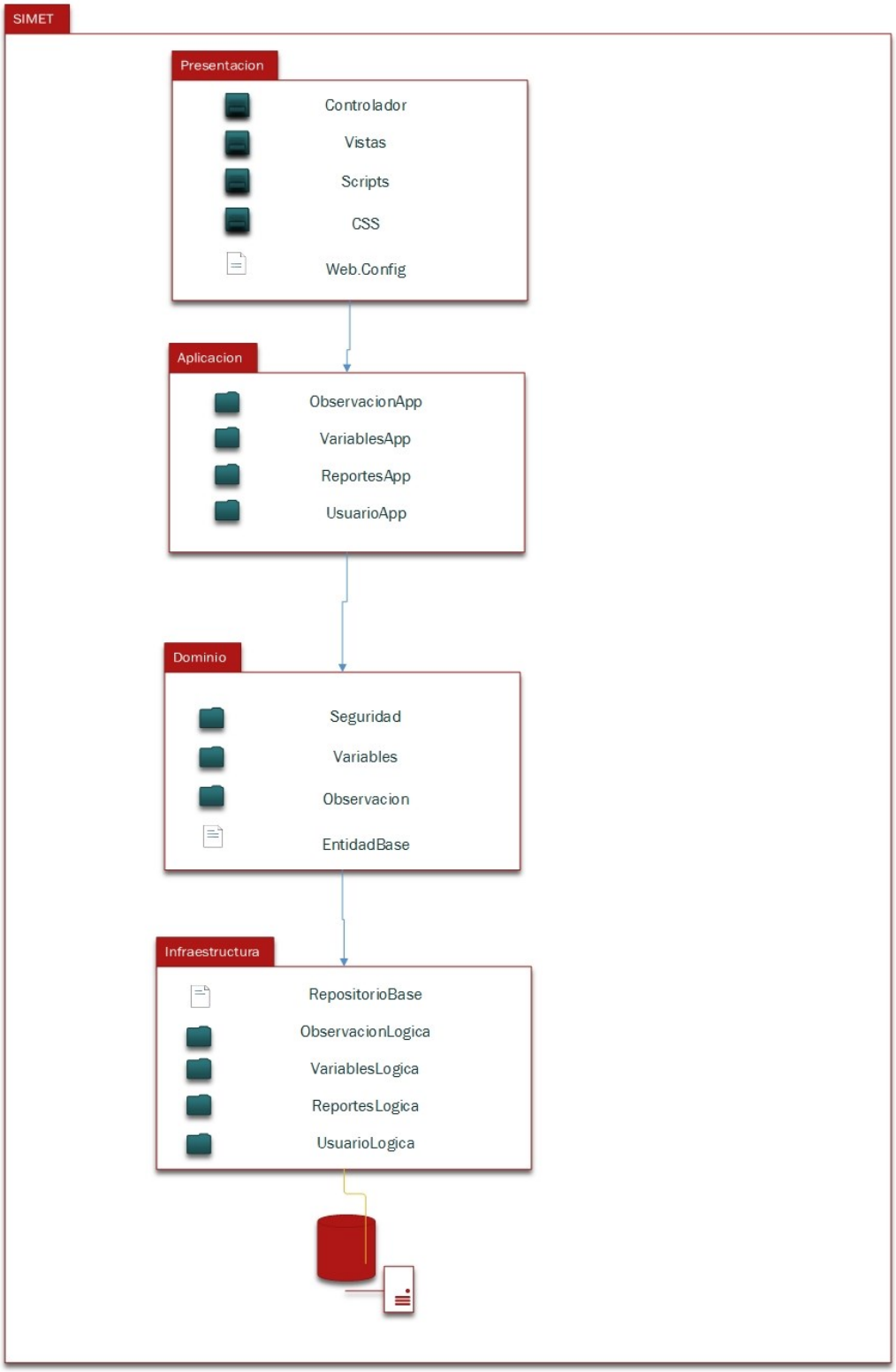


Imagen 63. Diagrama de paquetes SIMET
Fuente: Elaboración propia

A.3.5. Plantillas de Requerimientos Funcionales del SIMET

Tabla 21. Plantilla de requerimiento funcional - Login

Login según rol y estación(RF2)	
Requisito	RF2
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá la visualización de las opciones disponibles del sistema según su rol y estación.
Proceso	1. Ingresar con las credenciales (Usuario y Contraseña) asignadas.
Entrada	Nombre Usuario y contraseña.
Salida	Visualización del sistema según su rol y estación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Plantilla de requerimiento funcional - Crear observación

Crear observación según rol(RF3)	
Requisito	RF3
Complejidad	Alta
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá crear observación según rol, si es observador será solo para la estación a la cual el usuario pertenezca, si es control de calidad deberá crear n observaciones donde n representa la cantidad de estaciones convencionales en el país que no tengan acceso a internet.
Proceso	1. Ingresar con las credenciales correspondientes (Usuario y contraseña). 2. Ingresar al catálogo de observaciones. 3. Seleccionar la opción crear observación. 4. Ingresar los datos necesarios para la creación (Temperatura, Precipitación, Dirección del Viento y Velocidad del Viento). 5. Seleccionar Tipo Horaria

	6. Crear observación.
Entrada	Tipo de periodo, Código Metar, Temperatura, Precipitación, Dirección y Velocidad del Viento.
Salida	Visualización de la observación creada según rol. Si rol es observador la observación será una. De lo contrario si es Control de Calidad serán n-1 observaciones según la cantidad de estaciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Plantilla de requerimiento funcional - Almacenar variables

Almacenar todas las variables de la hoja de observación(RF4)	
Requisito	RF4
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá el almacenamiento de todas las variables de la hoja de observación de la forma más similar posible y cómoda al usuario.
Proceso	1. Ingresar al sistema con las credenciales. 2. Recolectar los valores de las variables hidrometeorológicas de los instrumentos analógicos. 3. Editar una observación.
Entrada	Datos de las variables de las estaciones convencionales.
Salida	Página de la hoja de observación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Plantilla de requerimiento funcional - Visor de aeronáutica y sinóptica

Visor de observaciones para el área de sinóptica y aeronáutica(RF5)	
Requisito	RF5
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá que aeronáutica y sinóptica tengan acceso únicamente a la visualización de los datos más importantes de las observaciones como lo son:

	Dirección del viento (DV), Velocidad del Viento (VV), Temperatura (TEMP) y la Precipitación (PREC) en tiempo cuasi real.
Proceso	1. Ingresar al sistema con las credenciales correspondientes. 2. Ingresar al catálogo de observaciones.
Entrada	Credenciales(Usuario y Contraseña)
Salida	Página de inicio únicamente con la opción de ver observaciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Plantilla de requerimiento funcional - Reportes gráficos

Reportes gráficos de series temporales de precipitación y temperatura (RF6)	
Requisito	RF6
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá que los usuarios tengan como rol administradores a la visualización de los reportes gráficos de temperatura y precipitación de las estaciones convencionales.
Proceso	1. Ingresar al sistema con las credenciales (Usuario y Contraseña). 2. Ingresar al menú de reportes 3. Seleccionar rango de fechas. 4. Seleccionar la variable (Temperatura o Precipitación) a graficar. 5. Seleccionar la opción graficar.
Entrada	Rango de Fechas, Variable.
Salida	Reporte gráfico de la estación/estaciones.

Fuente: Elaboración propia

A.3.6. Plantillas de Requerimientos No Funcionales

Tabla 26. Plantilla de requerimiento no funcional - Tiempo de respuesta

Tiempo de Respuesta (RNF2)	
Requisito	RNF2

Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema deberá dar un tiempo de respuesta adecuado a las necesidades de los usuarios al momento de llenar la observación y/o modificaciones así como buscar y eliminar observaciones.
Proceso	Desarrollo del sistema
Entrada	Desarrollo del sistema.
Salida	Sistema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Plantilla de requerimiento no funcional - Seguridad

Seguridad (RNF3)	
Requisito	RNF3
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema debe negar acceso a las personas no autorizadas, también, debe tener pistas de auditoria, rechazar accesos o modificaciones no autorizadas
Proceso	Desarrollo del sistema
Entrada	Desarrollo del sistema.
Salida	Sistema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Plantilla de requerimiento no funcional - Mantenibilidad

Mantenibilidad (RNF4)	
Requisito	RNF4
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema deberá tener la capacidad de ser modificado efectiva y eficientemente, debido a necesidades evolutivas, correctivas o perfectivas.
Proceso	Desarrollo del sistema

Entrada	Desarrollo del sistema.
Salida	Sistema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Plantilla de requerimiento no funcional - Usabilidad

Usabilidad (RNF5)	
Requisito	RNF5
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema deberá tener la capacidad para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo. Además de operarlo y controlarlo con facilidad por parte de los usuarios.
Proceso	Desarrollo del sistema.
Entrada	Desarrollo del sistema.
Salida	Sistema.

Fuente: Elaboración propia

A.3.7. Pruebas del Sistema

Tabla 30. Prueba de accesibilidad - SIMET

Conceptos de Accesibilidad	Cumple		Comentarios u observaciones
	Si	No	
1. ¿Se proporciona un texto equivalente para todo elemento no textual, tales como imágenes, para explicar su contenido a discapacitados visuales?	x		
2. ¿La información transmitida a través de los colores también está disponible sin color?		x	
3. ¿El documento está estructurado para que pueda ser leído con o sin una hoja de estilo, utilizando adecuadamente los tags de HTML?	x		
4. ¿El documento está escrito en un lenguaje adecuado y se deja claro cuando se cambia de idioma?	x		
5. ¿Las tablas se utilizan para presentar información y no para diagramar el contenido del Sitio Web?	x		
6. ¿Las páginas que utilizan nuevas tecnologías siguen funcionando cuando dicha tecnología no está presente (por ejemplo, los plug-ins de Flash)?	x		
7. ¿Se asegura la accesibilidad de los elementos de la página que tengan sus propias interfaces? (Por ejemplo, para el uso de Portlets)	x		
8. ¿Se permite al usuario activar elementos de las páginas, usando cualquier dispositivo como el mouse o el teclado y no sólo uno en particular?	x		
9. ¿Se ofrecen soluciones transitorias que permiten a usuarios con browsers antiguos, acceder a contenidos que han sido creados en nuevas tecnologías?	x		

10. ¿Se usan las tecnologías y guías de trabajo generadas por la W3C?		x
11. ¿Se ofrece ayuda y orientación a los usuarios para entender páginas o elementos complejos dentro de ellas? (Por ejemplo: mapas y gráficos)		x
12. ¿Se ofrecen elementos de navegación claros?	x	
13. ¿Se asegura que los documentos que se ofrecen a través del Sitio son simples, claros y pueden ser fácilmente entendidos?	x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Prueba de indexación de buscadores

Conceptos de indexación de buscadores	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. Todos los nuevos documentos que se agregan al Sitio Web ¿incluyen los campos de Metadata adecuados?	x		
2. Cuando un usuario accede al Sitio mediante un Link ofrecido en un buscador y esta página ya no existe, ¿se ofrece un mensaje personalizado que le permita encontrarla en su nueva ubicación o le ofrezca un contenido alternativo?	x		
3. ¿Tiene definido el texto que aparece en el tag HTML <title> para indicar el Nombre del Sitio o de la Institución?	x		
4. ¿El Sitio ofrece un contenido adecuado para el tag HTML META NAME="description"?		x	
5. ¿El Sitio ofrece un contenido adecuado para el tag HTML META NAME="keywords"?		x	

6. ¿El Sitio ofrece un texto adecuado en el texto que aparece en el META tag NAME="robots"?		x	
7. ¿El Sitio cuenta con un archivo de texto Robots.txt para los directorios que no se desea indexar?		x	
8. ¿El Sitio está indexado en el directorio DMOZ.org?		x	
9. ¿El Sitio está indexado en los buscadores Google y Altavista (bing)?	x		Google
10. ¿Ha definido como tarea permanente la de revisar la presencia del Sitio en Buscadores?		x	
11. ¿Ha definido como tarea permanente la realización de alianzas e intercambio de enlaces con otros Sitios de instituciones del Sector Público?		x	
12. ¿Revisa periódicamente el LOG (bitácora) del Sitio para identificar las palabras más utilizadas por los usuarios para acceder a su Sitio?		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Prueba de seguridad

SEGURIDAD	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. ¿El Sitio funciona correctamente y no presenta fallas al navegar por sus páginas o utilizar sus servicios? (especialmente en el caso de Trámites en línea)	x		
2. Los datos ingresados por un usuario a través de formularios, ¿son validados antes de ser enviados y procesados por el servidor del Sitio?	x		
3. ¿Todos los vínculos del Sitio tienen una página asociada y el contenido adecuado al vínculo señalado?	x		

4.	Frente a una búsqueda dentro del Sitio o cualquier operación en el mismo ¿los resultados se muestran correctamente?	x	
5.	¿Los datos privados, entregados voluntariamente por los usuarios, son guardados de manera reservada?	x	
6.	¿Se ofrece una Política de Privacidad de los Datos Personales y se informa de su existencia en las páginas pertinentes?		x
7.	¿Los servicios ofrecidos son realizados a través de canales de transacción seguros?	x	
8.	¿En los temas que requieren de accesos restringidos, el Sitio provee algún medio para validar el acceso, por ejemplo: a través de una caja de conexión con nombre de usuario y password?	x	
9.	¿La política de seguridad implementada para validar el acceso restringido es adecuada a los propósitos del servicio o de la institución?	x	
10.	¿Protege la integridad de sus programas y datos?	x	
11.	¿Se evita que sea visto, el nombre de los programas y los directorios?		x
12.	¿Se cuenta con un protocolo de seguridad para evitar ataques externos e intrusiones de hackers?		x
13.	¿Se cuenta con una política de respaldo de información que permita superar efectos de fallas derivadas del punto anterior?	x	
14.	¿Se ha revisado si los sitios web que requieran login de usuarios usan conexiones encriptadas vía HTTPS?	x	

15. ¿Se ha revisado si las contraseñas en el servidor son almacenadas utilizando un hash con un salt aleatorio?	x	
16. ¿Se ha verificado lógica de permisos para realizar las distintas acciones en el sitio web? Ej: ¿Que usuarios pueden borrar, crear, editar los diferentes elementos?	x	
17. ¿Se han filtrado los ataques de SQL Injection? Se recomienda utilizar PreparedStatements/Consultas parametrizadas para hacer consultas a la base de datos.	x	
18. ¿Se han realizado respaldos de la base de datos en forma periódica o se han programado estos respaldos en tareas?	x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Prueba de rapidez de acceso

Rapidez de Acceso	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. ¿El usuario puede encontrar en no más de 3 clics la información buscada?	x		
2. ¿Aparece el menú de navegación en un lugar destacado? ¿Se ve fácilmente?	x		
3. ¿El Sitio cuenta con un mapa y/o buscador que dé un acceso alternativo a los contenidos?		x	
4. ¿Es fácil llegar a las secciones más importantes del Sitio desde cualquier página?	x		
5. ¿El Sitio mantiene una navegación consistente y coherente en todas sus páginas?	x		
6. ¿El diseño usa jerarquías visuales para determinar lo importante con una sola mirada?	x		

7.	¿Los formularios ofrecen opciones que permitan al usuario evitar, cancelar o rehacer una acción?	x	
8.	¿El tamaño de la letra de los textos es adecuado y ajustable o modificable por el usuario usando las herramientas del programa visualizador?	x	
9.	¿Los vínculos, imágenes e íconos son claramente visibles y distinguibles?	x	
10.	¿Los vínculos (links) visitados y no visitados son claramente diferenciables?	x	
11.	¿Los íconos son representativos de la función o acción que realizan y son aclarados mediante una etiqueta ALT en HTML?	x	
12.	¿Todas las páginas cuentan con un título que indique el nombre de la institución e información de contactos virtuales y físicos al pie de la página?	x	
13.	¿Provee información del organigrama de la institución?, ¿Incluye nombres actualizados de las autoridades y la forma de contactarlos?		x
14.	¿El nombre de la URL está vinculado con el nombre o función de la institución y se ofrece en la barra superior del programa visualizador?	x	
15.	¿Ofrece el Sitio contenidos sobre la visión, misión, objetivos y plan estratégico de la institución?		x
16.	En el caso que existan palabras técnicas en los contenidos del Sitio ¿Existe una sección de glosario que las explique?, ¿es fácil llegar a él?		x
17.	¿Ofrece páginas de ayuda que explican cómo usar el Sitio Web?		x

18.	¿Ofrece área de Preguntas Frecuentes con datos de ayuda a usuarios?	x
19.	En caso de errores de consistencia dentro del sitio, ¿se ofrece un mensaje de personalizado mediante una página explicativa?, (Por ejemplo: Error 404 para página inexistente)	x

Fuente: Elaboración propia

A.3.7.1. Pruebas de la W3C

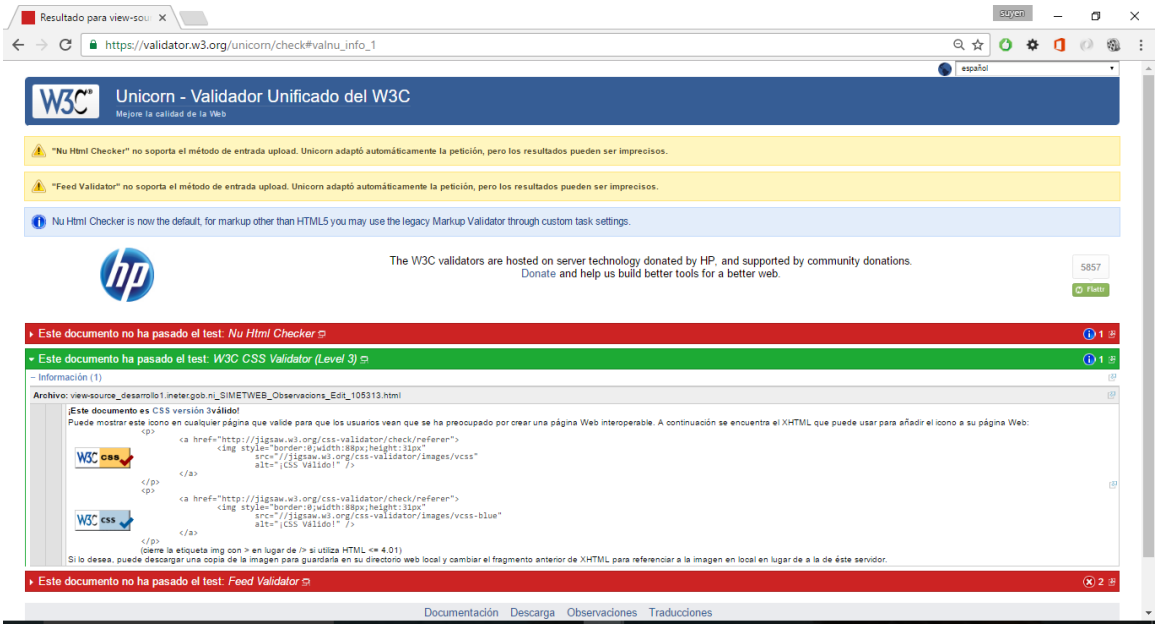


Imagen 64. Prueba 1 de la W3C – Validador unificado
Fuente: Elaboración Propia

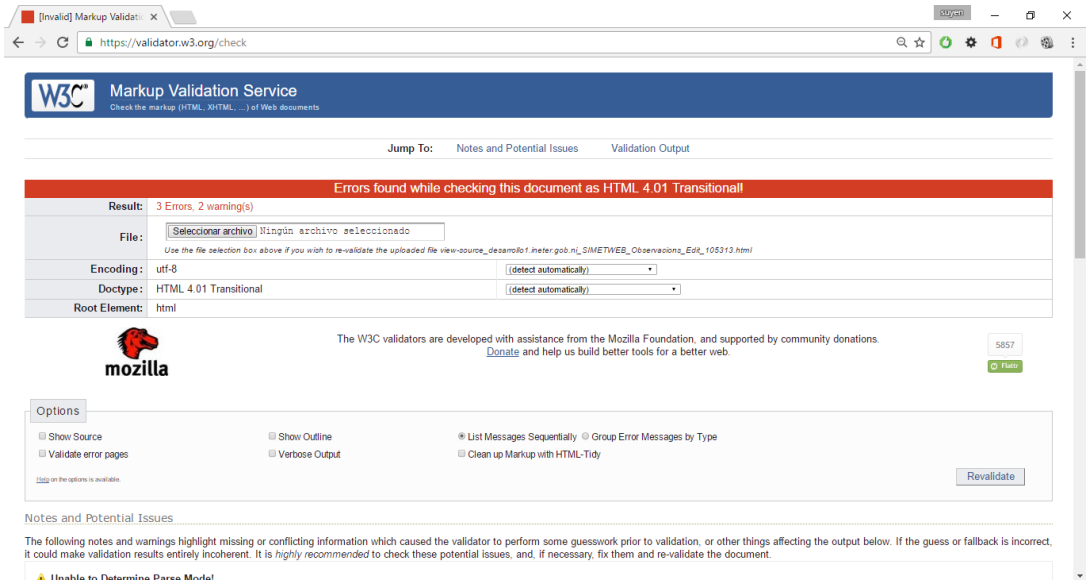


Imagen 65. Prueba 2 de la W3C - Markup validation
Fuente: Elaboración propia

A.3.8. Capturas del Sistemas

En la Imagen 66, se muestra la hoja de observación donde se ingresarán los datos de la hoja recolectados durante la observación de la hora correspondiente. Otro de los requisitos es que el diseño de la hoja fuese lo más similar la posible a la hoja física en que son recolectados los datos.

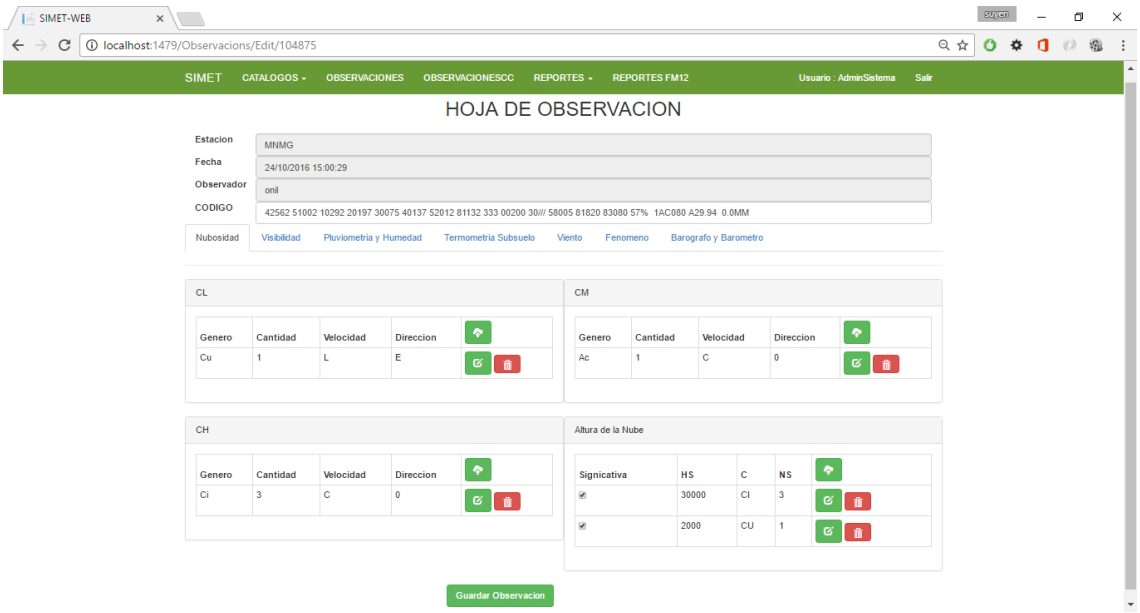


Imagen 66.Hoja de observación
Fuente: Elaboración propia

Uno más de los requerimientos enumerados en la parte de análisis del sistema, fue los reportes gráficos de las variables más significativas definidas por el rango de fechas que el usuario desee. Este privilegio es otorgado únicamente a los usuarios que tengan como rol ser administradores del sistema.

En la Imagen 67 se presentan el primer reporte grafico se muestra por estación y por variable donde en la página de inicio se muestra el diagrama de la temperatura y precipitación de los últimos 3 días en la estación de Managua.

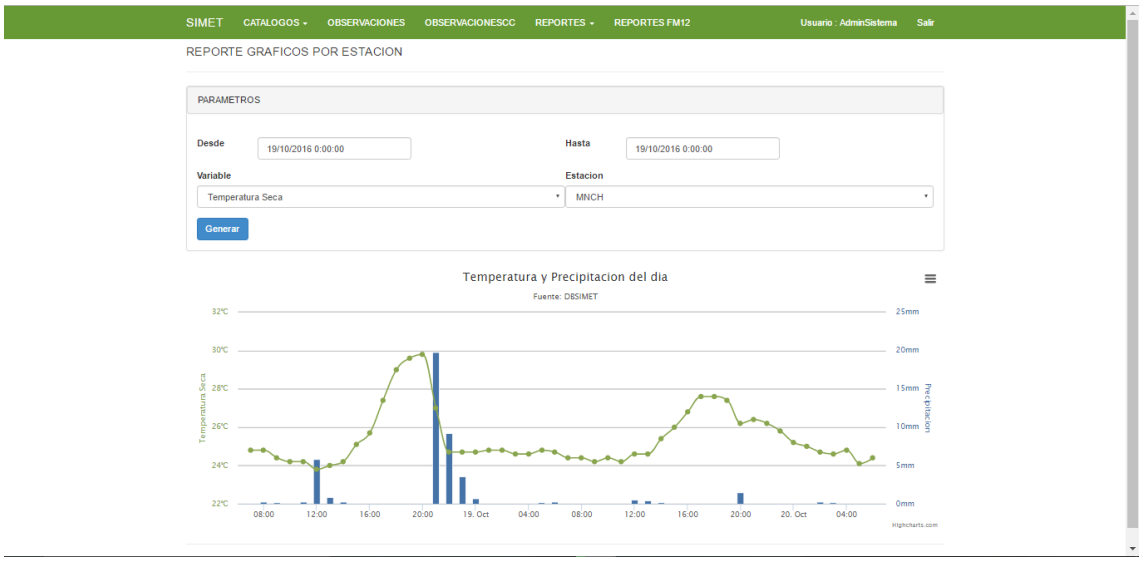


Imagen 67. Reporte grafico por estación, variable y rango de fechas
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 68, se muestra la segunda opción de reportes gráficos, donde se muestra todas las estaciones a la vez por variables por fecha seleccionada. De esta manera se puede apreciar mejor el comportamiento de la temperatura y la precipitación a través del día en todas las estaciones del país.

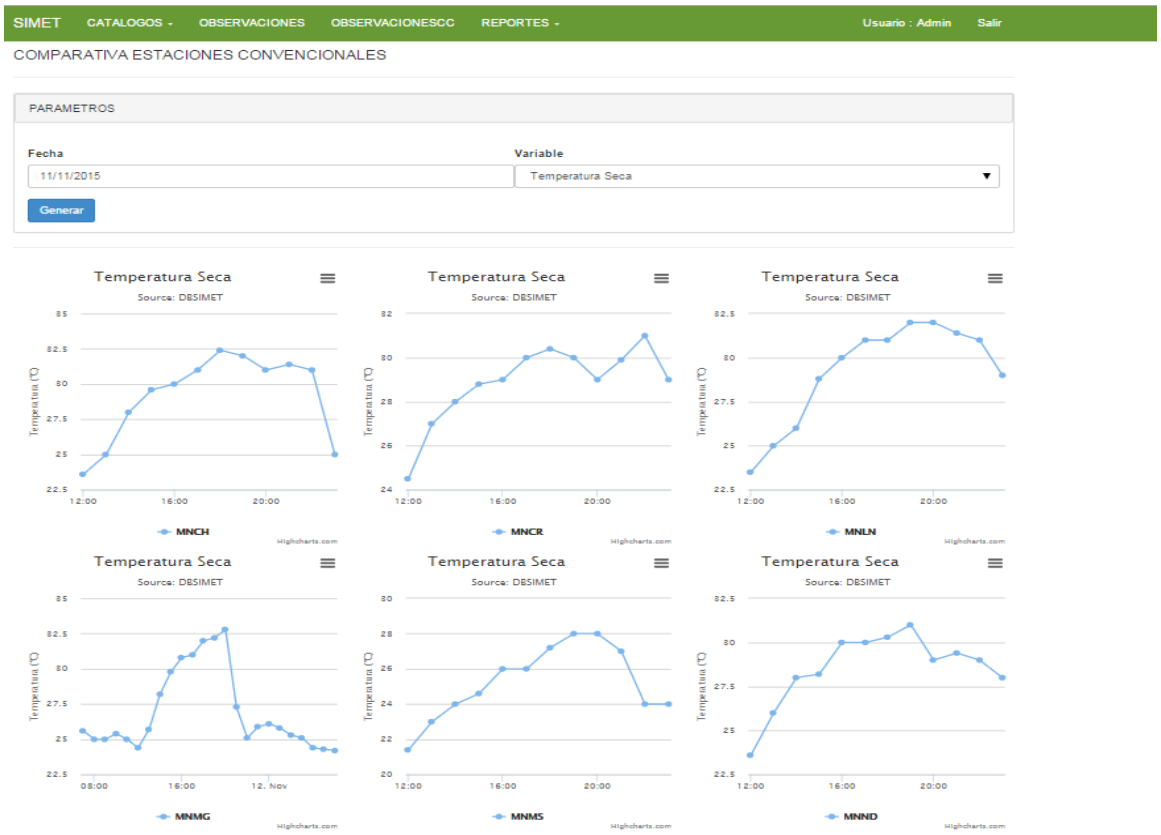


Imagen 68.Reporte grafico por variable y por día de todas las estaciones
Fuente: Elaboración propia

A.4. Anexos Norma UNE

A.4.1. Imagen de las estaciones meteorológicas automáticas

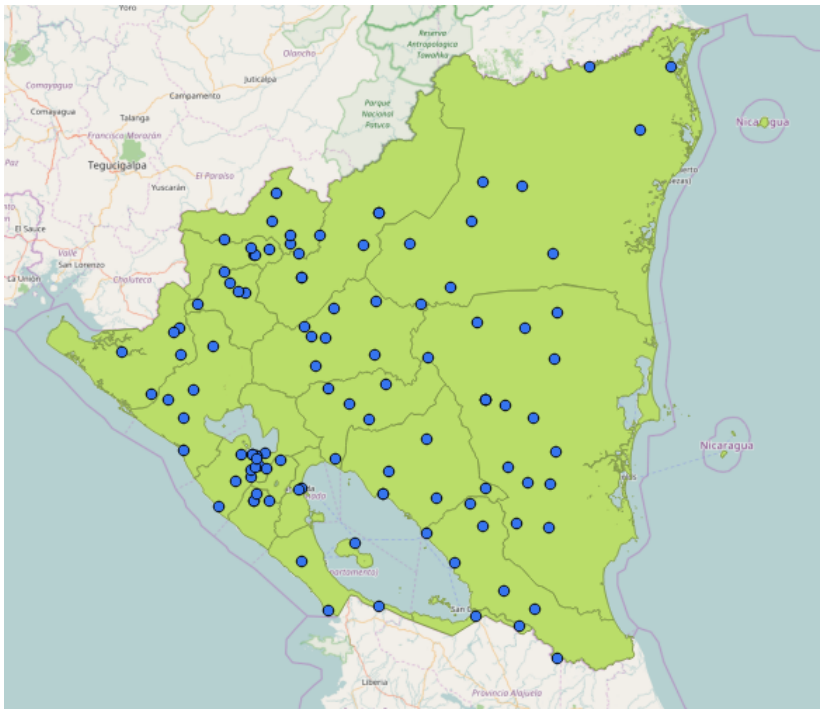


Imagen 69 Mapa de las estaciones meteorológicas automáticas que se validaran
Fuente: Elaboración propia

A.4.2. Histograma de datos resultantes

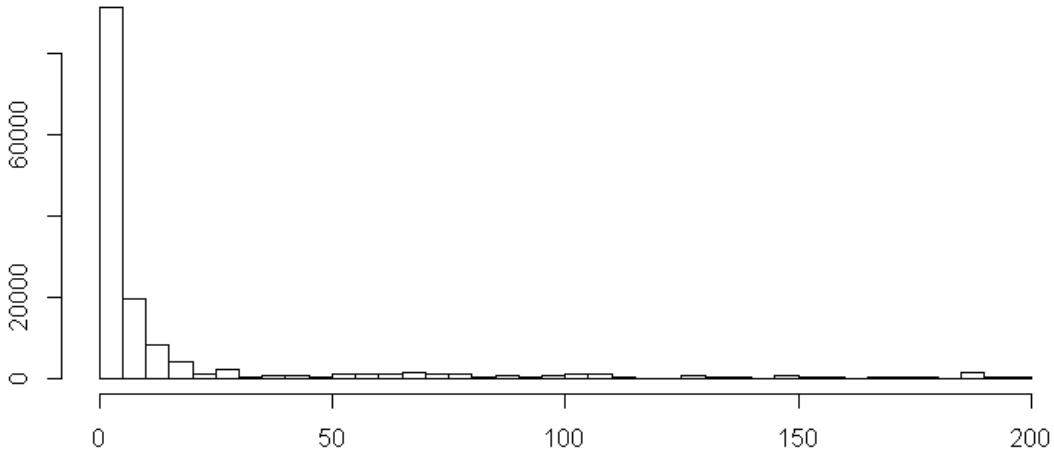


Imagen 70 Histograma de datos resultantes después de haber aplicado validación
Fuente: Elaboración propia

A.5. Anexos Interoperabilidad

A.5.1. Vista tabular de serie temporal en el cliente SOS

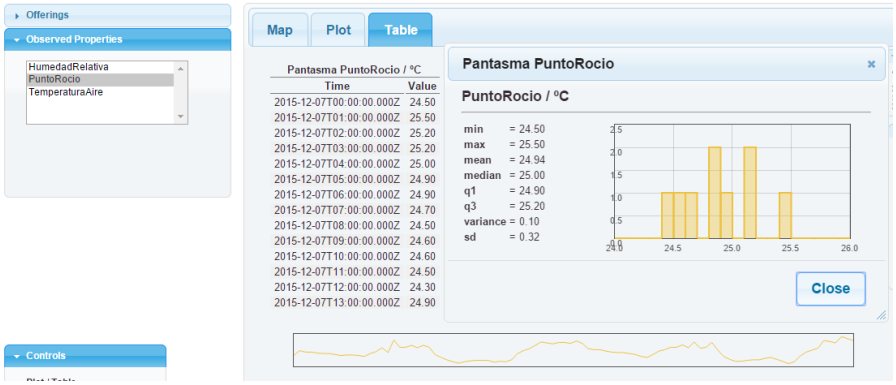


Imagen 71 Vista tabular de serie temporal en el cliente SOS
Fuente: Elaboración propia

A.5.2. Formato de consulta al servicio SOS

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<env:Envelope
    xmlns:env="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope
http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope/soap-envelope.xsd">
    <env:Body>
        <sos:GetObservation
            xmlns:sos="http://www.opengis.net/sos/2.0"
            xmlns:fes="http://www.opengis.net/fes/2.0"
            xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2"
            xmlns:swe="http://www.opengis.net/swe/2.0"
            xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
            xmlns:swes="http://www.opengis.net/swes/2.0" service="SOS" version="2.0.0"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sos/2.0 http://schemas.opengis.net/sos/2.0/sos.xsd">
            <sos:procedure>RMYoung5600X5200X00088</sos:procedure>
            <sos:observedProperty>VientoVelocidad</sos:observedProperty>

            <sos:temporalFilter>
                <fes:During>
                    <fes:ValueReference>phenomenonTime</fes:ValueReference>
                    <gml:TimePeriod gml:id="tp_1">
                        <gml:beginPosition>2015-12-01T12:00:00.000Z</gml:beginPosition>
                        <gml:endPosition>2015-12-01T12:30:00.000Z</gml:endPosition>
                    </gml:TimePeriod>
                </fes:During>
            </sos:temporalFilter>
            <sos:featureOfInterest>Acoyapa</sos:featureOfInterest>
            <sos:responseFormat>http://www.opengis.net/om/2.0</sos:responseFormat>
        </sos:GetObservation>
    </env:Body>
</env:Envelope>
```

Imagen 72 Formato de consulta al servicio SOS
Fuente: Elaboración propia

A.5.3. Anexo WMS

En la siguiente imagen se muestra el resultado de la operación *GetCapabilities* del servicio WMS, este devuelve un documento con los metadatos que describen el servicio.

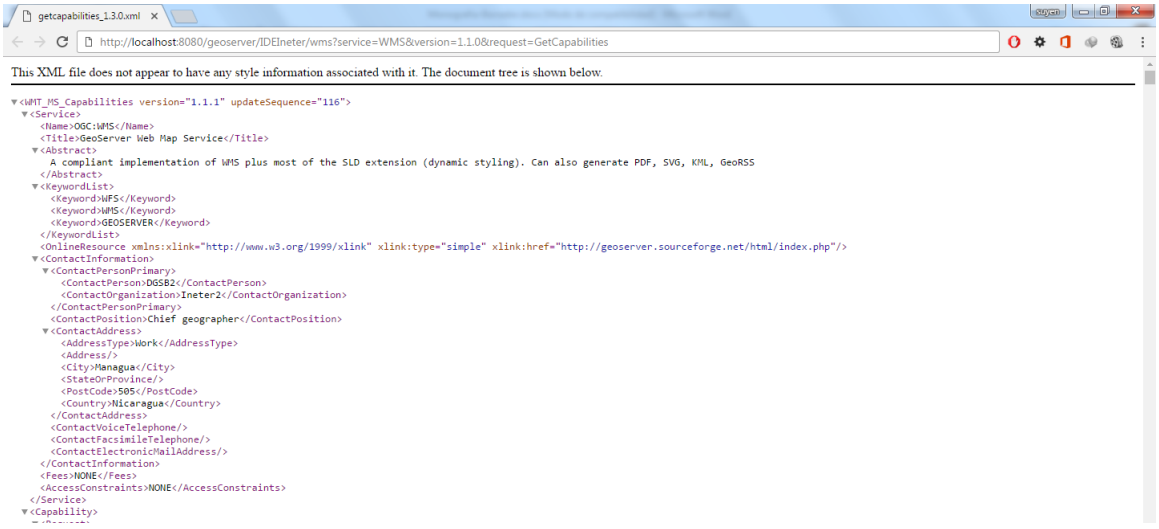


Imagen 73. Resultado de la operación GetCapabilities – WMS
Fuente: Elaboración propia

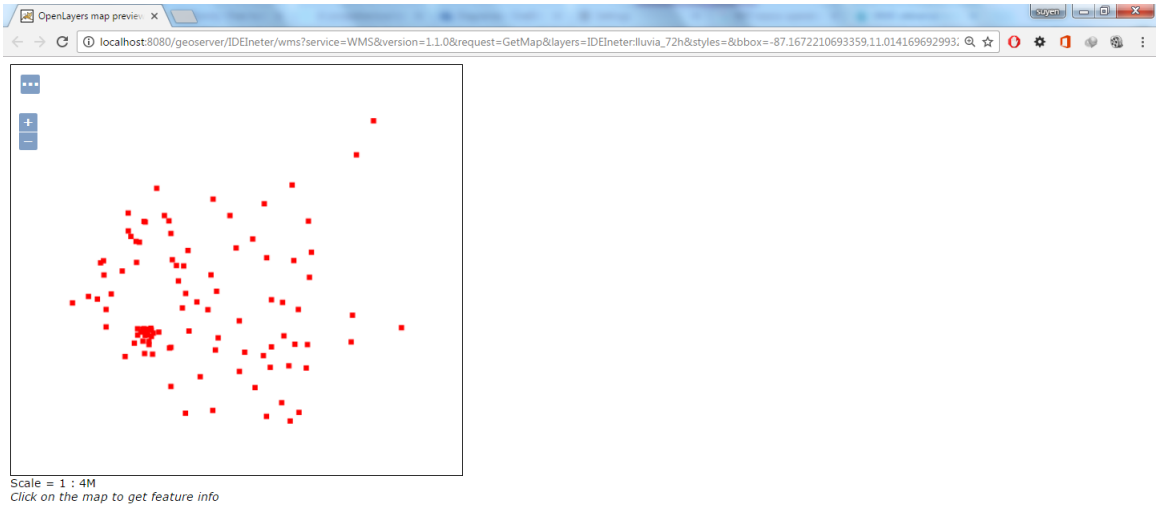


Imagen 74. Resultado operación GetMap de la lluvia 72hrs – WMS
Fuente: Elaboración propia

A.5.4. Anexo WFS

En la siguiente imagen se muestra el resultado de la operación *GetCapabilities* del servicio WFS, este devuelve un documento con los metadatos que describen el servicio.

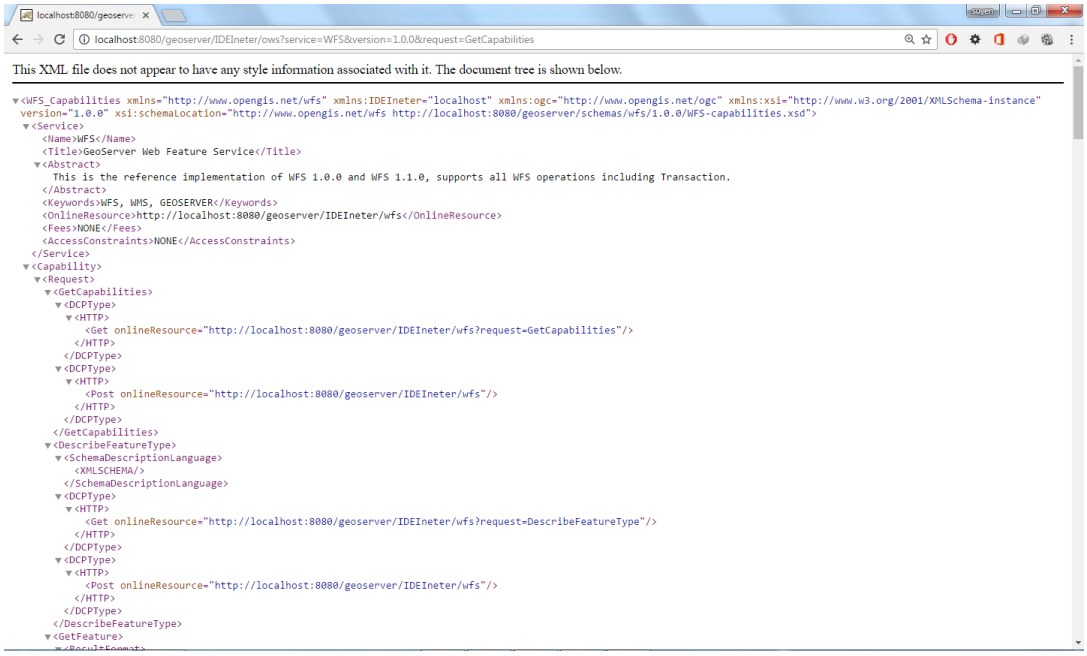


Imagen 75. Resultado operación GetCapabilities – WFS
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra el resultado de la operación *Transaction* del servicio WFS.

Imagen 76. Resultado de la operación Transaction – WFS
Fuente: Elaboración propia

A.6. Anexos CAELUS

A.6.1. Diagrama de clases

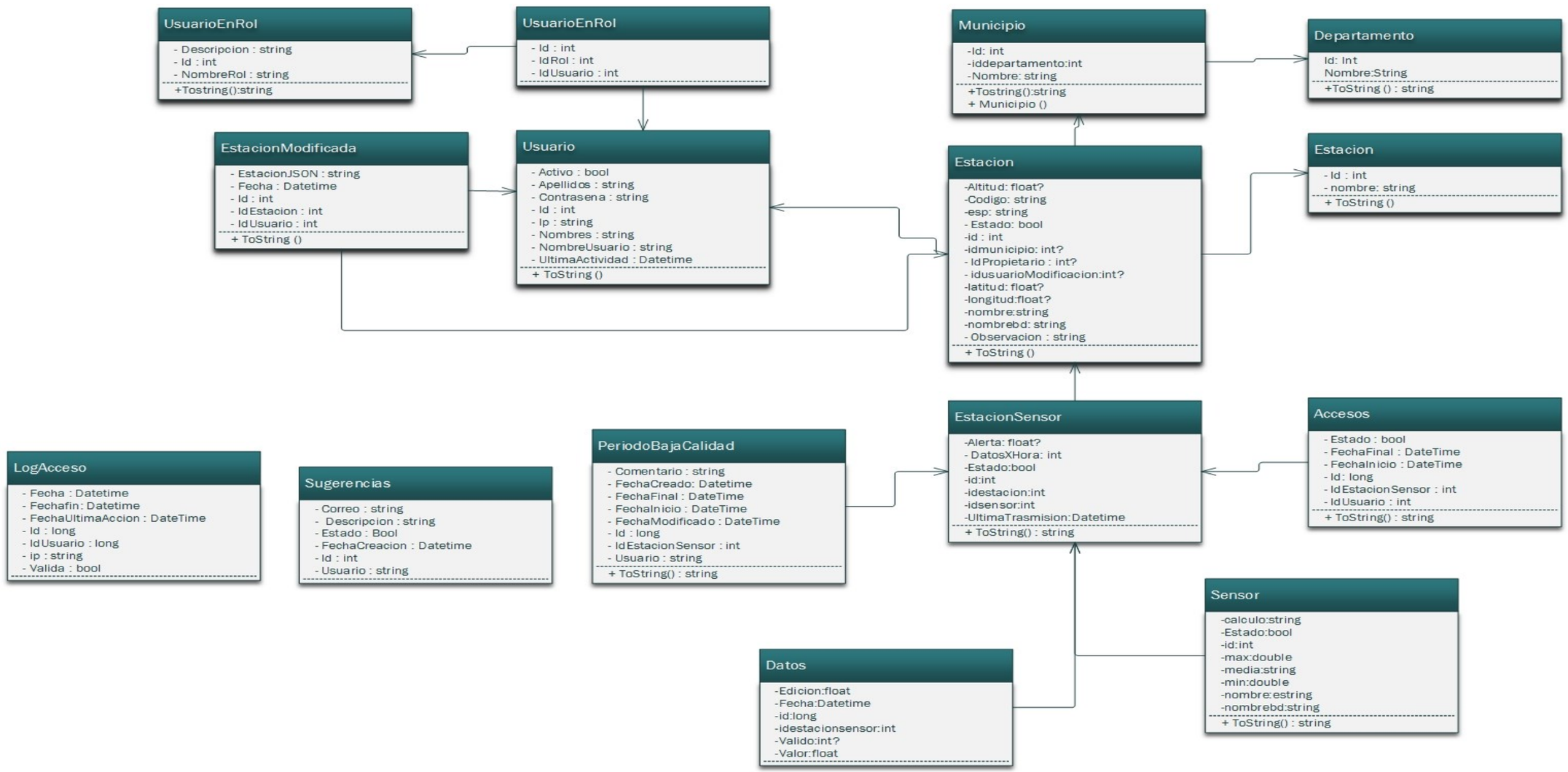


Imagen 77 Diagrama de clases de Caelus
Fuente: Elaboración propia.

A.6.2. Casos de uso

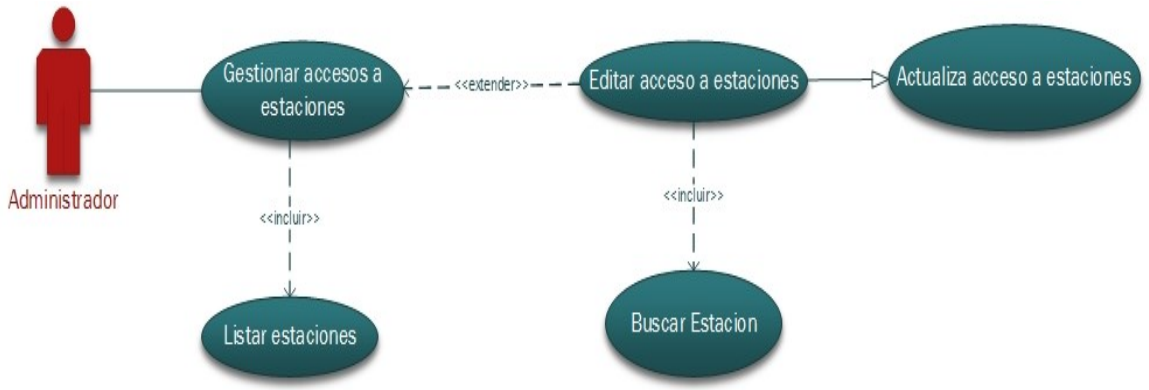


Imagen 78 Caso de uso - Administración de acceso a estaciones
Fuente: Elaboración propia

Imagen 79 Caso de uso - Administración de estaciones
Fuente: Elaboración propia

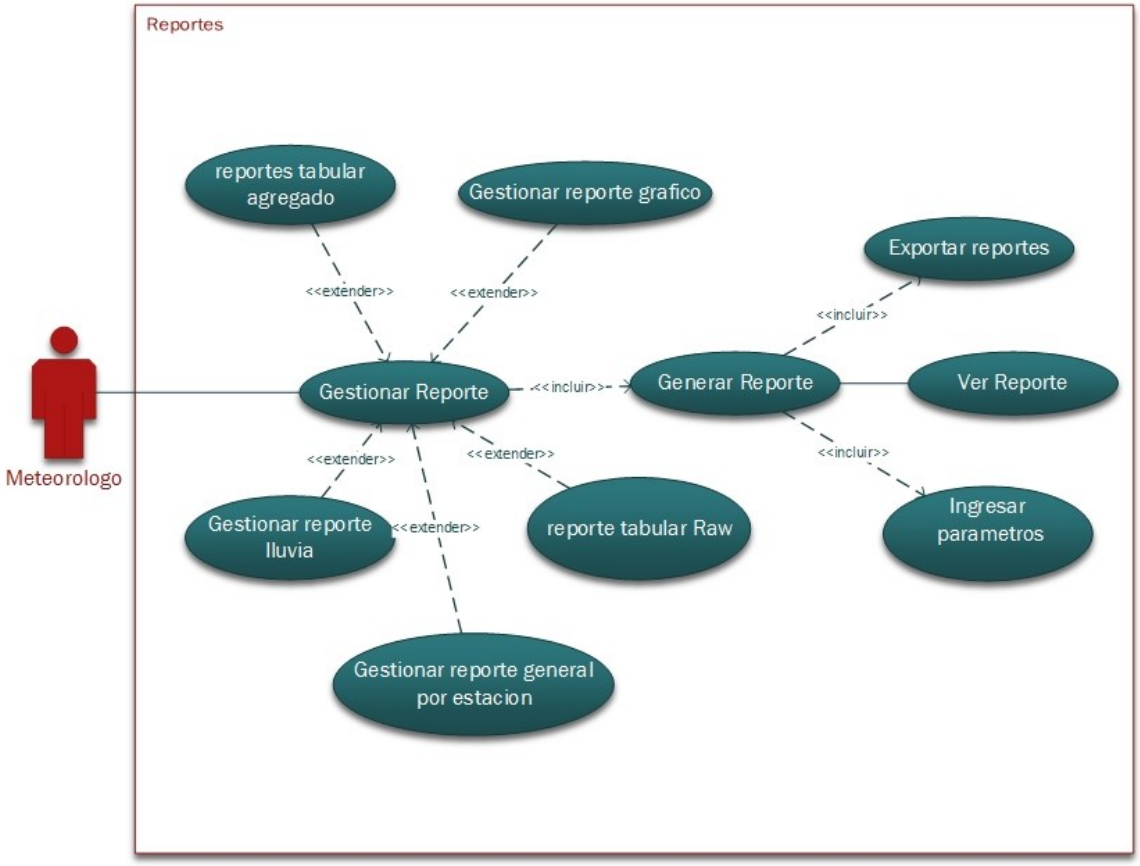


Imagen 80 Caso de uso – Reportes
Fuente: Elaboración propia

A.6.3. Diagramas de secuencia

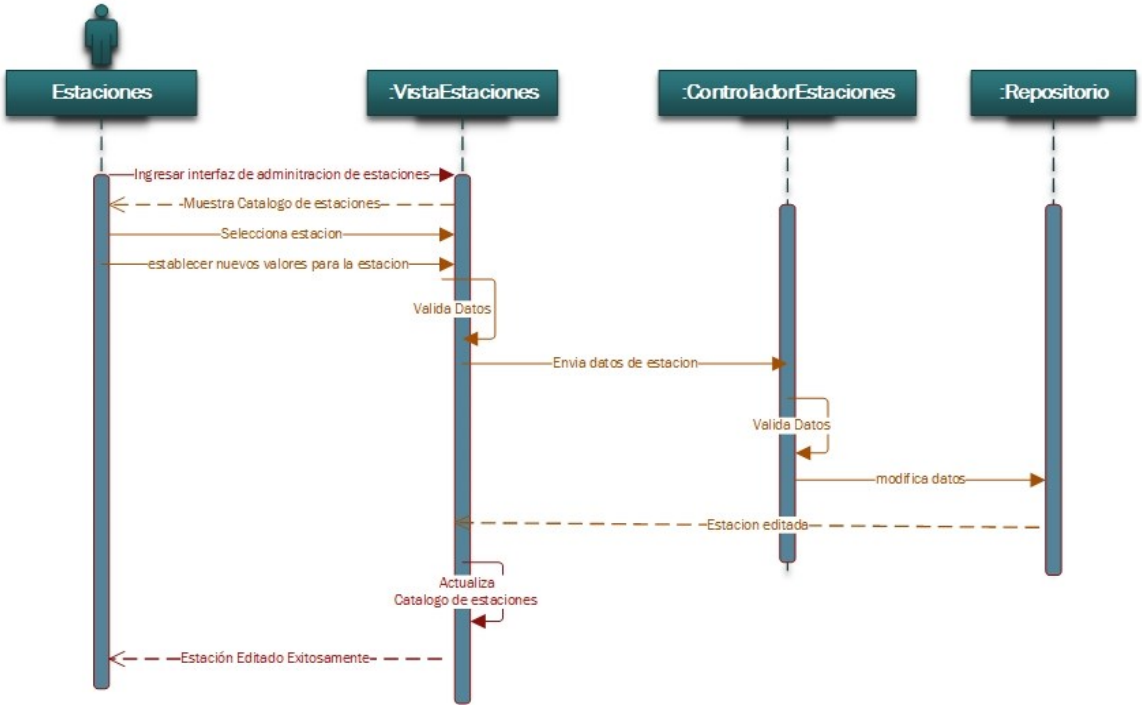


Imagen 81. Diagrama de secuencia de administración de estaciones
Fuente: Elaboración propia.

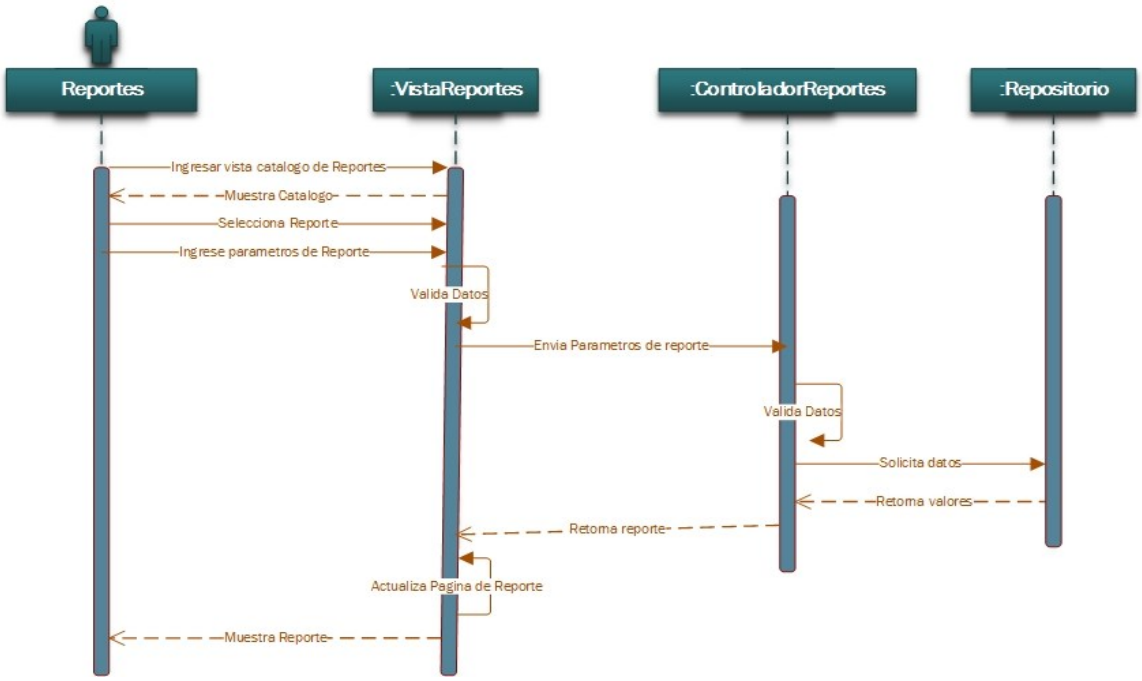


Imagen 82. Diagrama de secuencia de reportes
Fuente: Elaboración propia.

A.6.4. Plantillas de requerimientos funcionales

Tabla 34 Requisito funcional para visualizar reportes tabulares con distintos niveles de agregación y cálculos estadísticos.

Visualizar reportes tabulares con distintos niveles de agregación y cálculos estadístico(RF2)	
Requisito	RF2
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá la visualización de rasters correspondiente a los parámetros que especifique.
Proceso	El usuario seleccionara los parámetros de interés
Entrada	Variable hidrometeorológica. Función de agregación Calculo estadístico (Máximo, Mínimo, desviación típica, sumatoria, caudal) Rango de fechas de interés (Limitación temporal) Nivel de agregado (Mensual, Semanal, Diario, Horario)
Salida	Reporte tabular de variable hidrometeorológica.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35 Requisito funcional - Visualización de series temporales de las variables hidrometeorológicas

Visualización de series temporales de las variables hidrometeorológicas (RF3)	
Requisito	RF3
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permitirá visualizar series temporales de cada variable hidrometeorológica.
Proceso	El usuario seleccionara los parámetros de interés
Entrada	Variable hidrometeorológica. Sitio de interés (Identificador de estación) Rango de fechas de interés (Limitación temporal)

Salida	Gráfico de serie temporal para la variable hidrometeorológica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Requisito funcional para permitir la comparación de series temporales de las estaciones hidrometeorológicas.

Permitir la comparación de series temporales de las estaciones hidrometeorológicas (RF4)	
Requisito	RF4
Complejidad	Media
Prioridad	Media
Descripción	El sistema permitirá visualizar comparaciones de series temporales (RF3) para cada variable hidrometeorológica.
Proceso	El usuario seleccionara los parámetros de interés
Entrada	Variable hidrometeorológica. Sitios de Interés (N cantidad de estaciones) Rango de fechas de interés (Limitación temporal)
Salida	Gráfico comparativo de series temporales para la variable hidrometeorológica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Requisito funcional para visualización geográfica de las estaciones *hidrometeorológicas*.

Visualizar geográfica de las estaciones hidrometeorológicas (RF5)	
Requisito	RF5
Complejidad	Media
Prioridad	Media
Descripción	Mostrará la ubicación geográfica de las estaciones en un mapa, y permitirá visualizar los datos de cada variable hidrometeorológica que esté disponible
Proceso	Opcional: selección de estación.
Entrada	Opcional: Selección de la estación hidrometeorológica.
Salida	Estaciones hidrometeorológicas ubicadas en un mapa. Datos de las distintas variables hidrometeorológicas de la estación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Requisito funcional para exportar datos de cada sensor en distintos formatos

Capacidad de exportar datos de cada sensor en formatos: CSV, Excel, PDF, Word (RF6)	
Requisito	RF6
Complejidad	Media
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema permite exportar los datos en formatos: Word, CSV, Excel, PDF para cada reporte tabular y grafico que se le presente.
Proceso	El usuario seleccionara la opción de exportar y seleccionara el formato deseado
Entrada	Formato de salida deseado.
Salida	Archivo con datos en el formato seleccionado.

Fuente: Elaboración propia

A.6.5. Pruebas

Tabla 39 Pruebas de concepto de usabilidad de Caelus

Conceptos de usabilidad	Cumple		Comentarios u observaciones
Identidad Corporativa	**Si**	**No**	
1. ¿La portada del Sitio refleja la identidad y pertenencia de la institución?	X		
2. ¿Existen elementos de la imagen corporativa del Gobierno en la Portada de su Sitio? ¿Se repiten en todas las páginas?	X		
3. ¿El logotipo del Gobierno ha sido incluido en un lugar importante en la Portada y en las páginas interiores del Sitio?	X		
4. ¿Todas las páginas cuentan con un título que indique el nombre de la institución e información de contactos virtuales y físicos al pie de la página?	X		
Navegación	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿El diseño del Sitio es eficiente, rápido e intuitivo?	X		
2. ¿Aparece el menú de navegación en un lugar destacado? ¿Se ve fácilmente?	X		
3. ¿Verificó la consistencia de todos los enlaces?	X		
4. ¿El Sitio cuenta con un mapa o buscador que facilite el acceso directo a los contenidos?		X	
5. ¿El Sitio mantiene una navegación consistente y coherente en todas las pantallas?	X		
Consistencia y cumplimiento de estándares	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**

1. ¿El HTML del Sitio ha sido validado satisfactoriamente según w3c.org?	X		
2. ¿El Sitio Web diferencia entre enlaces visitados y enlaces por visitar?	X		
3. ¿Comprobó la consistencia de Links usando el verificador de w3c.org?	X		
Estética y diseño	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa jerarquías visuales para determinar lo importante con una sola mirada?	X		
2. ¿Las imágenes tienen tamaños adecuados que no dificultan el acceso a las páginas?	X		
3. ¿Las imágenes tienen etiqueta ALT en el código HTML para facilitar la navegación?		X	
Atención de errores	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Usa JavaScript para validar formularios durante su llenado y antes de enviarlos?	X		
2. ¿Usa elementos destacados para indicar los campos obligatorios dentro de un formulario?	X		
3. ¿Después de que ocurre un error, es fácil volver a la página donde se encontraba antes que se produjese o entrega recomendaciones de los pasos a seguir?	X		
Ayuda ante errores	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. En caso de errores de consistencia dentro del sitio, ¿se ofrece un mensaje de personalizado mediante una página explicativa?, (Por ejemplo: Error 404 para página inexistente)	X		
2. ¿Entrega información de contacto fuera de Internet? (Por ejemplo: teléfono		X	

institucional, fono 600, mesa de ayuda, OIRS)			
3. ¿Ofrece área de Preguntas Frecuentes con datos de ayuda a usuarios?		X	
4. ¿Ofrece páginas de ayuda que explican cómo usar el Sitio?		X	
Retroalimentación (Feedback)	**Si**	**No**	**Comentarios u observaciones**
1. ¿Puede el usuario ponerse en contacto con el encargado del Sitio Web para hacer sugerencias o comentarios?	X		
2. ¿Funcionan correctamente los formularios de contacto?, ¿Ha probado cada uno de ellos?	X		
3. ¿Hay alguien encargado de recibir y contestar estos mensajes?	X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40 Pruebas de conceptos de accesibilidad

Conceptos de Accesibilidad	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. ¿Se proporciona un texto equivalente para todo elemento no textual, tales como imágenes, para explicar su contenido a discapacitados visuales?	X		
2. ¿La información transmitida a través de los colores también está disponible sin color?	X		
3. ¿El documento está estructurado para que pueda ser leído con o sin una hoja de estilo, utilizando adecuadamente los tags de HTML?		X	
4. ¿El documento está escrito en un lenguaje adecuado y se deja claro cuando se cambia de idioma?	X		

5. ¿Las tablas se utilizan para presentar información y no para diagramar el contenido del Sitio Web?	X	
6. ¿Las páginas que utilizan nuevas tecnologías siguen funcionando cuando dicha tecnología no está presente (por ejemplo, los plug-ins de Flash)?		X
7. ¿Se asegura la accesibilidad de los elementos de la página que tengan sus propias interfaces? (Por ejemplo, para el uso de Portlets)	X	
8. ¿Se permite al usuario activar elementos de las páginas, usando cualquier dispositivo como el mouse o el teclado y no sólo uno en particular?		X
9. ¿Se ofrecen soluciones transitorias que permiten a usuarios con browsers antiguos, acceder a contenidos que han sido creados en nuevas tecnologías?		X
10. ¿Se usan las tecnologías y guías de trabajo generadas por la W3C?		X
11. ¿Se ofrece ayuda y orientación a los usuarios para entender páginas o elementos complejos dentro de ellas? (Por ejemplo: mapas y gráficos)	X	
12. ¿Se ofrecen elementos de navegación claros?	X	
13. ¿Se asegura que los documentos que se ofrecen a través del Sitio son simples, claros y pueden ser fácilmente entendidos?	X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Prueba de indexación de buscadores de Caelus

Conceptos de indexación de buscadores	Cumple		Comentarios u observaciones
	Si	No	
1. Todos los nuevos documentos que se agregan al Sitio Web ¿incluyen los campos de Metadata adecuados?		X	
2. Cuando un usuario accede al Sitio mediante un Link ofrecido en un buscador y esta página ya no existe, ¿se ofrece un mensaje personalizado que le permita encontrarla en su nueva ubicación o le ofrezca un contenido alternativo?		X	
3. ¿Tiene definido el texto que aparece en el tag HTML <title> para indicar el Nombre del Sitio o de la Institución?	X		
4. ¿El Sitio ofrece un contenido adecuado para el tag HTML META NAME="description"?	X		
5. ¿El Sitio ofrece un contenido adecuado para el tag HTML META NAME="keywords"?		X	
6. ¿El Sitio ofrece un texto adecuado en el texto que aparece en el META tag NAME="robots"?		X	
7. ¿El Sitio cuenta con un archivo de texto Robots.txt para los directorios que no se desea indexar?		X	
8. ¿El Sitio está indexado en el directorio DMOZ.org?		X	
9. ¿El Sitio está indexado en los buscadores Google y Altavista (bing)?	X		Solamente aparece en google
10. ¿Ha definido como tarea permanente la de revisar la presencia del Sitio en Buscadores?		X	

11. ¿Ha definido como tarea permanente la realización de alianzas e intercambio de enlaces con otros Sitios de instituciones del Sector Público?	X	
12. ¿Revisa periódicamente el LOG (bitácora) del Sitio para identificar las palabras más utilizadas por los usuarios para acceder a su Sitio?	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 42 Pruebas de seguridad de Caelus

SEGURIDAD	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. ¿El Sitio funciona correctamente y no presenta fallas al navegar por sus páginas o utilizar sus servicios? (especialmente en el caso de Trámites en línea)	X		
2. Los datos ingresados por un usuario a través de formularios, ¿son validados antes de ser enviados y procesados por el servidor del Sitio?	X		
3. ¿Todos los vínculos del Sitio tienen una página asociada y el contenido adecuado al vínculo señalado?	X		
4. Frente a una búsqueda dentro del Sitio o cualquier operación en el mismo ¿los resultados se muestran correctamente?	X		
5. ¿Los datos privados, entregados voluntariamente por los usuarios, son guardados de manera reservada?	X		
6. ¿Se ofrece una Política de Privacidad de los Datos Personales y se informa de su existencia en las páginas pertinentes?		X	
7. ¿Los servicios ofrecidos son realizados a través de canales de transacción seguros?	X		

8.	¿En los temas que requieren de accesos restringidos, el Sitio provee algún medio para validar el acceso, por ejemplo: a través de una caja de conexión con nombre de usuario y password?	X	
9.	¿La política de seguridad implementada para validar el acceso restringido es adecuada a los propósitos del servicio o de la institución?	X	
10.	¿Protege la integridad de sus programas y datos?	X	
11.	¿Se evita que sea visto, el nombre de los programas y los directorios?	X	
12.	¿Se cuenta con un protocolo de seguridad para evitar ataques externos e intrusiones de hackers?	X	
13.	¿Se cuenta con una política de respaldo de información que permita superar efectos de fallas derivadas del punto anterior?	X	
14.	¿Se ha revisado si los sitios web que requieran login de usuarios usan conexiones encriptadas vía HTTPS?		X
15.	¿Se ha revisado si las contraseñas en el servidor son almacenadas utilizando un hash con un salt aleatorio?	X	
16.	¿Se ha verificado lógica de permisos para realizar las distintas acciones en el sitio web? Ej.: ¿Que usuarios pueden borrar, crear, editar los diferentes elementos?	X	

17. ¿Se han filtrado los ataques de SQL Injection? Se recomienda utilizar PreparedStatements/Consultas parametrizadas para hacer consultas a la base de datos.	X	
18. ¿Se han realizado respaldos de la base de datos en forma periódica o se han programado estos respaldos en tareas?	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 43 Pruebas de rapidez de acceso de Caelus

Rapidez de Acceso	**Cumple**		**Comentarios u observaciones**
	Si	**No**	
1. ¿El usuario puede encontrar en no más de 3 clics la información buscada?	X		
2. ¿Aparece el menú de navegación en un lugar destacado? ¿Se ve fácilmente?	X		
3. ¿El Sitio cuenta con un mapa y/o buscador que dé un acceso alternativo a los contenidos?		X	
4. ¿Es fácil llegar a las secciones más importantes del Sitio desde cualquier página?	X		
5. ¿El Sitio mantiene una navegación consistente y coherente en todas sus páginas?	X		
6. ¿El diseño usa jerarquías visuales para determinar lo importante con una sola mirada?	X		
7. ¿Los formularios ofrecen opciones que permitan al usuario evitar, cancelar o rehacer una acción?		X	
8. ¿El tamaño de la letra de los textos es adecuado y ajustable o modificable por el usuario usando las herramientas del programa visualizador?		X	

9. ¿Los vínculos, imágenes e íconos son claramente visibles y distinguibles?	X	
10. ¿Los vínculos (links) visitados y no visitados son claramente diferenciables?		X
11. ¿Los íconos son representativos de la función o acción que realizan y son aclarados mediante una etiqueta ALT en HTML?		X
12. ¿Todas las páginas cuentan con un título que indique el nombre de la institución e información de contactos virtuales y físicos al pie de la página?	X	
13. ¿Provee información del organigrama de la institución?, ¿Incluye nombres actualizados de las autoridades y la forma de contactarlos?		X
14. ¿El nombre de la URL está vinculado con el nombre o función de la institución y se ofrece en la barra superior del programa visualizador?	X	
15. ¿Ofrece el Sitio contenidos sobre la visión, misión, objetivos y plan estratégico de la institución?		X
16. En el caso que existan palabras técnicas en los contenidos del Sitio ¿Existe una sección de glosario que las explique?, ¿es fácil llegar a él?		X
17. ¿Ofrece páginas de ayuda que explican cómo usar el Sitio Web?		X
18. ¿Ofrece área de Preguntas Frecuentes con datos de ayuda a usuarios?		X
19. En caso de errores de consistencia dentro del sitio, ¿se ofrece un mensaje de personalizado mediante una página	X	

explicativa?, (Por ejemplo: Error 404 para página inexistente)

Fuente: Elaboración propia

A.6.6. Capturas del sistema

En la sección de reportes gráficos, podemos observar en la Imagen 83 Se nos muestra un pequeño panel donde podemos establecer parámetros para generar un gráfico, el cual presenta un pequeño sub-menú que permite exportar el grafico en distintos formatos.

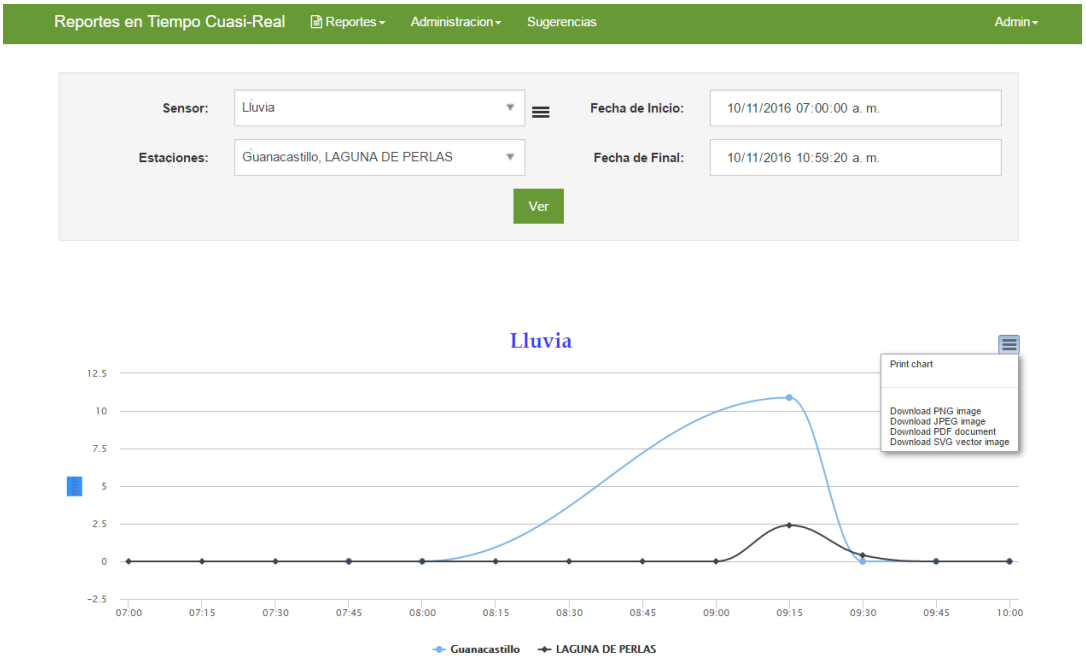


Imagen 83 Reportes gráficos de Caelus.
Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 84 podemos observar un reporte por estación, en el cual tenemos un detalle de los últimos datos transmitidos según sensor y un mapa con la ubicación de las estaciones.

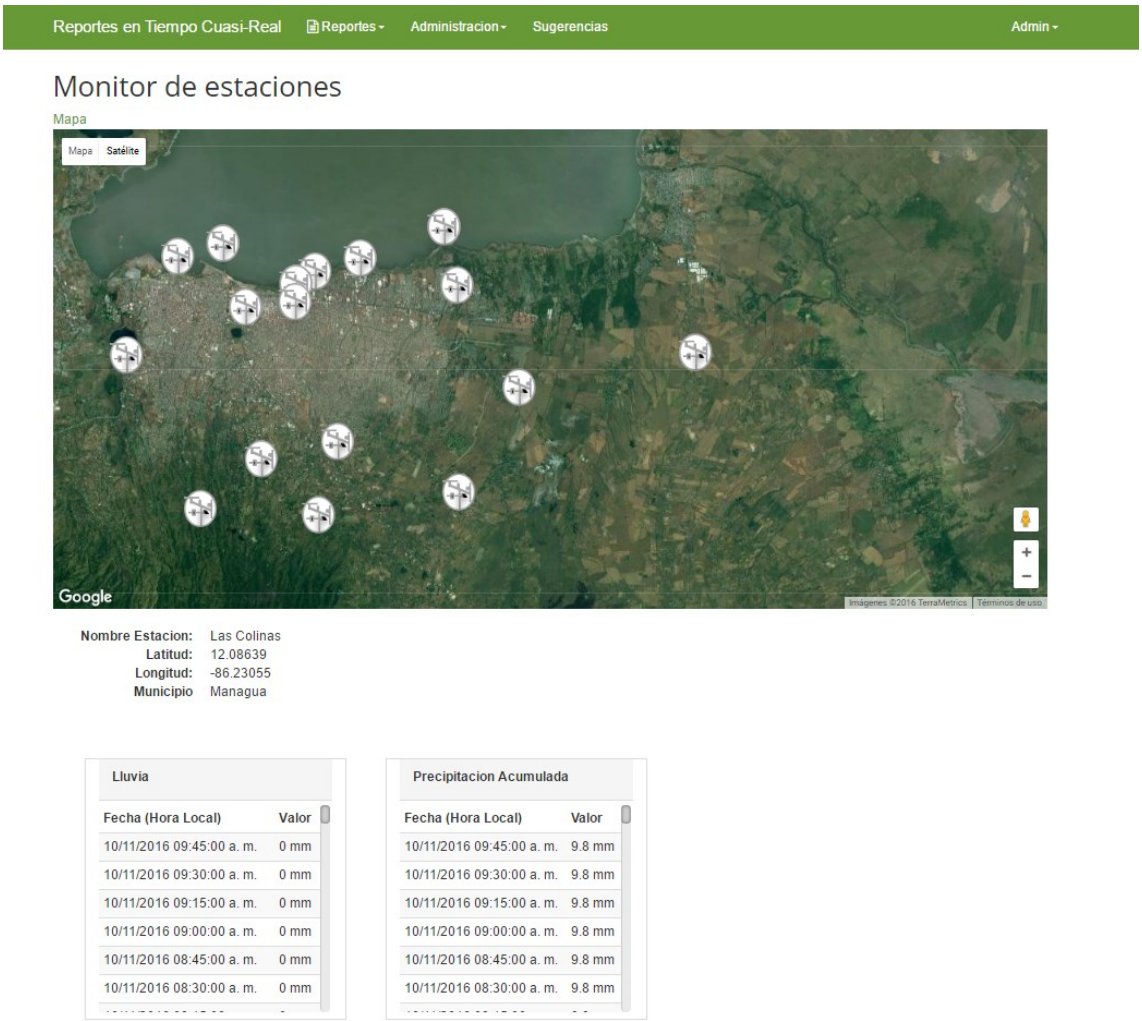


Imagen 84 Reporte por estación en Caelus
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 85 podemos observar la vista para el reporte de mapa de lluvia, en el cual tenemos la visualización de una estimación de la distribución espacial de las lluvias registradas por las estaciones. Esta estimación se generó utilizando el método del inverso de la distancia ponderada y la cantidad de lluvia estimada determinístico llamado inverso de la distancia ponderada.

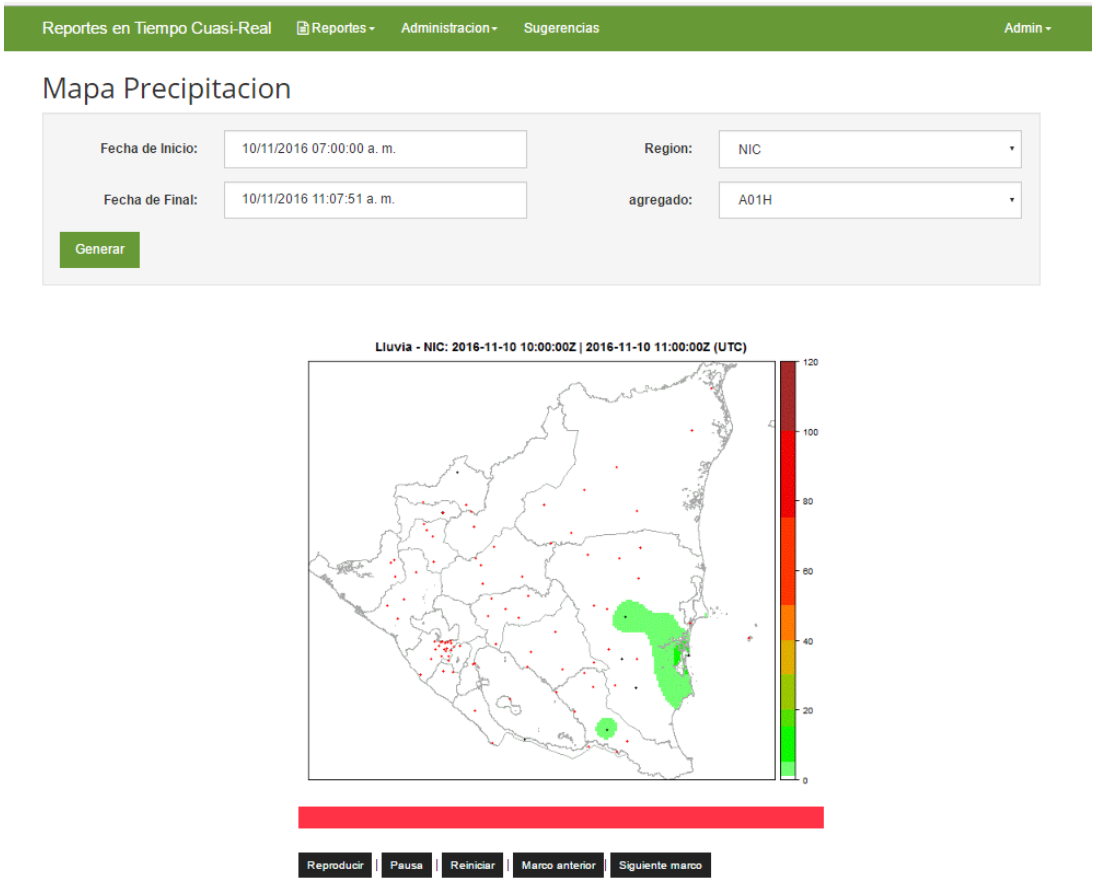


Imagen 85 Reporte geográfico en Caelus
Fuente: Elaboración propia

En la sección de administración de estaciones podemos ver los detalles de las mismas, los cuales se muestran en la Imagen 86

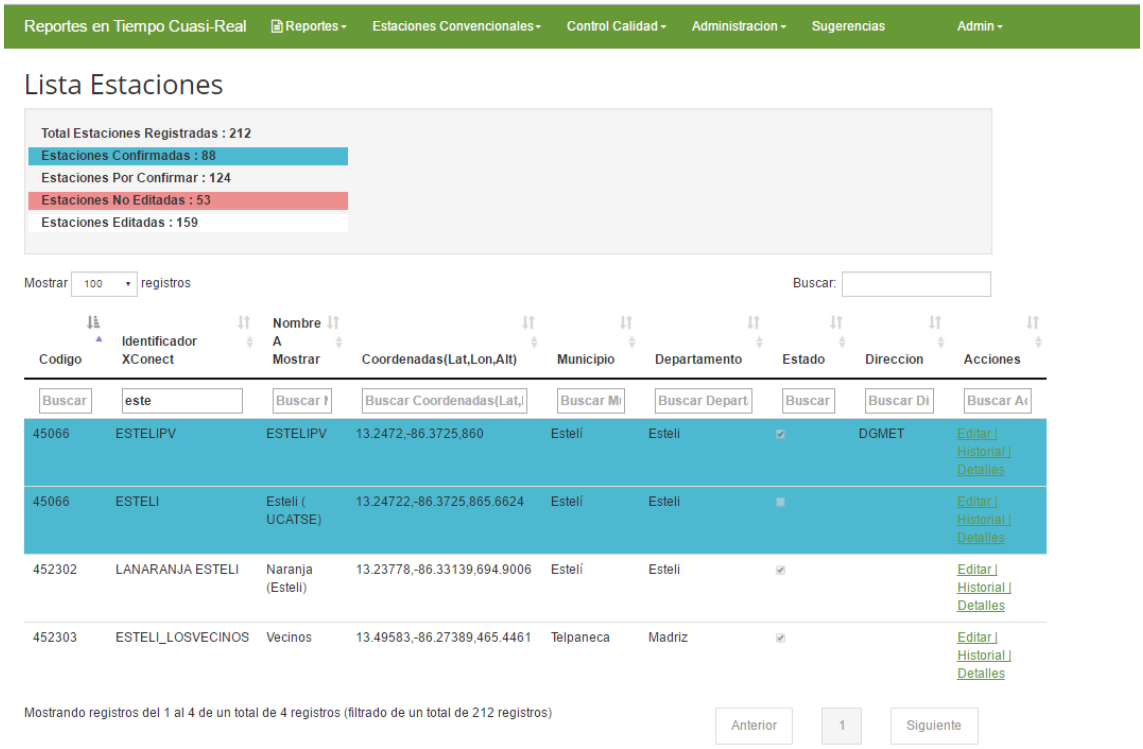


Imagen 86 Administración de estaciones (Detalles)
Fuente: Elaboración propia

En el cual podemos ver los detalles específicos de las estaciones como se muestra en la Imagen 87

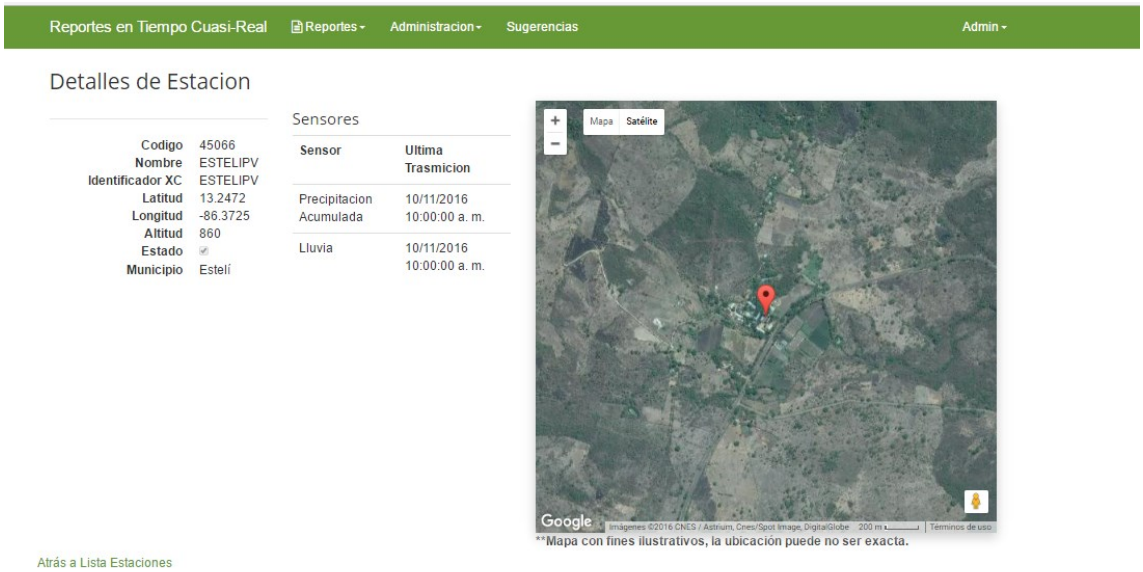


Imagen 87. Detalles de las estaciones
Fuente: Elaboración propia

A.7. Anexos Sistema de Reportes

A.7.1. Caso de Uso

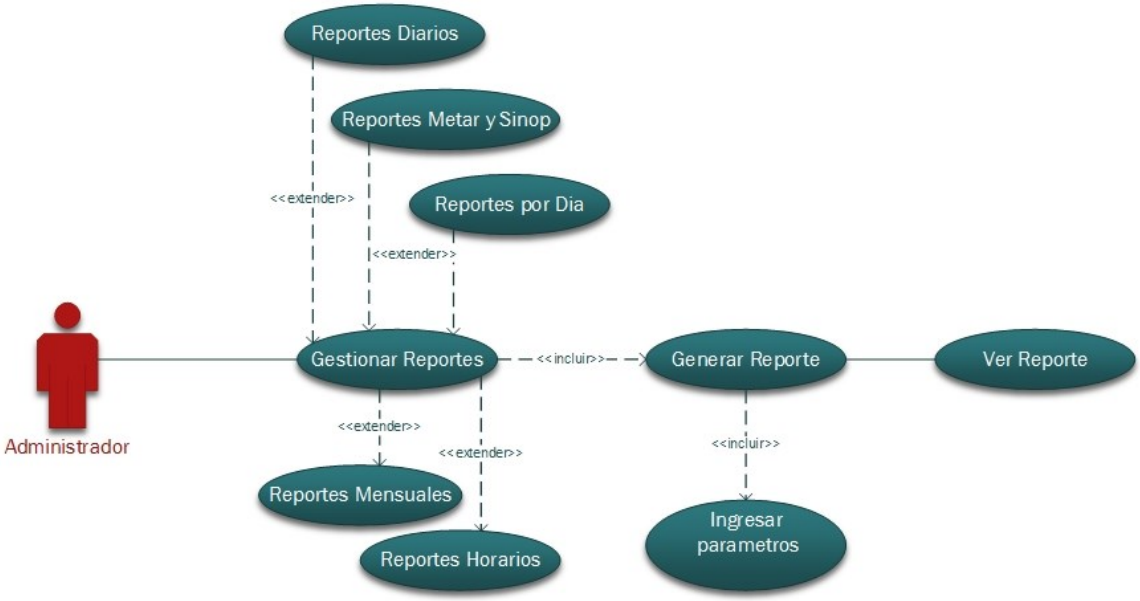


Imagen 88. Caso de uso - Sistema de reportes
Fuente: Elaboración propia

A.7.2. Diagrama de Secuencia

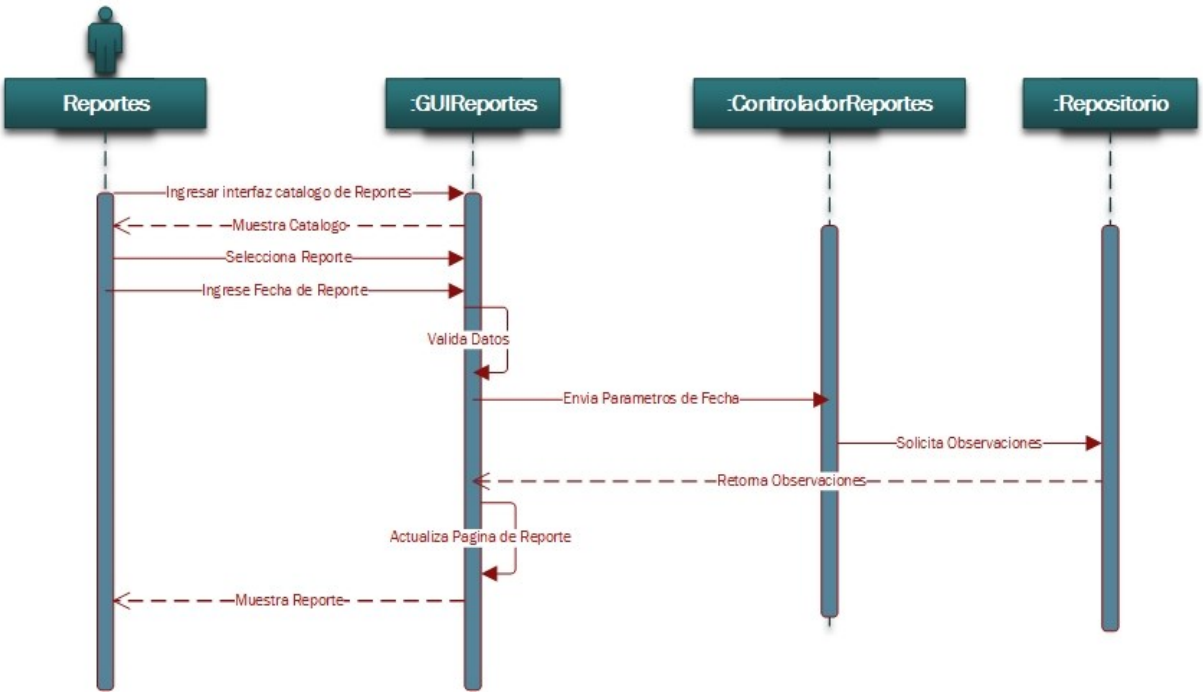


Imagen 89. Diagrama de secuencia - Sistema de reportes
Fuente: Elaboración propia

A.7.3. Capturas de los reportes

El siguiente reporte, es el de los Metar y Sinop por rango de fechas generados en la estación de Managua.

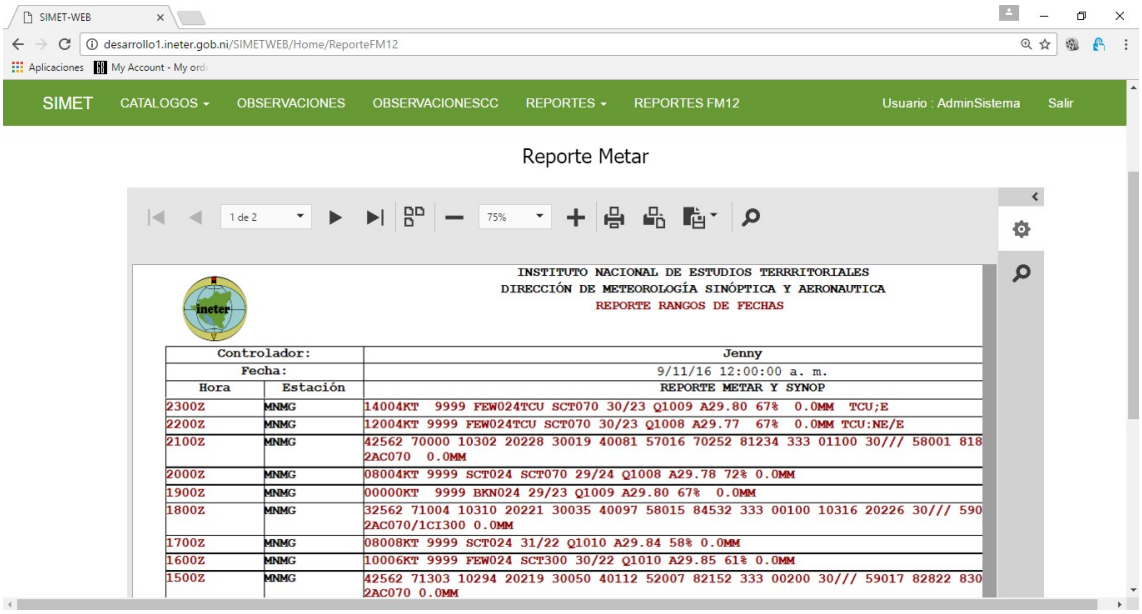


Imagen 90. Reporte Metar por rango de fechas
Fuente: Elaboración propia

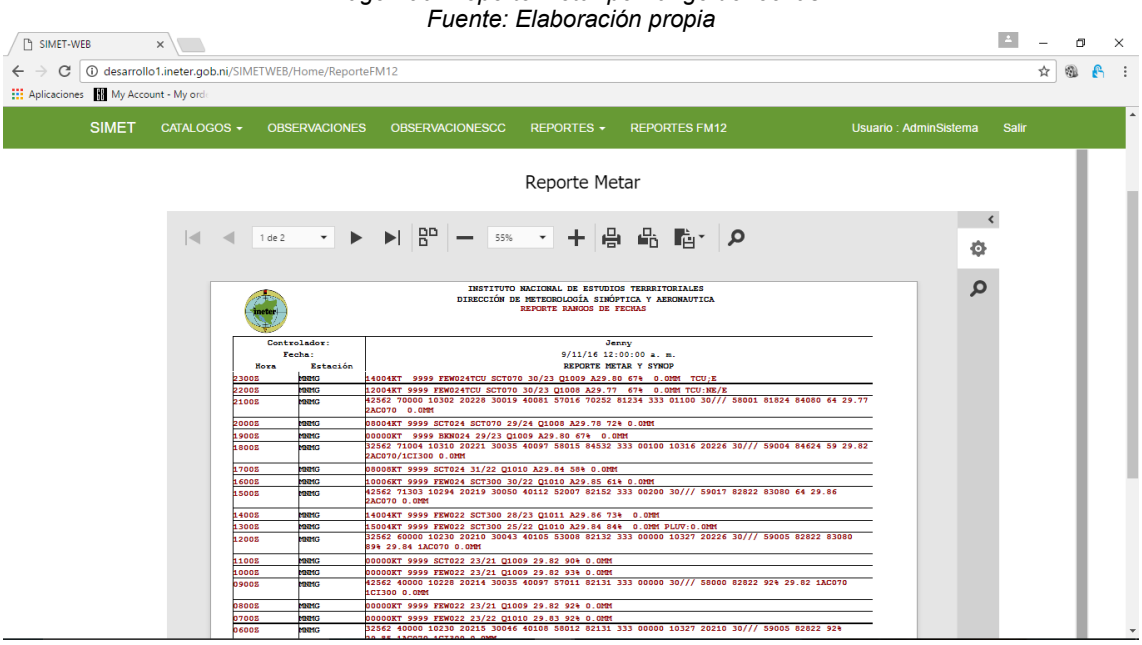


Imagen 91. Reporte metar por rango de fechas
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se presenta el reporte diario de todas las estaciones convencionales principales, donde se muestra la media obtenida del día de la temperatura máxima, temperatura mínima y la lluvia acumulada.

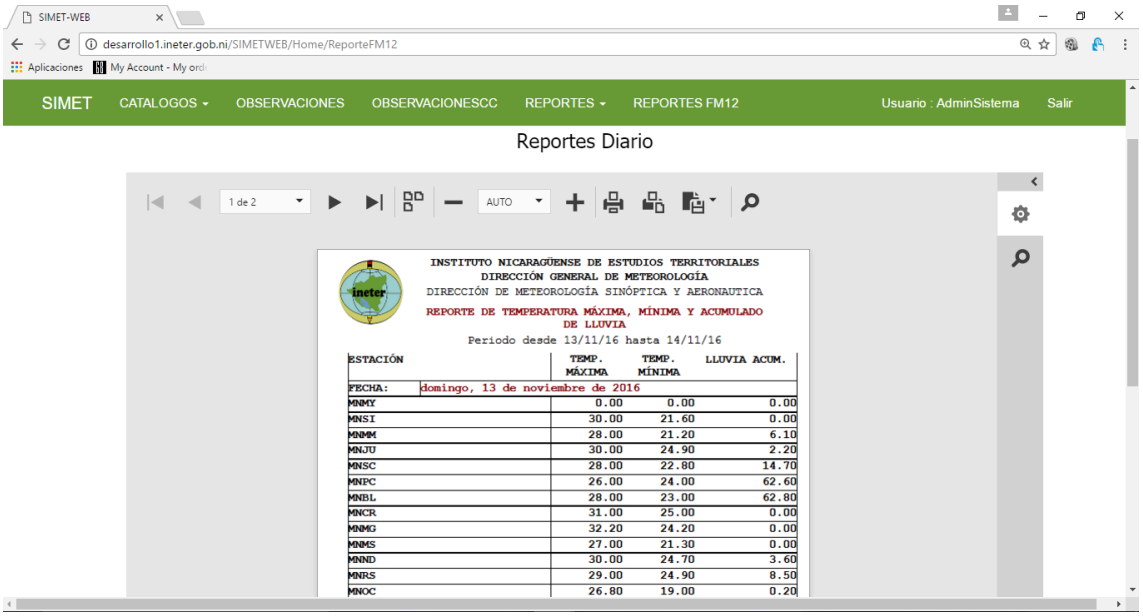


Imagen 92. Reporte Diario de las estaciones convencionales
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra el reporte del resumen mensual de la dirección y velocidad del viento.

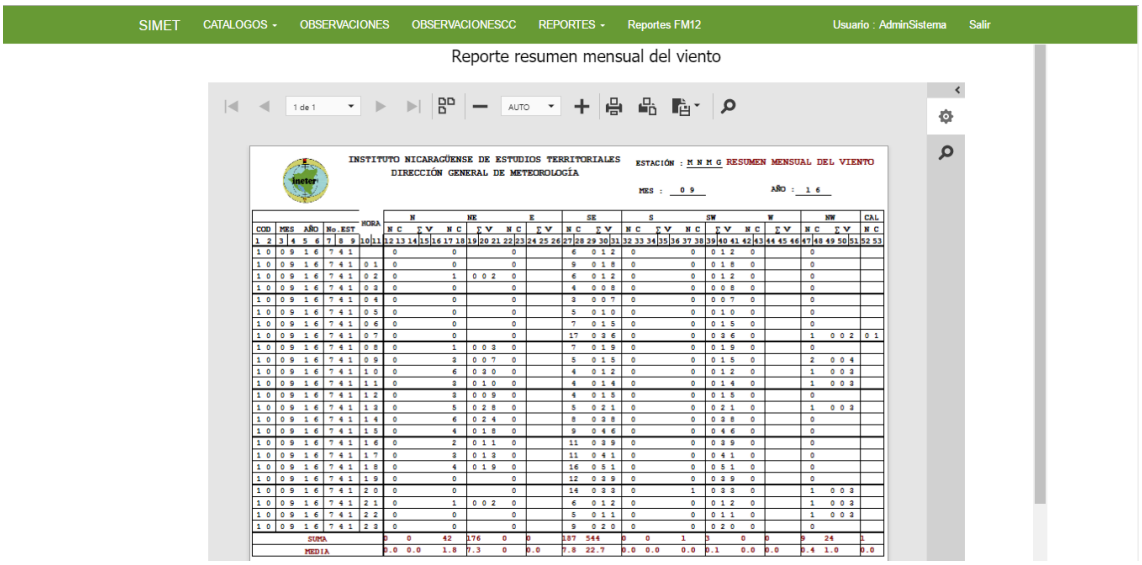


Imagen 93. Reporte mensual del viento (Dirección y Velocidad)
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se presenta el reporte de los valores medios y extremos.

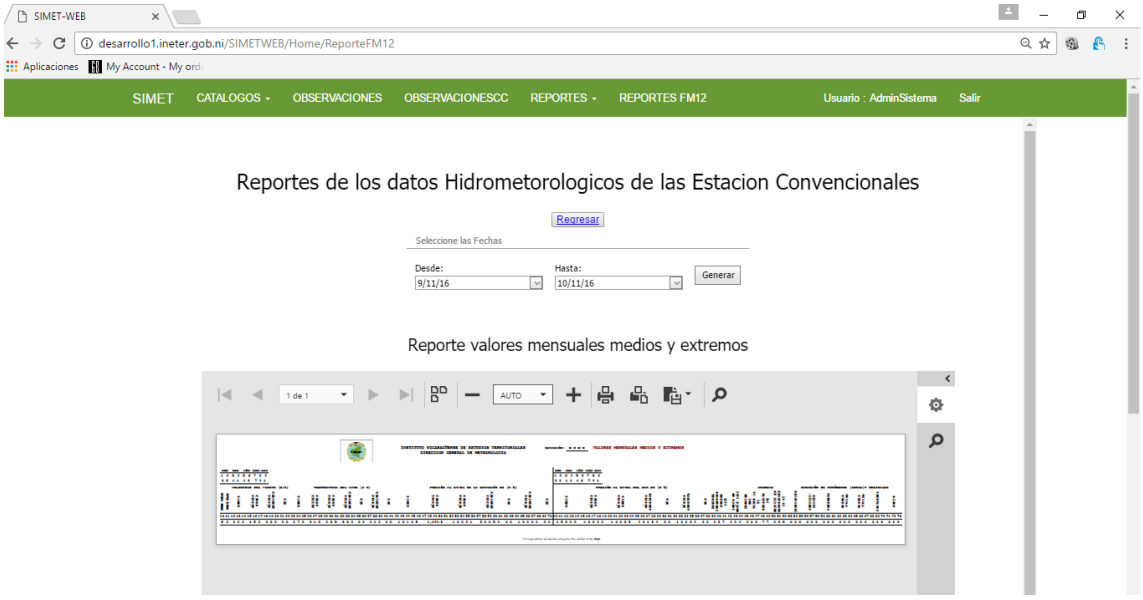


Imagen 94. Reporte de los valores medios y extremos
Fuente: Elaboración propia

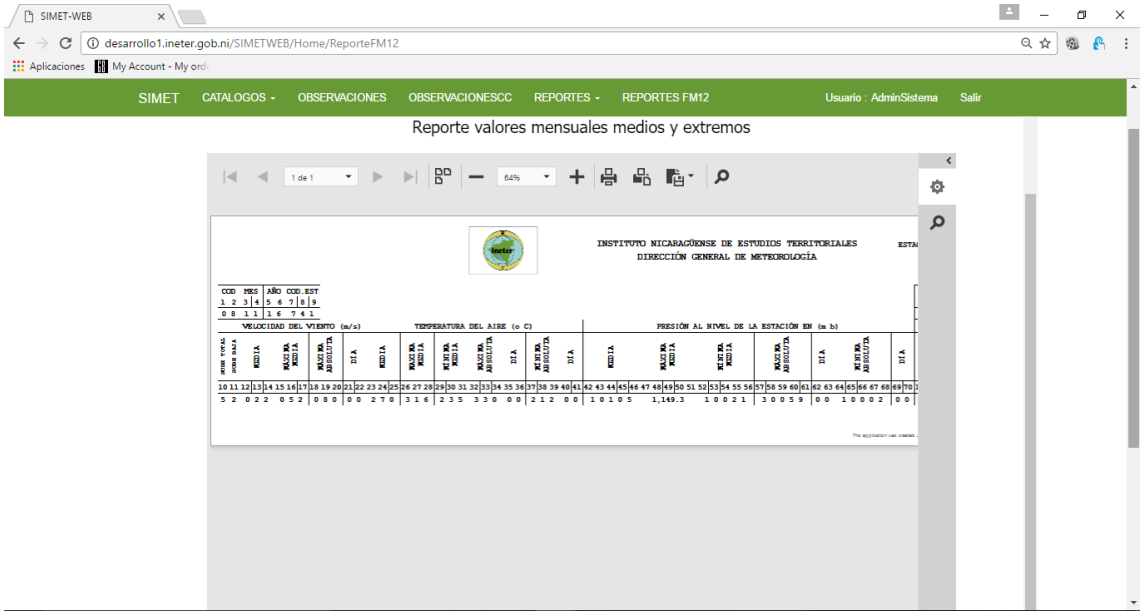


Imagen 95. Reporte de los valores medios y extremos
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra el reporte del resumen mensual de la evaporación y temperatura del suelo.

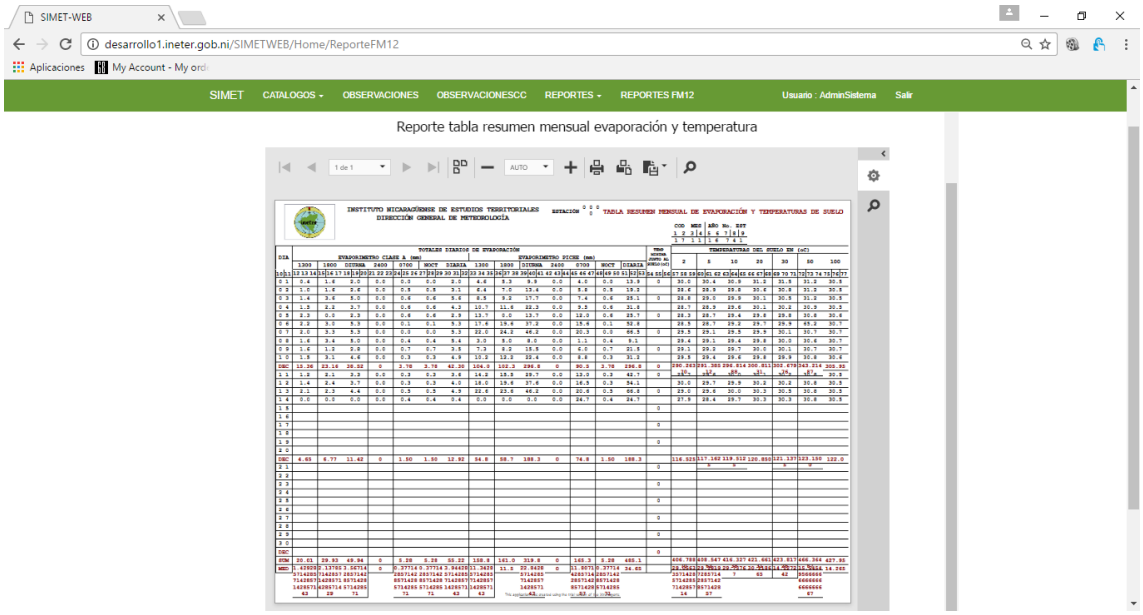


Imagen 96. Reporte del resumen mensual de la evaporación y temperatura del suelo.
Fuente: Elaboración propia

DIA	1300	1800	DIURNA	2400	0700	NOCT	DIARIA	1300	1800	DIURNA	2400	0700
	EVAPORIMETRO CLASE A (mm)							EVAPORIMETRO PICHE (mm)				
10 11	12 13 14	15 16 17	18 19 20	21 22	23 24	25 26 27	28 29 30	31 32	33 34	35 36 37	38 39 40	41 42 43	44 45 46	47 48
0 1	0.4	1.6	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.6	5.3	9.9	0.0	4.0
0 2	1.0	1.6	2.6	0.0	0.5	0.5	3.1	6.4	7.0	13.4	0.0	5.8
0 3	1.4	3.6	5.0	0.0	0.6	0.6	5.6	8.5	9.2	17.7	0.0	7.4
0 4	1.5	2.2	3.7	0.0	0.6	0.6	4.3	10.7	11.6	22.3	0.0	9.5
0 5	2.3	0.0	2.3	0.0	0.6	0.6	2.9	13.7	0.0	13.7	0.0	12.0
0 6	2.2	3.0	5.3	0.0	0.1	0.1	5.3	17.6	19.6	37.2	0.0	15.6
0 7	2.0	3.3	5.3	0.0	0.0	0.0	5.3	22.0	24.2	46.2	0.0	20.3
0 8	1.6	3.4	5.0	0.0	0.4	0.4	5.4	3.0	5.0	8.0	0.0	1.1
0 9	1.6	1.2	2.8	0.0	0.7	0.7	3.5	7.3	8.2	15.5	0.0	6.0
1 0	1.5	3.1	4.6	0.0	0.3	0.3	4.9	10.2	12.2	22.4	0.0	8.8
DEC	15.36	23.16	38.52	0	3.78	3.78	42.30	104.0	102.3	296.8	0	90.5
1 1	1.2	2.1	3.3	0.0	0.3	0.3	3.6	14.2	15.5	29.7	0.0	13.0
1 2	1.4	2.4	3.7	0.0	0.3	0.3	4.0	18.0	19.6	37.6	0.0	16.5
1 3	2.1	2.3	4.4	0.0	0.5	0.5	4.9	22.6	23.6	46.2	0.0	20.6
1 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7
1 5												
1 6												
1 7												

Imagen 97. Reporte del resumen mensual de la evaporación y temperatura del suelo.
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra el reporte de registro de evaporación.

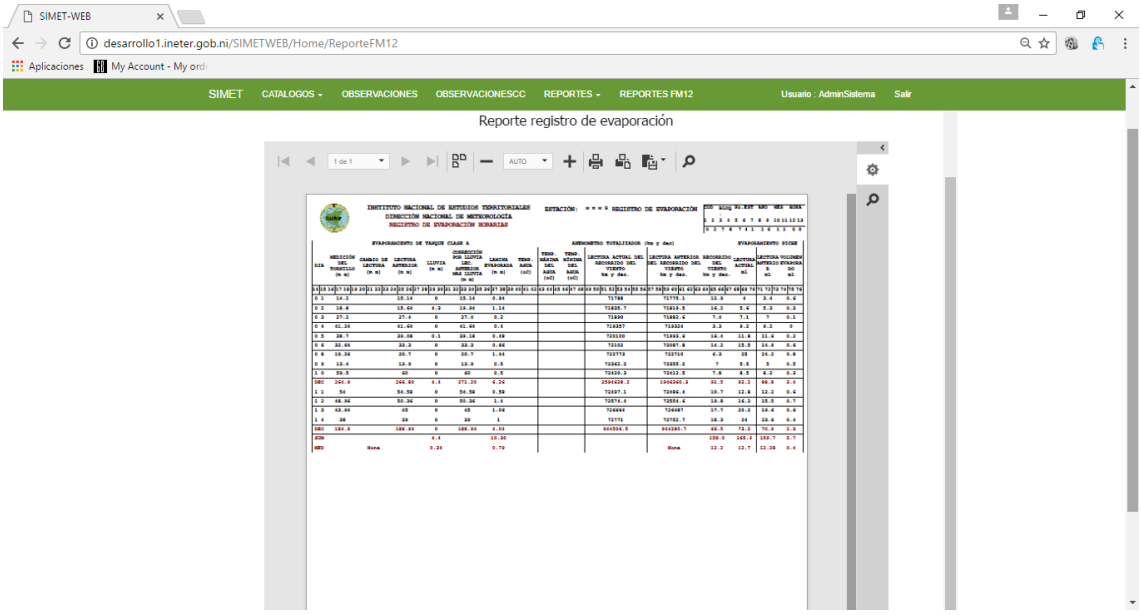


Imagen 98. Reporte registro de evaporación
Fuente: Elaboración propia

A.8. Anexos Clientes IDE

La Imagen 99 muestra el diseñó la aplicación web (visor) para el consumo de los servicios WMS, comenzando por poner las referencias a las librerías a utilizar.

```
<html>
<head>

<title>IDE-INETER: Visor de Prueba</title>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="ext/resources/css/ext-all.css"/>
    <script type="text/javascript" src="ext/adapter/ext/ext-base.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="ext/ext-all.js"></script>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="openlayers/theme/default/style.css"/>
    <script type="text/javascript" src="OpenLayers/lib/OpenLayers.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="geoext/lib/GeoExt.js"></script>
    <script src="heron/script/Heron.js" type="text/javascript"></script>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="heron/resources/css/default.css"></link>
    <script type="text/javascript" src="http://maps.googleapis.com/maps/api/js?sensor=false"></script>

    <script type="text/javascript">
            /*
            paneles y capas
            */
            Heron.layout =
            {
                xtype: 'panel',
                id: 'hr-container-main',
                layout: 'border',
                items:
                [
                    {
                        // Top panel.
                        xtype: 'panel',
                        region: "north",
                        height: 52,
                        layout: 'hbox',
                                border: false,
                                html: '<img  id="viewer_north_img" src="images/logo3.png" alt="Heron-mc"/>'

                    },
                    {
                        // Bot panel.
                        xtype: 'panel',
                        region: "south",
                        height: 52,
                        layout: 'hbox',
                                border: false,
                                html: '<img  id="viewer_north_img" src="images/PiePagina.jpg" alt="Heron-mc"/>'

                    },
```

Imagen 99. Código de visor web para consumo de geo-servicios
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 100 se muestra como con Heron se construye el panel para renderizar mapa y se agregan las capas de los distintos tipos de mapas donde se podrá visualizar como lo son: Google Maps vista de satélite, Google Maps vista de terreno y Open Street Map.

```
{
    xtype: 'panel',
    id: 'hr-map-and-info-container',
    layout: 'border',
    region: 'center',
    width: '100%',
    collapsible: false,
    split   : false,
    border: false,
    items:
    [
        {
            xtype: 'hr_mappanel',
            id: 'hr-map',
            region: 'center',
            collapsible : false,
            border: false,
            hropts:
            {

                settings :
                {
                        projection: 'EPSG:900913',
                        displayProjection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
                        units: 'm',
                        maxExtent: '-30037508.34, -30037508.34, 30037508.34, 30037508.34',
                        center: '-9466326, 1444017',
                        maxResolution: 'auto',
                        xy_precision: 5,
                        zoom: 7,
                        theme: null
                },

                layers :
                [

                        new OpenLayers.Layer.Google
                        (
                            "Google Satellite",
                            {type: google.maps.MapTypeId.SATELLITE, visibility: true},
                            {singleTile: false, buffer: 0, isBaseLayer: true}
                        ),

                        new OpenLayers.Layer.Google
                        (
                            "Google Terreno",
                            {type: google.maps.MapTypeId.TERRAIN, visibility: true},
                            {singleTile: false, buffer: 0, isBaseLayer: true}
                        ),


                        new OpenLayers.Layer.OSM(),
```

Imagen 100. Código para las capas de los mapas
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 101 se muestra la función js para consumir el servicio WMS donde se especifica el servidor, el almacén de datos y la capa a la cual se va a consultar.

```
new OpenLayers.Layer.WMS(
    "Prueba 1",
    "http://192.168.40.49:8080/geoserver/IDEIneter/wms",
    {layers: "IDEIneter:lluvia_12h", transparent: true, format: 'image/png'},
    {singleTile: true, opacity: 0.8, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, featureInfoFormat: "application/
        vnd.ogc.gml"}
)
```

Imagen 101. Consumo de Servicio WMS con JavaScript
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra como se construye un panel de información para el consumo del servicio WFS.

```
                                {
                                    xtype: 'hr_featureinfopanel',
                                    id: 'hr-feature-info',
                                    region: "south",
                                    border: true,
                                    collapsible: true,
                                    collapsed: true,
                                    height: 150,
                                    split: false,
                                    showTopToolbar: true,
                                    // Export to download file. Option values are 'CSV', 'XLS', default is no export (results in no export menu).
                                    exportFormats: ['CSV', 'XLS', 'GMLv2'],
                                    maxFeatures: 10
                                }
                            ]
                        }
                    ]
    };
    </script>

</head>
<body>
</body>
</html>
```

Imagen 102. Código de Panel de Información
Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 103 se muestra cómo se construye un nuevo estilo en GeoServer y luego en la Imagen 104 se observa una sección del código para el estilo de una de las capas de lluvia que serán publicadas, con la condicional que si la lluvia es igual a 0.

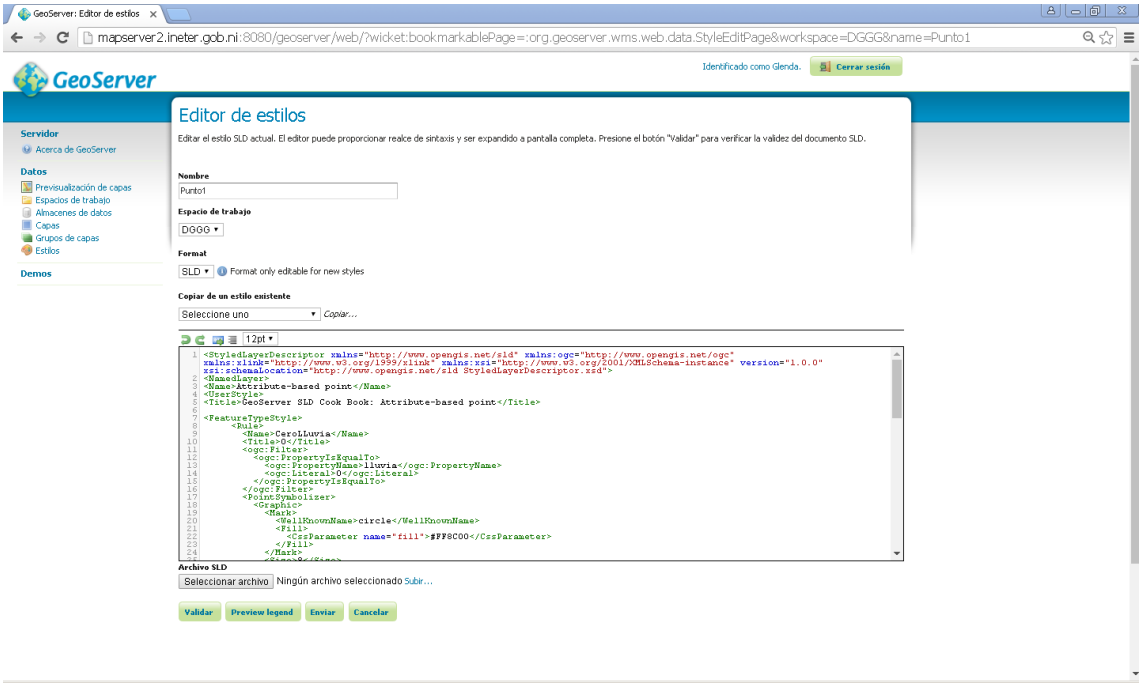
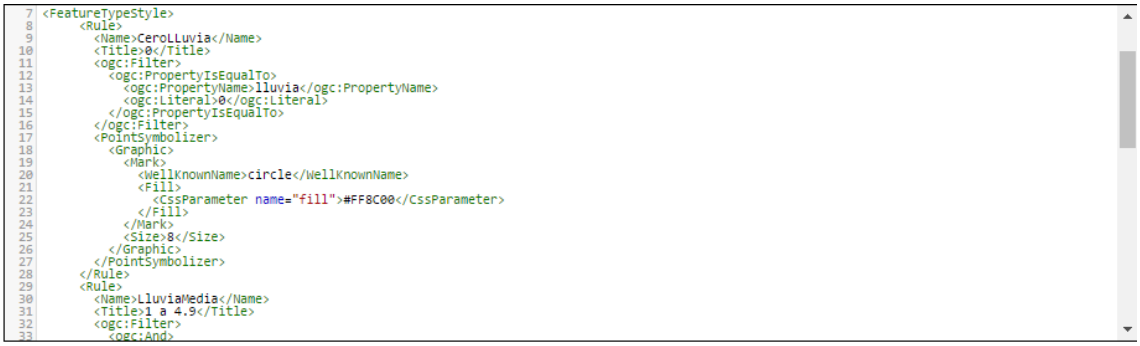


Imagen 103. Construyendo SLD
Fuente: Elaboración propia



```
7  <FeatureTypeStyle>
8      <Rule>
9        <Name>CeroLLuvia</Name>
10       <Title>0</Title>
11       <ogc:Filter>
12         <ogc:PropertyIsEqualTo>
13           <ogc:PropertyName>lluvia</ogc:PropertyName>
14           <ogc:Literal>0</ogc:Literal>
15         </ogc:PropertyIsEqualTo>
16       </ogc:Filter>
17       <PointSymbolizer>
18         <Graphic>
19           <Mark>
20             <WellKnownName>circle</WellKnownName>
21             <Fill>
22               <CssParameter name="fill">#FF8C00</CssParameter>
23             </Fill>
24           </Mark>
25           <Size>8</Size>
26         </Graphic>
27       </PointSymbolizer>
28     </Rule>
29     <Rule>
30       <Name>LluviaMedia</Name>
31       <Title>1 a 4.9</Title>
32       <ogc:Filter>
33         <ogc:And>
```

Imagen 104. SLD donde se asigna color #FF8C00 si es igual a 0
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes imágenes se muestran las vistas de google terreno y open Street Maps del visor.

Imagen 105. Resultado del Visor con Vista Terreno de Google Mapas
Fuente: Elaboración propia

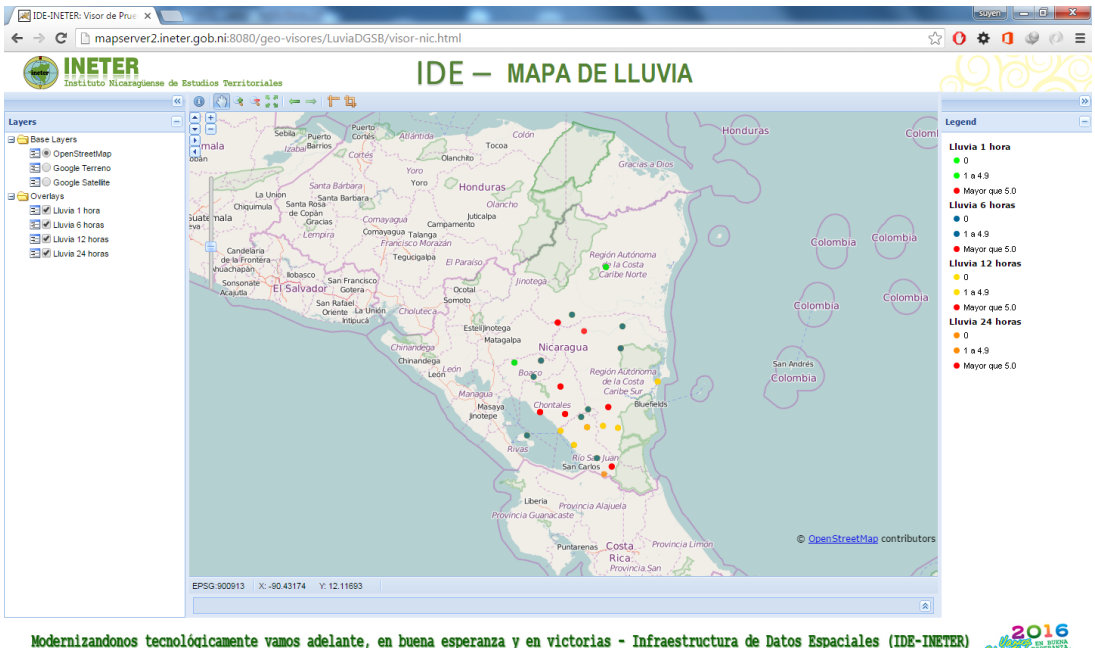


Imagen 106. Resultado de Visor Vista de Open Street Map
Fuente: Elaboración propia

A.9. Otro Anexos

A.9.1. Configuración y Publicación del WMS en GeoServer

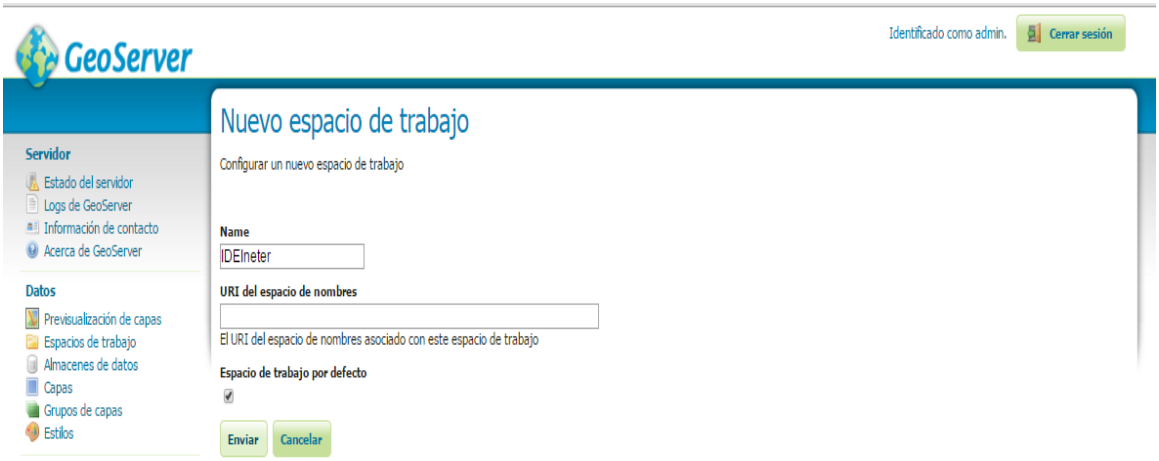


Imagen 107. Crear un Espacio de trabajo en GeoServer
Fuente: Elaboración propia

Imagen 108. Seleccionar espacio de trabajo Creado
Fuente: Elaboración propia

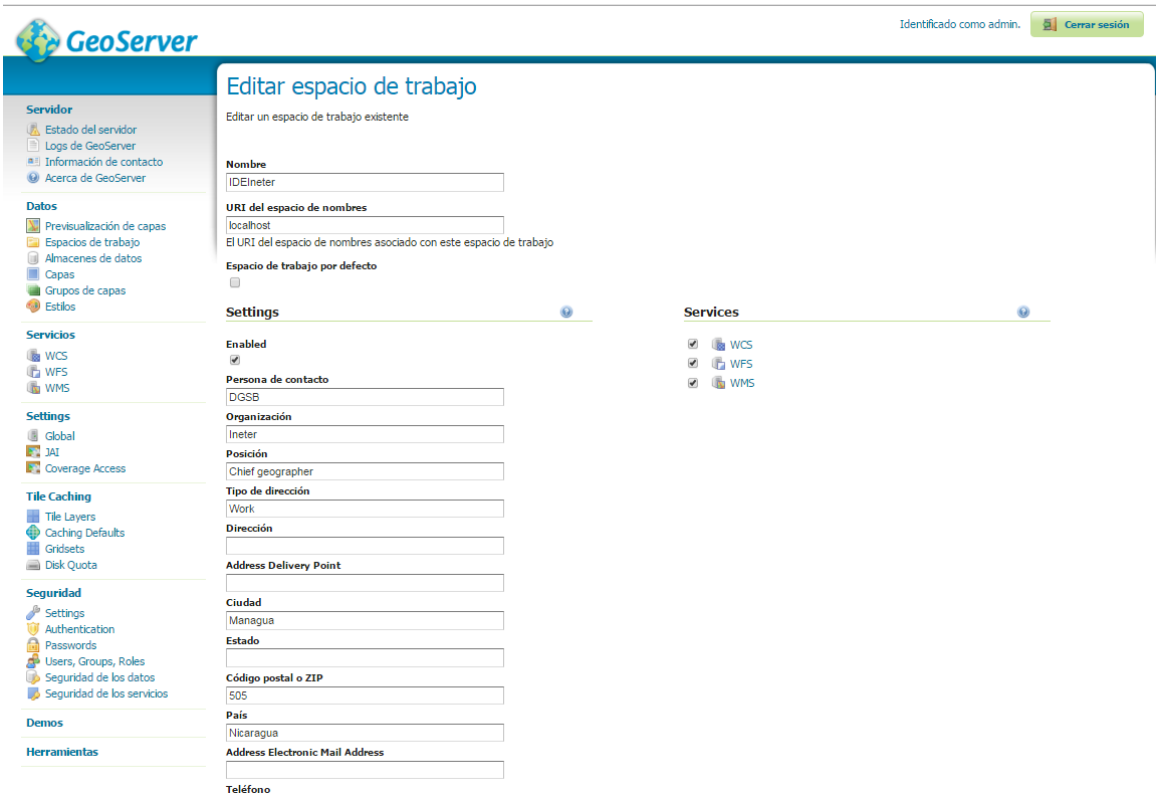


Imagen 109. Editar espacio de trabajo
Fuente: Elaboración propia

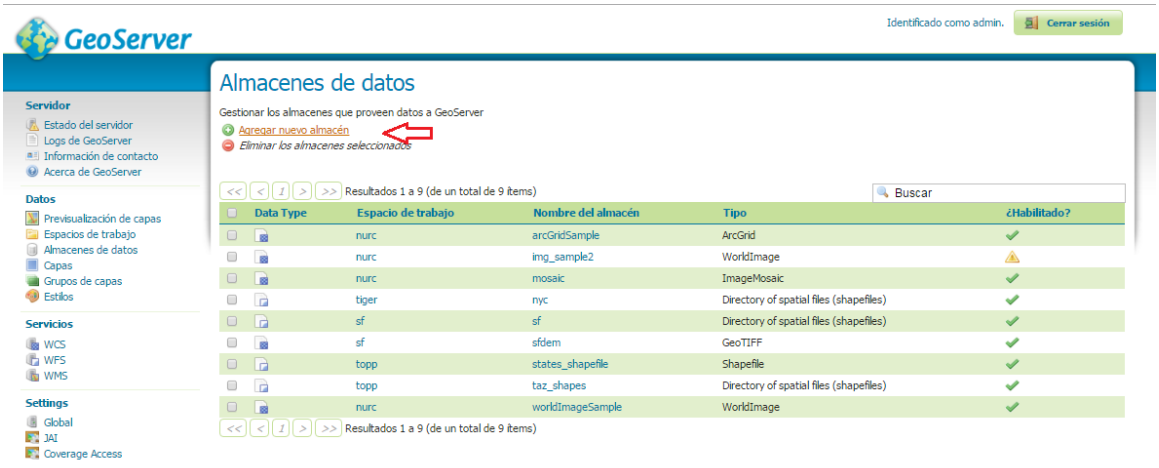


Imagen 110. Agregar nuevo almacén de datos
Fuente: Elaboración propia

Imagen 111. Agregar nuevo origen de datos
Fuente: Elaboración propia

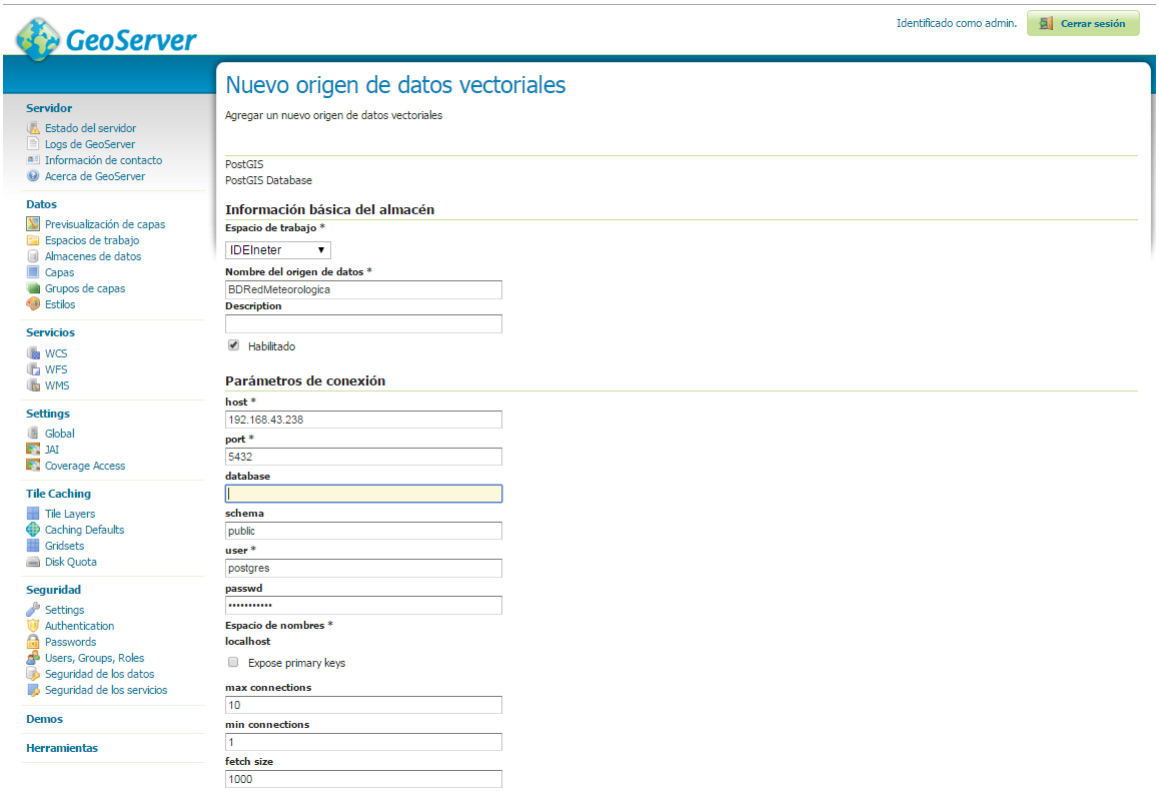


Imagen 112. Editando el nuevo origen de datos
Fuente: Elaboración propia

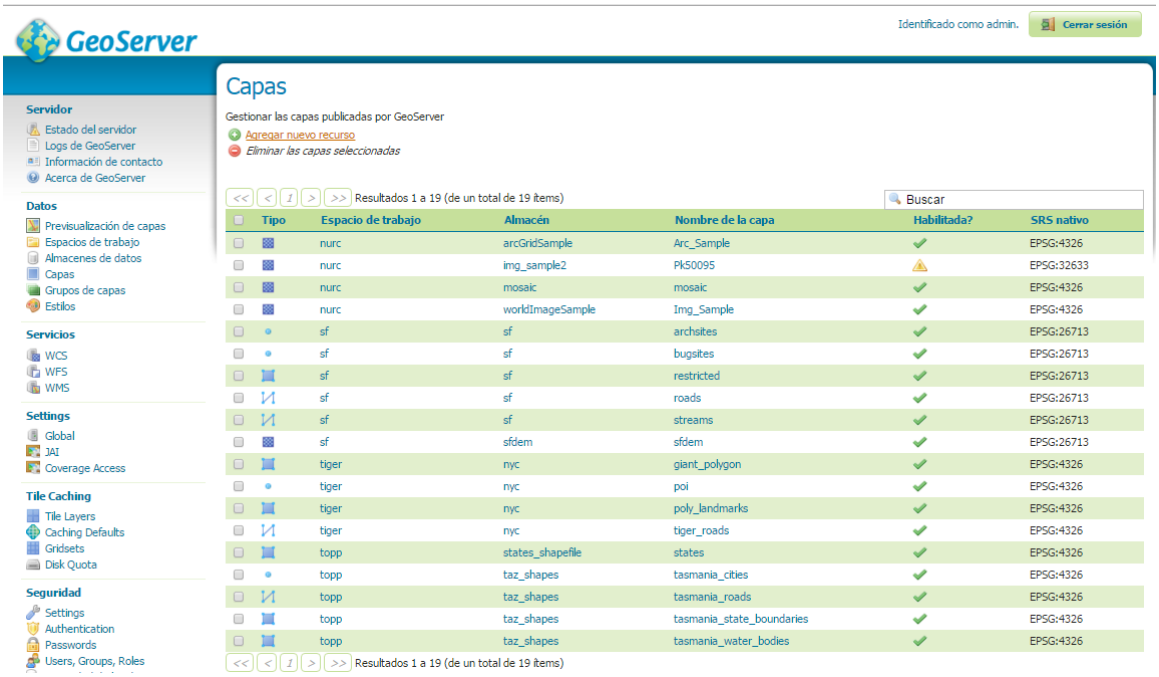


Imagen 113. Agregar una nueva capa
Fuente: Elaboración propia

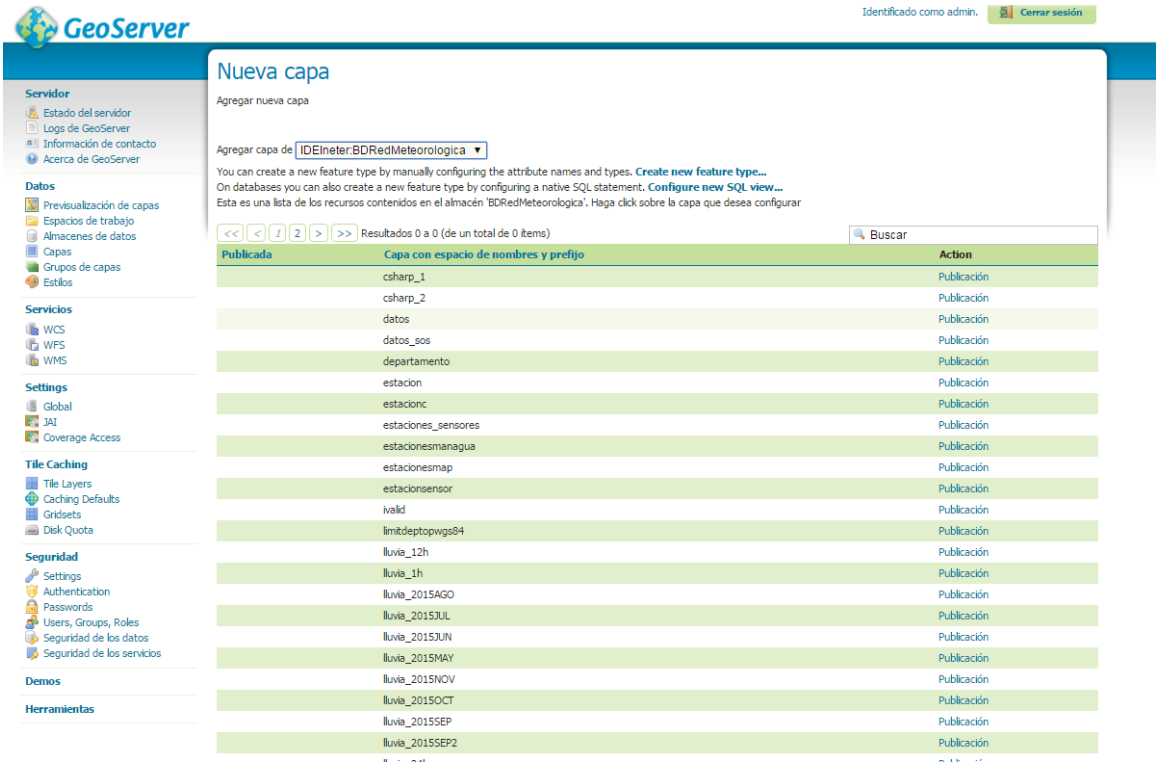


Imagen 114. Agregar una nueva capa con el nuevo espacio de trabajo y almacén de datos
Fuente: Elaboración propia

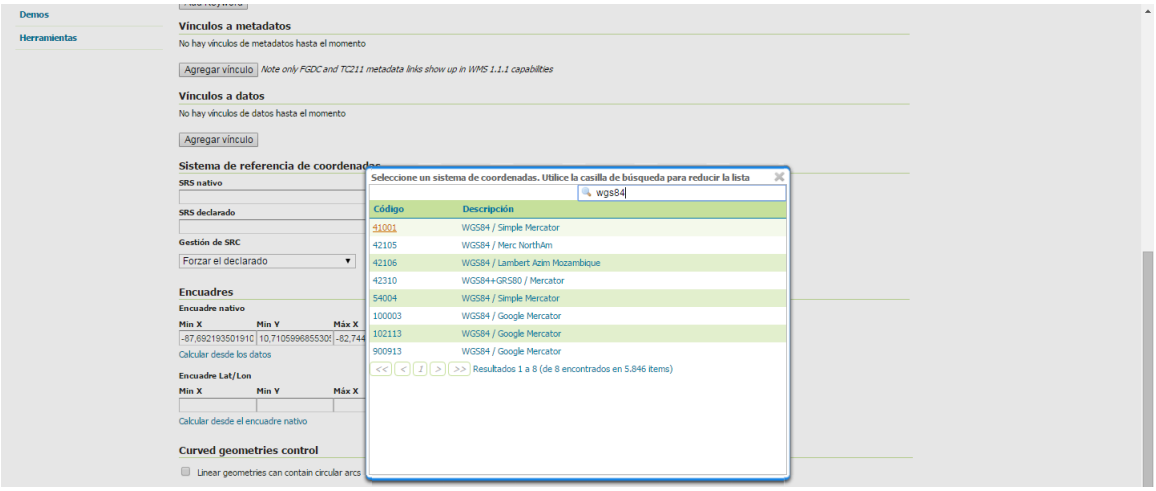


Imagen 115. Calcular los encuadres en base al SRS correspondiente
Fuente: Elaboración propia

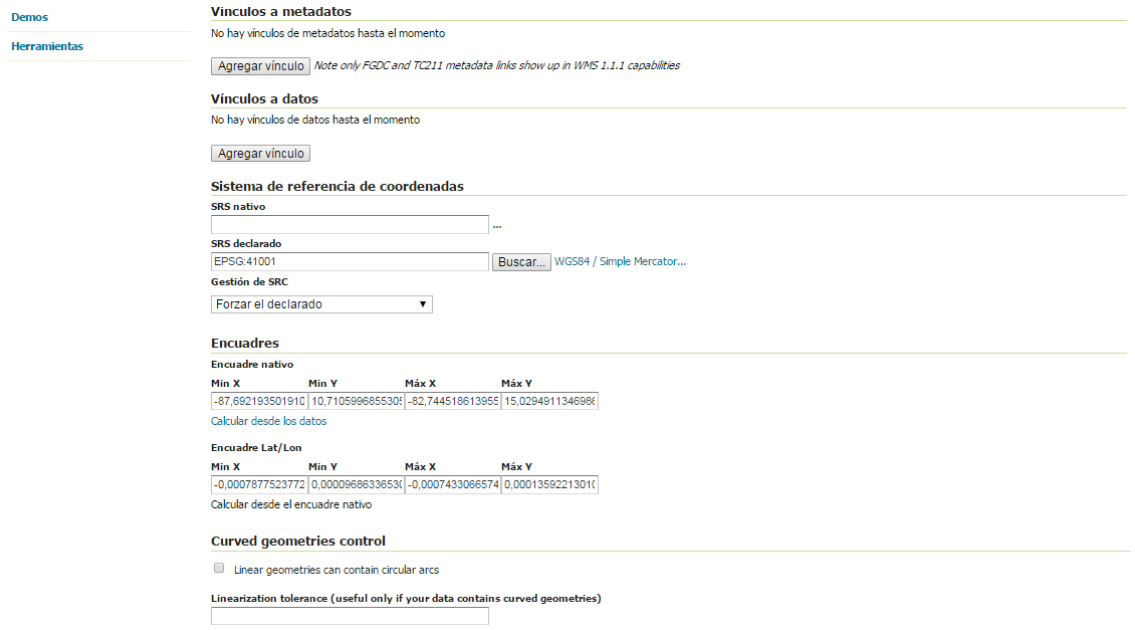


Imagen 116. Capa editada para publicar
Fuente: Elaboración propia

A.9.2. Conexión de QGIS con el WMS

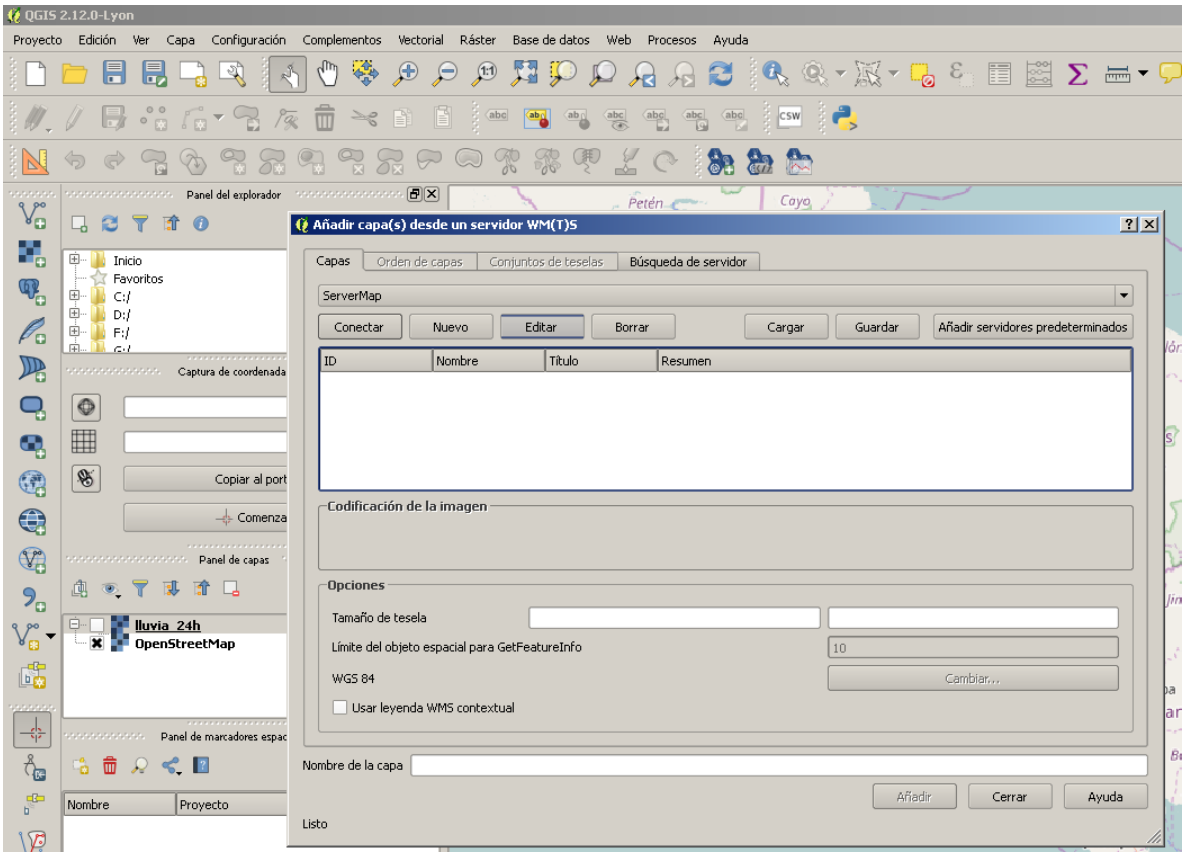


Imagen 117. Añadir WMS a QGIS
Fuente: Elaboración propia

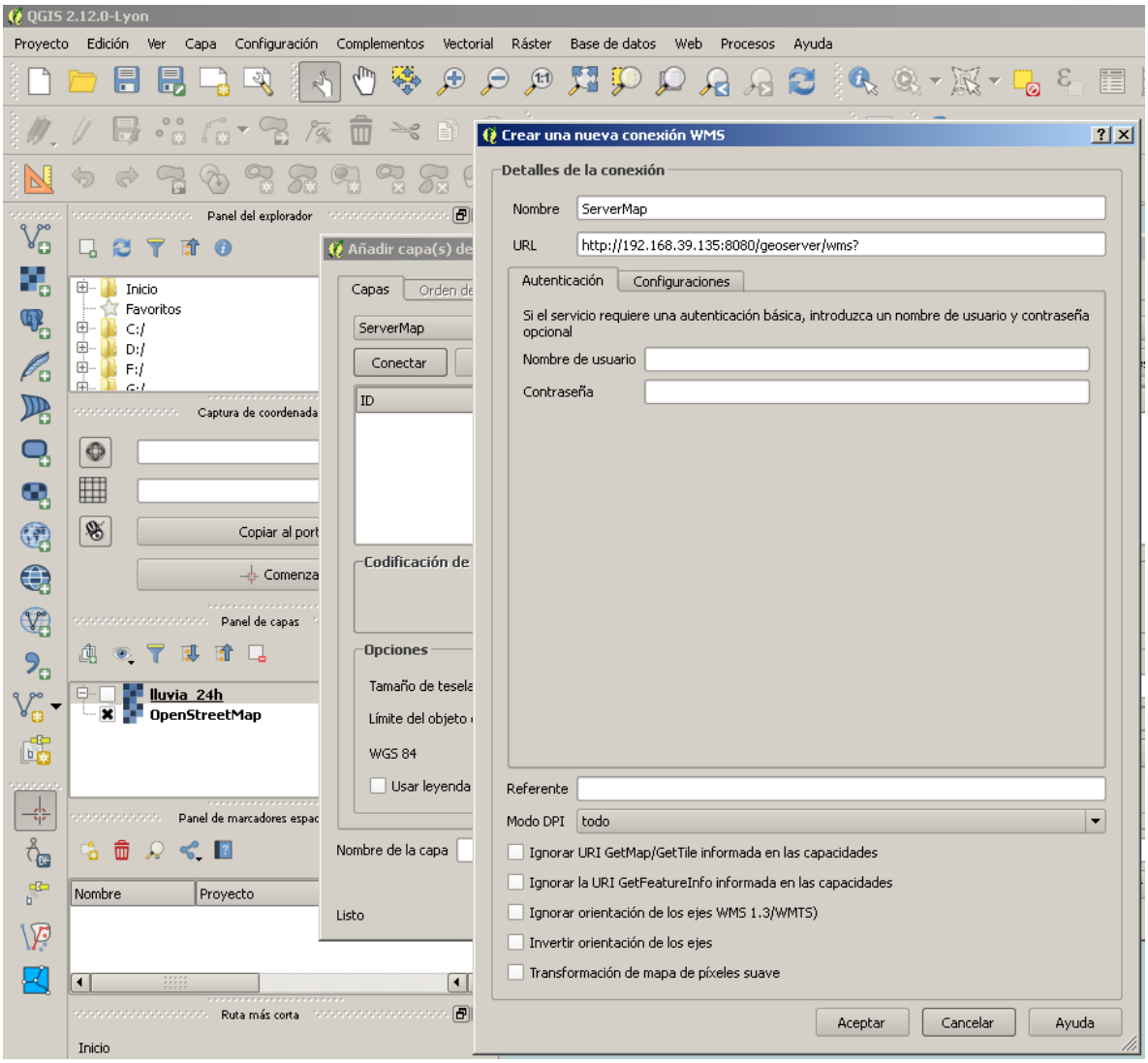


Imagen 118. Configurar la conexión con el servidor
Fuente: Elaboración propia

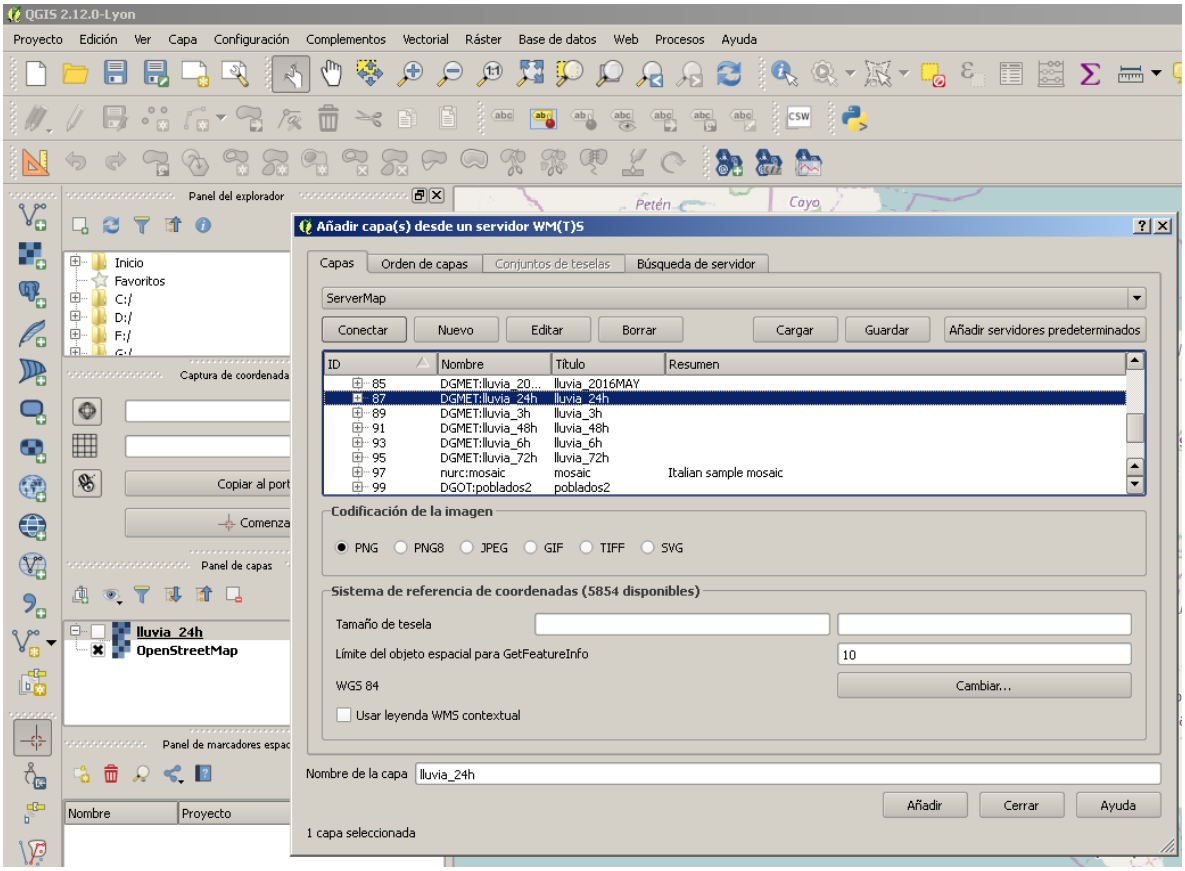


Imagen 119. Añadir capas
Fuente: Elaboración propia

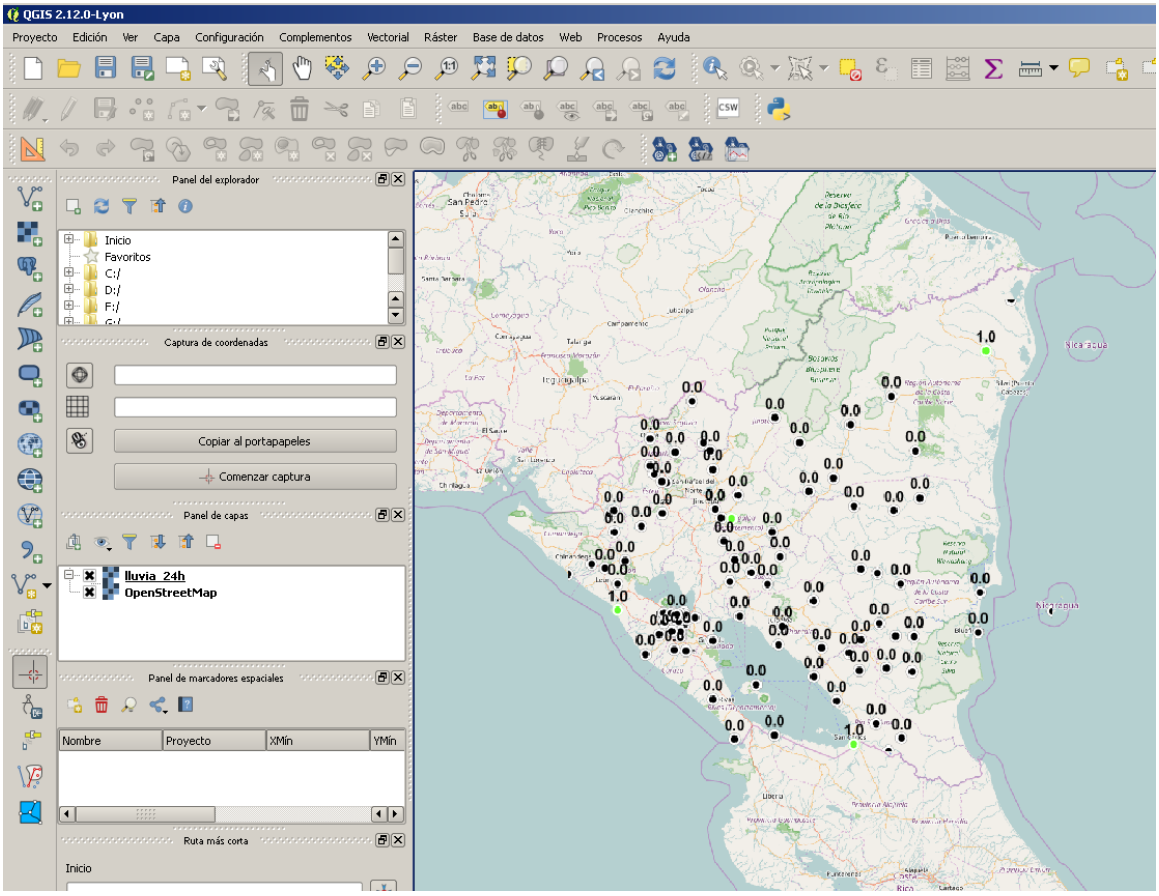


Imagen 120. Capa WMS desde QGIS
Fuente: Elaboración propia

A.10. Estimación de costos

Recuso humano

Duración del proyecto: 12 Meses ~ 48 semanas

1 Semana = 40 Hrs Laborales

Costo/Hora = C$ 95.00

Total horas laborales= 48 Semanas * 40 Hrs/Semana = 1920 Hrs Laborales

Total Desarrolladores= 3

Costo por desarrollador = 1920 Hrs Laborales * C$ 95.00 = C$ 182,400.00

Costo total del desarrollo= 182,400.00 * 3 Recursos Humanos = C$ 547,200.00

Tecnologías de desarrollo

Tabla 44 Costos de herramientas de desarrollo

Artefacto	Cantidad	Costo	Total
Visual Studio Community 2015	3	C$ 0.00	C$ 0.00
PostgreSQL	3	C$ 0.00	C$ 0.00
Visio 2016	3	C$ 0.00	C$ 0.00
		Total	C$ 0.00

Fuente: elaboración propia.

Observaciones:

- ✓ Visual Studio Community es una herramienta completa y ampliable para desarrolladores la cual Microsoft brinda de forma gratuita a todos los usuarios.
- ✓ PostgreSQL es un gestor de base de datos orientado objeto y libre, publicado bajo la licencia PostgreSQL.
- ✓ VISIO 2016 descargado en DreamSpark con licencia.

Arquitectura de redes

Tabla 45 Costo de redes

Artefacto	Cantidad	Costo	Total
Servidores(Desarrollo, Base de Datos, Producción)	3	C$ 0.00	C$ 0.00
Computadoras	3	C$ 0.00	C$ 0.00
		Total	C$ 0.00

Fuente: elaboración propia.

Observaciones:

- ✓ Servidores pertenecen a la institución.
- ✓ Computadoras para el desarrollo de la plataforma pertenecían a la institución.

Costo total del proyecto

Tabla 46 Costo de proyecto

Artefacto	Costo
Recurso humano	C$ 547,200.00
Tecnologías de desarrollo	C$ 0.00
Arquitectura de redes	C$ 0.00
Total	C$ 547,200.00

Fuente: elaboración propia.

A.11. Cronograma de actividades

Tabla 47 Cronograma de actividades

Propuesta de plataforma geoinformática para la digitación, validación, integración y difusión de datos hidrometeorológicos.	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12	13 14 15 16	17 18 19 20	21 22 23 24	25 26 27 28	29 30 31 32	33 34 35 36	33 34 35 36	33 34 35 36	33 34 35 36
1. Generación de base de datos geoespacial												
1.1 Evaluar alternativas de sistemas gestores de base datos con soporte espacial												
1.2 Crear un esquema de base de datos basándose en los conceptos de O&M												
1.3 Crear esquema de seguridad para autorización de usuarios												
2. Desarrollo de un sub-sistema web para las estaciones convencionales primarias, que permita digitar los datos de variables hidrometeorológicas												
2.1 Análisis de recolección de datos de las estaciones convencionales												
2.1.1 Levantamiento de Requerimientos												

2.2 Modelado de Requerimientos																																																		
2.2.1 Casos de uso																																																		
2.2.2 Diagramas de secuencia																																																		
2.2.3 Diagrama de clases																																																		
2.2.4 Diagrama de Interfaz																																																		
2.2.5 Diagrama de Colaboración																																																		
2.2.6 Diagrama de Paquetes																																																		
2.3 Implementación del sub-sistema de recolección de datos de las estaciones convencionales																																																		
2.3.1 Programar repositorio base																																																		
2.3.2 Programar capa de negocio																																																		
2.3.3 Desarrollar capa de presentación																																																		
2.4 Optimizar IU Web																																																		
2.4.1 Realizar maquetación responsiva																																																		
2.5 Realizar pruebas de usabilidad																																																		
2.6 Implementación de ASP.NET Membership para la seguridad																																																		
2.6.1 Implementación de las los métodos de seguridad del Membership																																																		
3. Migración de los datos de las estaciones telemétricas automáticas a una base de datos geoespacial (GeoBD) (Etapa 1).																																																		
3.1 Realizar Diagnostica a BD estaciones Automáticas																																																		
3.1.1 Verificar documentación del modelo																																																		

3.1.1 verificar integridad referencial	
3.2 Establecer requerimientos de almacenamiento	
3.2.1 Estimar el almacenamiento necesario para el servidor de BD	
3.3 Creación de Servicio de Trasferencia a BDS	
3.3.1 Establecer correlación de esquemas (Origen y Destino) de base de datos	
3.3.2 Identificar Momento óptimo de migrado	
3.3.3 Desarrollar servicio de migrado automático	
4. Validación automática de los datos de estaciones hidrometeorológicas, basándose en pasos de la norma UNE-50040	
4.1 Conocer límites físicos de variables	
4.2 Identificar límites físicos por efemérides	
4.3 Validar coherencia a muy corto plazo	
4.4 Validar Coherencia las series temporales	
4.5 Validación de la coherencia espacial	
5. Habilitación de interoperabilidad basada en estándares OGC e ISO 19100.	
5.1. Se configurara servidor de mapas WMS (Web Maps Service).	

5.2. Se configurara servidor de WFS (Web Feature Service)	
5.3. Se configurar servidor WFS-T(Web Feature Service Transactional)	
5.4. Habilitar servidor de observaciones de sensores SOS (Sensor Observación Services)	
5.4.1 Evaluar alternativas de servidores SOS	
5.4.2 Configuración de servidor SOS	
6. Desarrollo del sistema de presentación de datos hidrometeorológicos.	
6.1 Establecer requerimientos	
6.2 Generar casos de uso	
6.3 Generación de reportes	
6.3.1 Reportes gráficos	
6.3.2 Reportes geográficos	
6.3.3 Reportes Tabulares	
6.4 Implementación de ASP.NET Membership para la seguridad	
6.3.1 Creación de clases	
6.3.2 Implementación de las los métodos de seguridad del Membership	
7. Desarrollo de sub-sistema de reportes FM12, para su impresión y almacenado de manera física.	
7.1 Levantamiento de reportes FM-12	

7.2 Investigación de fórmulas necesarias para la generación de algunos reportes	
7.3 Generación de reportes	
8. Configuración de un cliente que haga uso de servicios estándares SOS y WMS	
8.1 Configurar cliente WMS para SOS	
8.2 Configurar cliente SOS	
8.3 Habilitar sitio web del cliente SOS Y WMS	
9. Elaborar Documento de Tesis	

Fuente: elaboración propia.