

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE INFORMACIÓN
DE NIVELES DE CORROSIÓN
GEOREFERENCIALES**

CRISTÓBAL ANDRÉS ROJAS CANALES

ESTEBAN ALEJANDRO VARAS GONZÁLEZ

INFORME FINAL DEL PROYECTO

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE EJECUCIÓN EN INFORMÁTICA

Noviembre 2010

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE INFORMACIÓN
DE NIVELES DE CORROSIÓN
GEOREFERENCIALES**

CRISTÓBAL ANDRÉS ROJAS CANALES

ESTEBAN ALEJANDRO VARAS GONZÁLEZ

**GUILLERMO CABRERA GUERRERO
PROFESOR GUÍA**

**PAMELA HERMOSILLA MONCKTON
PROFESOR CORREFERENTE**

Noviembre 2010

Dedicatoria

Agradecido de Dios, mi familia y mis amigos.

Cristóbal Andrés Rojas Canales.

Dedicatoria

A Dios, a mi Madre, a mi familia, y a todos quienes me acompañan en el camino.

Esteban Alejandro Varas González.

Índice

Resumen / Abstract	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de tablas	xi
Glosario de términos.....	14
Capítulo 1: Visión general del proyecto.....	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Objetivo General	17
1.3 Objetivos Específicos.....	18
Capítulo 2: Estado del arte	16
2.1 El fenómeno de la corrosión	19
2.2 La corrosión atmosférica	21
2.3 Factores climáticos	22
2.4 Factores químicos.....	24
2.5 Otros Factores	24
2.6 El proyecto MICAT	25
2.6.1 Antecedentes	25
2.6.2 Objetivos	25
2.6.3 Metodología	26
2.6.4 Calibración de la agresividad de la atmósfera	27
2.6.5 Abreviaturas utilizadas	28
2.6.6 Caracterización de la atmósfera en relación con su agresividad.....	28
2.6.7 Clasificación del tiempo de humectación.....	29
2.6.8 Clasificación de las categorías de contaminación	30

2.6.9	Categorías de la corrosividad de la atmósfera	31
2.7	Generación de mapas de corrosividad en Chile.....	32
2.7.1	Proyecto PUCV- Innova Corfo	32
2.7.2	Relación con presente proyecto.....	33
2.8	Sistemas de información Geográfica	34
2.8.1	Historia.....	34
2.8.2	SIG en la actualidad	35
2.8.3	Funcionamiento de un SIG.....	35
2.8.4	Selección de la herramienta SIG para el desarrollo del presente proyecto	36
Capítulo 3:	gvSIG Desktop	39
3.1	Historia.....	39
3.2	Definición	39
3.3	Características de gvSIG	39
3.4	Funcionalidades de gvSIG	40
3.4.1	Acceso a formatos vectoriales	40
3.4.2	Acceso a formatos raster.....	40
3.4.3	Acceso a servicios remotos	41
3.4.4	Acceso a bases de datos y tablas	42
3.4.5	Funcionalidades propias de gvSIG.....	43
3.5	Arquitectura de gvSIG.....	45
3.5.1	Subsistema gvSIG.....	46
3.5.1.1	Andami	46
3.5.2	Subsistema FMap	49
Capítulo 4:	Metodología, Modelo de Procesos y Herramientas.....	52

4.1	Metodología de Desarrollo Orientada a Objetos (OO)	52
4.2	Modelo de procesos	53
4.2.1	Modelo de prototipos.....	53
4.2.2	Ventajas del modelo de prototipos	54
4.2.3	Desventajas del modelo.....	54
4.2.4	Fundamentos de la elección del modelo.....	54
4.3	Herramientas Utilizadas	55
4.3.1	Herramientas de documentación	55
4.3.2	Herramientas de desarrollo.....	55
Capítulo 5:	Plan de trabajo	57
5.1	Planificación de actividades	57
Capítulo 6:	Desarrollo	61
6.1	Requerimientos de la solución	61
6.2	Requerimientos funcionales	63
6.3	Requerimientos no funcionales	63
6.4	Requerimientos del sistema	64
6.5	Análisis de la solución	64
6.5.1	Descripción de los roles del sistema	64
6.5.2	Casos de uso	65
6.5.2.1	Diagrama de caso de uso: Alto nivel	66
6.5.2.2	Diagrama de caso de uso: Generar datos de corrosión.....	67
6.5.2.3	Diagrama de caso de uso: Gestionar mapas de corrosión.....	67
6.5.2.4	Diagrama de caso de uso: Obtener información de corrosión	68
6.5.2.6	Caso de uso: Generar datos de corrosión	69

6.5.2.7	Diagrama de actividad: Generar datos de corrosión.....	71
6.5.2.8	Caso de uso: Gestionar mapas de corrosión.....	72
6.5.2.9	Diagrama de actividad: Gestionar mapas de corrosión.....	73
6.5.2.10	Caso de uso: Agregar mapa.....	74
6.5.2.11	Diagrama de actividad: Agregar mapa.....	75
6.5.2.12	Caso de uso: Eliminar mapa.....	76
6.5.2.13	Diagrama de actividad: Eliminar mapa.....	77
6.5.2.14	Caso de uso: Obtener información de corrosión.....	78
6.5.2.15	Diagrama de actividad: Obtener información de corrosión.....	79
6.5.2.16	Caso de uso: Gestionar estaciones , placas y mediciones.....	80
6.5.2.17	Diagrama de actividad: Gestionar estaciones, placas y mediciones.....	81
6.6	Diseño de la solución	82
6.6.1	Diagrama de secuencia generar datos de corrosión.....	82
6.6.1.1	Diagrama de secuencia :Generar datos de corrosión / Datos Inválidos.....	83
6.6.1.2	Diagrama de secuencia: Generar datos de corrosión /Guardado Incorrecto....	84
6.6.1.3	Diagrama de secuencia: Generar datos de corrosión /Usuario Desconocido..	85
6.6.1.4	Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión.....	86
6.6.1.5	Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión /Usuario Desconocido.	87
6.6.1.6	Diagrama de secuencia : Gestionar mapas de corrosión / Agregar mapa.....	88
6.6.1.7	Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión / Eliminar mapa.....	89
6.6.1.8	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión.....	90
6.6.1.9	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al cargar mapas.....	91
6.6.1.10	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión/ Error al cargar mediciones.....	92

6.6.1.11	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al desplegar estaciones.....	93
6.6.1.12	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión/ Error al generar gráficos	94
6.6.1.13	Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al desplegar información.....	95
6.6.1.14	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Ingresar estación.....	96
6.6.1.15	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar estación.....	97
6.6.1.16	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar estación.....	98
6.6.1.17	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Insertar Placa.....	99
6.6.1.18	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar Placa.....	100
6.6.1.19	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar Placa.....	101
6.6.1.20	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Insertar Medición.....	102
6.6.1.21	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar Medición.....	103
6.6.1.22	Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar Medición.....	104
6.6.2	Diagrama de componentes.....	105
6.6.3	Diagrama de Clases	105
6.6.4	Modelo de Datos.....	109
6.6.5	Definición de las tablas.....	109
Capítulo 7:	Prototipos del producto final	116
Capítulo 8:	Producto Final.....	122

Capítulo 9:	Plan de pruebas.....	130
	9.1 Pruebas de Caja Negra.....	131
Conclusiones	134
Referencias Bibliográficas y Bibliografía.....		136
Referencias Web.....		136

Resumen

La corrosión es un fenómeno con el que el hombre ha convivido desde el día en que comenzó a dar uso a los metales. Hoy en día con las nuevas tecnologías, los costos que provoca la corrosión atmosférica motivan a los países a buscar maneras de prevenir y mitigar los daños causados. Bajo este contexto, el siguiente proyecto busca implementar una fuente de canalización de la información estadística que se ha obtenido en Chile, a través de la generación de mapas de corrosión atmosférica, gracias a la utilización de herramientas computacionales conocidas como Sistemas de Información Geográfica, para luego divulgar ésta y ayudar a la toma de decisiones gubernamentales y empresariales.

Abstract

Corrosion is a phenomenon the men have to live with, since the day that they started to use the metals. Nowadays with the new technologies, the costs that the Atmospheric corrosion causes to the countries motivate them to find new ways to prevent and mitigate the damage. In this context, the following project aims to create a canalization source of the statistic information that has been taken in Chile, with the aim of generate geo-referenced maps of atmospheric corrosion, through the use of computing tools known as Geographic Information Systems, in order to divulgate this information and contribute with the government and business decision making.

Lista de figuras

Figura 2.1 Fórmula del cálculo de la corrosión total.....	17
Figura 2.2 Secuencia de etapas del proyecto PUCV Innova CORFO.....	28
Figura 3.1 Logo gvSIG Desktop.....	34
Figura 3.2 Subsistemas de gvSIG.....	40
Figura 3.3 Diagrama de Componentes del subsistemas gvSIG.....	41
Figura 3.4 Diagrama de Componentes del framework Andami.....	42
Figura 3.5 Diagrama de clases nuevas extensiones para gvSIG.....	43
Figura 3.6 Diagrama de componentes de FMap.....	45
Figura 6.1 Requerimientos del sistema.....	56
Figura 6.2 Proceso para la publicación e interpretación de un mapa en la web.....	57
Figura 7.1 Prototipo 1.....	97
Figura 7.2 Prototipo 2 Página de inicio	98
Figura 7.3 Prototipo 2 – Información de una estación.....	99
Figura 7.4 Prototipo 2 – Tipos de mapas para una estación.....	99
Figura 7.5 Prototipo 3 – Página de inicio. Mapa Navegable.....	101
Figura 7.6 Prototipo 3 – Página de inicio. Información de una estación.....	102
Figura 7.7 Prototipo 3 – Ingreso a mantenedores de datos para personal autorizado.....	102
Fig 8.1 Producto final – Página de inicio entorno web.....	123
Fig 8.2 Producto final – Despliegue de información de una estación.....	124
Fig 8.3 Producto final – Panel de Administración para el rol Químico.....	125
Fig 8.4 Producto final – Listado de Mediciones de contaminantes.....	126
Fig 8.5 Producto final – Login de la extensión para gvSIG.....	128
Fig 8.6 Producto final – Menú principal de gestión de mapas.....	130
Fig 8.7 Producto final – Envío de mapas al servidor web.....	130

Lista de tablas

Tabla N° 2.1 Serie de fuerza electromotriz.....	15
Tabla N° 2.2 Resumen del Informe Hoar 1971.....	16
Tabla N° 2.3 Efecto del clima en la corrosión atmosférica.....	18
Tabla N° 2.4. Clasificación del tiempo de humectación de superficies metálicas.....	24
Tabla N° 2.5. Clasificación de la contaminación por sustancias sulfurosas.....	25
Tabla N° 2.6 Clasificación de la contaminación por aerosoles salinos (ISO 9223:1992).....	26
Tabla N° 2.7 Categorías de la corrosividad de la atmósfera. (ISO 223:1992).....	26
Tabla N° 5.1 Planificación de actividades para el desarrollo del proyecto.....	52
Tabla N° 9.1: Prueba 1 de Caja Negra.....	113
Tabla N° 9.2: Prueba 2 de Caja Negra.....	113
Tabla N° 9.3: Prueba 3 de Caja Negra.....	114
Tabla N° 9.4: Prueba 4 de Caja Negra.....	114
Tabla N° 9.5: Prueba 5 de Caja Negra.....	115

Glosario de términos

SO₂: El óxido de azufre también llamado dióxido de azufre, gas sulfuroso y anhídrido sulfuroso, es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en óxido de azufre.

NaCl: El cloruro de sodio es una de las sales responsables de la salinidad del océano y del fluido extracelular de muchos organismos. También es el mayor componente de la sal comestible, es comúnmente usada como condimento y conservante de comida.

Agresividad de la atmósfera: Es el potencial de la atmósfera para provocar corrosión en metales o aleaciones. Se puede medir con base en los siguientes parámetros ambientales: humedad, temperatura y contaminación.

Corrosividad de la atmósfera: Habilidad de la atmósfera para provocar corrosión en un sistema dado.

Tiempo de humectación: Periodo durante el cual una superficie metálica está cubierta por una película de electrolito (incluso adsorbida) que estimula significativamente la corrosión atmosférica.

Tiempo de humectación calculado: Tiempo de humectación estimado a partir de relaciones temperatura-humedad relativa.

Tiempo de humectación experimental: Tiempo de humectación determinado directamente por diferentes sistemas de medida.

Categoría de la contaminación: Característica cualitativa o cuantitativa determinada convencionalmente, que señala la cantidad de sustancias químicas activas, gases corrosivos o partículas suspendidas en el aire, tanto naturales como producidas por el hombre, diferentes de los compuestos ordinarios del aire.

Tipo de atmósfera: Caracterización de la atmósfera sobre la base de un apropiado criterio de clasificación: industrial, marina, urbana, etc., o de factores operacionales complementarios: química, etcétera.

Complejo temperatura humedad: Efecto conjunto de la temperatura y de la humedad relativa, que influye en la corrosividad de la atmósfera.

Tipo de localización: Condiciones de exposición típicas definidas convencionalmente a partir de un componente o estructura: espacio cerrado, bajo techo, aire libre, etcétera.

Georeferenciación: Posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen).

Raster: división del área gráfica de estudio en una matriz de celdillas, generalmente cuadradas.

Geoprocesamiento: es un proceso en el que se aplica el análisis geográfico y se modelan los datos para producir nueva información.

Framework: es una estructura de soporte, que permite desarrollar una aplicación sobre él.

Topología: rama de las matemáticas que estudia las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma.

El sextante: es un instrumento que permite medir ángulos entre dos objetos tales como: dos puntos de una costa o un astro.

Capítulo 1: Visión general del proyecto

1.1 Introducción

A lo largo del tiempo, el hombre ha intentado evitar y/o prevenir los efectos que la naturaleza provoca en muchas áreas involucradas en su desarrollo. El objetivo es, sin duda, desarrollar una sociedad en todos los sentidos, adaptándose al entorno existente y al medio ambiente en el cual esta se sitúa. Factores como la situación climática y el contexto geográfico de una ciudad, entre otros, son importantes a la hora de tomar decisiones en cuanto a vivienda, urbanismo, estudios demográficos, construcciones industriales, etc.

La corrosión es uno de aquellos factores a tomar en cuenta, definiéndose como la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Históricamente este fenómeno ha sido enfrentado después de su aparición, es decir, no se ha buscado una vía para prevenirlo, o al menos mitigar sus efectos. Solamente en países que han invertido tiempo y dinero en investigación, se han logrado desarrollar planes de protección frente a la corrosión, luego de descubrir los verdaderos costos que esta genera.

En los países industrializados, en términos generales, el impacto de la corrosión representa entre el 3% y el 5% del Producto Interno Bruto (PIB) y si se considera que más del 80% de las superficies metálicas se encuentran expuestas al aire libre, la corrosión atmosférica es de un 30% a 50% de dichos costos.

Chile está especialmente afecto a este fenómeno natural, debido a su vasta zona costera y al incremento en la contaminación atmosférica, pero aun así no se ha tomado conciencia de los posibles daños y costos asociados. Es aquí donde adopta gran importancia generar vías de canalización para la información que se posee, con el objetivo de proporcionar al sector productivo del país las herramientas para el desarrollo de sistemas de protección frente a la corrosión atmosférica.

Es por esto que la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso está desarrollando un proyecto financiado por Innova CORFO, cuyo principal objetivo es la creación de mapas de corrosión atmosférica de los metales y aleaciones de mayor interés tecnológico en Chile, como una guía para indicar al sector empresarial y a la población en general cómo afectan las condiciones ambientales a los diversos materiales que se utilizan en las construcciones. El proyecto involucra a un equipo multidisciplinario de docentes de diferentes áreas, tales como: Geografía, Estadística, Química, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Informática, entre otras.

Es aquí donde surge la necesidad de desarrollar una solución que se encargue de generar los mapas anteriormente mencionados, a través del uso de herramientas computacionales, conocidas como Sistemas de Información Geográfica (SIG), siendo este el tema en el que se basa el siguiente documento.

En esta investigación se propondrá y desarrollará una solución para el desarrollo de un sistema que reciba, procese y publique información sobre los niveles de corrosión atmosférica a lo largo del país, a través del desarrollo de extensiones para la utilización de una versión personalizada del sistema de información geográfica de código libre gvSIG, los módulos web necesarios para la recepción y despliegue de los datos, y la conexión entre todas las entidades participantes. Todo esto bajo la premisa de que al utilizar una herramienta SIG gratuita se podrán obtener los mismos resultados que con otros software de procesamiento de mapas georeferenciales licenciados, además del ahorro en recursos que esto conlleva, y de la posibilidad de disponer libremente del código fuente y la documentación asociada para el desarrollo.

Durante la primera parte del desarrollo del presente proyecto se realizó todo el proceso previo a la implementación, la determinación de actores, el análisis y diseño de la solución, y la presentación de prototipos. Se investigaron los Sistemas de Información geográfica, la corrosión y sus factores, y se eligieron las herramientas a utilizar. La tarea durante esta nueva etapa es el refinamiento de los requerimientos, el ajuste del diseño de la solución, la implementación de los módulos del sistema, la validación de los nuevos prototipos y la integración de los subsistemas desarrollados, en camino a generar el producto final del proyecto y cumplir con los objetivos propuestos.

Por lo anterior, el siguiente informe tiene por objetivo presentar el desarrollo del proyecto en cuanto al producto final, los diagramas referentes a su análisis y diseño, el desglose de las tecnologías utilizadas, los prototipos realizados, y el marco teórico que sirve como base para toda la investigación realizada durante el transcurso de este trabajo.

1.2 Objetivo General

- Implementar un sistema que reciba, procese y publique información georeferenciada sobre los niveles de corrosión atmosférica a lo largo del país.

1.3 Objetivos Específicos

- Comprender los procesos que involucra el fenómeno de la corrosión atmosférica, internalizando los factores que lo provocan, y las consecuencias que este genera.
- Realizar un análisis en detalle a los Sistemas de Información Geográfica, sus características y funcionamiento. En particular, aplicar Ingeniería Reversa a la herramienta gvSIG.
- Diseñar una solución para el problema de la generación de mapas de corrosión atmosférica georreferenciales.
- Determinar un modelo de procesos, a través del cual se llevará a cabo el desarrollo de la solución propuesta.
- Almacenar la información de corrosión generada, en un sistema de persistencia de datos.
- Controlar el acceso de los responsables de abastecer al sistema de la información que este generará.
- Desarrollar una extensión para el sistema de información geográfica de código libre gvSIG, y los módulos web necesarios para la recepción y despliegue de los mapas y de los datos asociados.
- Permitir la comunicación entre el sistema web desarrollado y la aplicación gvSIG.
- Generar la documentación necesaria para que los usuarios puedan utilizar el sistema.

Capítulo 2: Estado del arte

2.1 El fenómeno de la corrosión

Se entiende por corrosión, la reacción de un metal o aleación con el medio o ambientes reactivos teniendo como consecuencia su deterioro o destrucción. A causa de este fenómeno los metales pierden su estado elemental y retornan al estado combinado de origen. En la actualidad, el término corrosión se aplica solamente al ataque electroquímico de los metales, aunque algunos autores opinan que no es muy estricto y se puede considerar también a los no metales como cerámica, plásticos, goma, etc.

Los fenómenos de corrosión pueden clasificarse de acuerdo a variados criterios:

- Por la morfología de ataque: Ataque uniforme, localizado, intergranular, etc.
- Por el medio atacante: Corrosión por ácidos, corrosión aerobia, atmosférica, corrosión de estructuras enterradas, etc.
- Por las acciones físicas que junto con las químicas derivan en el deterioro del material: Corrosión bajo tensión, corrosión por fatiga, corrosión por cavitación, corrosión por corrientes vagabundas, etc.
- Por los medios de reacción: Oxidación directa y corrosión electroquímica.

La corrosión representa el proceso opuesto por el cual el metal es producido a partir del mineral en el cual existe en forma natural como óxido, sulfuro, cloruro, etc. Se puede decir que entre más difícil sea el proceso de extracción del metal en su forma natural, mayor será la tendencia a regresar a esa forma por medio de la corrosión, pero la velocidad con la que esta ocurre dependerá del medio.

Una reacción de corrosión es del tipo electroquímica y puede expresarse parcialmente por la ionización de un metal, es decir, el proceso por el cual un átomo metálico pierde electrones y queda cargado con un exceso de partículas positivas (iguales a las cargas negativas de los electrones que se pierden). Dicha entidad cargada constituye un ión positivo o cátodo. Este proceso se lleva a cabo en un electrolito (medio acuoso), con la existencia de una zona anódica (de oxidación o de corrosión) y una zona catódica (de reducción), siendo imprescindible la existencia de estos tres elementos para que se produzca la reacción.

Para que exista corrosión deben existir las siguientes condiciones:

- Debe existir un ánodo y un cátodo.
- Una diferencia de potencial eléctrico entre los dos elementos.
- Un conducto metálico que conecte eléctricamente los electrodos (ánodo y cátodo).
- Los electrodos deben estar sumergidos en un electrolito (el cual está ionizado).

La diferencia de potencial que se genera entre los electrodos provoca una migración de electrones desde el ánodo al cátodo a lo largo del conductor metálico externo.

Para poner una base cuantitativa a lo anterior, se definió una escala donde los diversos metales se colocan en soluciones que contienen sus mismas sales, para iguales condiciones de temperatura, presión y concentración de los electrolitos. Para tomar un patrón de referencia con la cual se pudiesen medir todos los demás potenciales de electrodo, se seleccionó la reacción de equilibrio de Hidrógeno, sobre un electrodo de platino. A partir de esta convención, es posible medir potenciales estándar de electrodo de cualquier metal, relativos a la reacción de hidrógeno.

A esta escala se le conoce como serie electroquímica o electromotriz de potenciales estándar (tabla 2.1). Cuanto más negativo sea el valor del potencial, mayor será la tendencia a la corrosión. Se puede decir que todos los metales que se encuentren por debajo de la reacción del hidrógeno se disuelven siempre que estén en contacto con un medio que contenga H⁺, tal como el agua o las soluciones ácidas. Los metales que se encuentren por encima de esta reacción, son solo susceptibles a disolverse en presencia de la reacción de reducción del oxígeno.

Tabla N° 2.1 Serie de fuerza electromotriz.

<u>Elemento</u>	<u>Reacción de electrodos</u>	<u>Potencial de reducción</u> <u>E°</u>
Li	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Li}$	-3,045
K	$\text{K}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{K}$	-2,925
Ca	$\text{Ca}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ca}$	-2,870
Na	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Na}$	-2,714
Mg	$\text{Mg}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mg}$	-2,370
Al	$\text{Al}^{+3} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Al}$	-1,660
Zn	$\text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn}$	-0,763
Cr	$\text{Cr}^{+3} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}$	-0,740
Fe	$\text{Fe}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,440
Cd	$\text{Cd}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cd}$	-0,403
Ni	$\text{Ni}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}$	-0,250
Sn	$\text{Sn}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}$	-0,140
Pb	$\text{Pb}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}$	-0,126
H ₂	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0
Cu	$\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$	0,337
I ₂	$\text{I}_2^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{I}^-$	0,535
Hg	$\text{Hg}^{+2} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}$	0,789
Ag	$\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}$	0,799
Br ₂	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	1,080
Cl ₂	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	1,360
Au	$\text{Au}^{+3} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Au}$	1,500
F ₂	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{F}^-$	2,870

2.2 La corrosión atmosférica

La corrosión de los metales en la atmósfera es un problema que tiene tanta antigüedad como el acero. Cuando el ser humano comenzó a ocupar herramientas de hierro, también empezó a producirse la corrosión, por lo tanto se convierte en algo tan usual y cotidiano que lo damos como un hecho. La corrosión atmosférica, especialmente la del hierro, está completamente unida a la herrumbre, que se produce debido a la oxidación del metal en contacto con el oxígeno atmosférico.

Resulta paradójico el que, mientras sin oxígeno, ni agua, la corrosión no nos afectaría, pero tampoco el ser humano podría existir. La corrosión es por tanto un fenómeno inherente a la vida humana, lo que plantea un problema de gran envergadura científica, tecnológica, económica y social, cuya magnitud se presenta cuando uno hace recuento de la gran cantidad de estructuras metálicas que están expuestas a la atmósfera: Automóviles, ferrocarriles, barcos, puentes, centrales eléctricas, edificios, etc.

Desde el punto de vista económico se distinguen dos tipos de pérdidas debidas a la corrosión, las directas y las indirectas.

Las pérdidas económicas directas son, además del coste de las reparaciones y sustituciones de equipos deteriorados, las derivadas de los mayores costes generados al tomar medidas de protección frente a la corrosión. Por ejemplo, el uso de materiales más resistentes a la corrosión y el sobredimensionamiento de piezas en previsión de la pérdida de espesor.

Las pérdidas económicas indirectas son aquellas derivadas a los fallos debidos a la corrosión, como la falta de producción por paradas no planificadas o las responsabilidades por daños en accidentes.

Se estima que los costes pueden oscilar alrededor del 4% del P.I.B. de los países industrializados. Gran parte de estos gastos se podrían reducir con un mayor y mejor uso de los conocimientos y las técnicas disponibles, tal como expuso T. P. Hoar en 1971, en el informe que lleva su nombre. En la tabla 2.2 se resume parte de este informe.

Tabla N° 2.2 Resumen del Informe Hoar 1971.

Industria o Sector	Coste estimado (millones de libras)	Ahorro potencial (millones de libras)
Construcción	250	50
Alimentación	40	4
Ingeniería en geral.	110	35
Agencias y deptos. Gubernamentales	55	20
Marina	280	55
Refino del metal y semielaborados	15	2
Petróleo y productos químicos	180	15
Energía	60	25
Transporte	350	100
Agua	25	4
Total	1365	310

Se puede considerar la corrosión atmosférica como una forma o tipo de corrosión que resulta de la interacción entre una atmósfera natural y un material metálico expuesto en la misma. Por atmósfera natural debe entenderse tanto la propia del exterior como del interior de lugares bajo abrigo. Las características más importantes de una atmósfera natural son: la temperatura, por lo general comprendida en el intervalo de -20°C a 60°C , y el grado de humedad relativa (HR), entre 20% y 100% generalmente.

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica. El electrolito es una capa de humedad sobre la superficie del metal cuyo espesor varía desde capas muy delgadas (invisibles), hasta capas que mojan perceptiblemente el metal. La duración del proceso de corrosión depende principalmente del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica.

Como el mecanismo de corrosión es electroquímico, su característica principal es la presencia de un proceso anódico y uno catódico, con un electrolito de resistencia óhmica determinada. En el proceso anódico el metal se disuelve en la capa del electrolito, en la que la concentración se eleva hasta la precipitación de un compuesto poco soluble. En el proceso catódico, bajo la capa de humedad, la mayoría de los metales expuestos a la atmósfera se corroen por el proceso de reducción de oxígeno. La resistencia óhmica entre las zonas anódica y catódica de las minúsculas pilas de corrosión que se distribuyen sobre el metal es grande cuando el espesor de la capa de humedad es pequeño.

Los factores que afectan principalmente a los materiales desde el punto de vista de su exposición a la atmósfera son: los climáticos y químicos.

2.3 Factores climáticos

La corrosión de los metales es una oxidación que puede ocurrir por la presencia de un electrolito en contacto con la superficie del material metálico, y que se conoce como corrosión acuosa o electroquímica. La pérdida que sufre el material puede ser de manera uniforme o generalizada a lo largo y ancho de la superficie, o bien de forma localizada. De estas, la segunda es la más perjudicial, ya que no involucra una gran pérdida de material, pero puede dejar el material inservible sin que éste cumpla su período de vida útil para el que fue diseñado.

La corrosión total experimentada por un material en la atmósfera generalmente no se presenta en forma continua, sino de manera discreta a lo largo del tiempo, siendo la suma del producto de las velocidades de corrosión por el tiempo que la superficie permanece húmeda o mojada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$C_i = \sum_{i=1}^n v_i T_i$$

Figura N° 2.1 Fórmula del cálculo de la corrosión total.

Donde C es la corrosión total o pérdida de masa a lo largo del tiempo, v es la velocidad de corrosión registrada en los intervalos de tiempo considerados, y T es el parámetro más importante en la corrosión atmosférica: corresponde al tiempo de humectación de la superficie metálica. Este parámetro es igual a la suma del número de horas cuya humedad relativa es igual o mayor a 80%, que es donde ocurre la corrosión significativa.

Debido a lo anterior, los factores climáticos juegan un rol importante en la corrosión atmosférica. El parámetro tiempo de humectación incluye factores como: Temperatura ambiente, afectada por la insolación y nubosidad del sitio, precipitación pluvial, viento, humedad relativa, etc. Que lo establecen y lo modifican afectando el tiempo que la superficie permanece mojada o húmeda.

Por todo esto, es que la climatología del lugar donde se encuentran expuestos los materiales es un factor fundamental en la corrosión atmosférica de los metales.

Una clasificación muy utilizada es la de Köppen, que considera en su clasificación climática a la vegetación existente, a la distribución estacional de los periodos de lluvia y de sequías, así como el grado de aridez y frío de un lugar.

La tabla 3 presenta el efecto del clima en la corrosión atmosférica de los cuatro materiales tecnológicamente más útiles: Acero, Zinc, Cobre, Aluminio. Se puede observar el efecto de la humedad relativa en la corrosión especialmente del Acero y del Zinc.

Tabla N° 2.3 Efecto del clima en la corrosión atmosférica.

Promedio Anual		Clima	Índice Köppen	Corrosión Mm/año			
T, °C	%HR			Fe	Zn	Cu	Al
16	37	Semiárido	Bs	15,0	0,19	0,19	Desp.
16	55	Verano Seco	Cs	12,6	0,27	0,97	0,06
16	59	Invierno Seco	Cw	12,3	0,14	0,28	0,02
14	69	Sin estación seca	Cf	14,1	0,28	0,89	0,07
21	56	Sabana tropical	Aw	15,2	1,16	0,3	Desp.
25	84	Selva tropical	Af	15,7	0,98	0,56	0,01

2.4 Factores químicos

Se puede definir la contaminación atmosférica como la presencia en el aire de sustancias extrañas, sean éstas gaseosas, sólidas o la combinación de ambas, en cantidad y durante un tiempo de permanencia que pueden provocar efectos nocivos para la salud humana y un deterioro de los bienes del uso y del paisaje.

En relación con su toxicidad, los contaminantes producen efectos nocivos en el ser humano y su medio ambiente, tales como: irritación en los ojos, nariz y garganta. Además, atacan a muchos metales y materiales de construcción, deterioran equipo eléctrico, superficies pintadas, etc.

Los contaminantes atmosféricos de mayor importancia son: partículas suspendidas totales, ozono, monóxido de carbono, CO, óxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre. Los agentes contaminantes inorgánicos son generados por los vehículos y las industrias; los orgánicos por los basureros.

Uno de los factores que determina primeramente la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química de la misma. El dióxido de azufre y el cloruro de sodio son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera. El cloruro de sodio se incorpora a la atmósfera desde el mar. Lejos de éste, la contaminación atmosférica depende de la presencia de industrias y núcleos de población, siendo el contaminante principal por su frecuencia de incidencia sobre el proceso corrosivo, el dióxido de azufre, proveniente de la combustión de sólidos y líquidos que contienen azufre. Esto implica, por consiguiente, la necesidad de medir la cantidad de los distintos contaminantes dispersos dentro de la capa de aire. La concentración de contaminantes se mide en partes por millón o en microgramos por metro cúbico.

2.5 Otros Factores

La acción conjunta de los factores de contaminación y los meteorológicos determinan la intensidad y la naturaleza de los procesos corrosivos, y cuando actúan simultáneamente aumentan sus efectos. Aunque también es importante mencionar otros factores tales como: condiciones de exposición, composición del metal y propiedades del óxido formado.

De todo lo anterior se puede comprobar la importancia del conocimiento de las causas y los factores que influyen en la formación de la corrosión atmosférica, especialmente cuando se quiere analizar el fenómeno en países y/o ciudades con una gran variabilidad en cuanto a climas y zonas de contaminación, para seleccionar los mejores materiales para la construcción de edificios, sectores urbanos, zonas industrializadas, etc.

2.6 El proyecto MICAT

2.6.1 Antecedentes

Durante la celebración del II Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección, en noviembre de 1986 en Maracaibo, Venezuela, tuvo lugar una mesa redonda durante la cual se expusieron las ideas básicas para la elaboración de un Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica (MICAT). El tema suscitó un gran interés y las delegaciones de los distintos países asistentes al Congreso (Argentina, Colombia, Cuba, España, México, Portugal y Venezuela) expresaron su intención de participar activamente en el proyecto. Posteriormente se recibieron las adhesiones al proyecto de instituciones y organismos de Brasil, Costa Rica, Chile, Panamá y Perú.

Durante 1987 se realizaron gestiones en España ante el Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo del V Centenario (CYTED-D) con vistas a dar un carácter oficial al proyecto de investigación y obtener financiación para el mismo.

En la reunión del Consejo Técnico Directivo del CYTED-D en La Habana (enero de 1989) se aprueba oficialmente el proyecto, nombrándose como coordinador del mismo al doctor Leonardo Uller, de Brasil.

La I Reunión de Coordinadores del proyecto MICAT de los distintos países participantes en el estudio tuvo lugar del 2 al 4 de agosto de 1988 en Caracas, Venezuela. En esta reunión se nombró al doctor Manuel Morcillo, de España, jefe del proyecto y se aprobó la metodología respectiva.

2.6.2 Objetivos

Mediante el desarrollo del proyecto se pretende conseguir, en diferentes fases, los siguientes objetivos:

- a) Un mayor conocimiento acerca de los mecanismos de corrosión atmosférica en las distintas atmósferas de Iberoamérica.
- b) Establecer, a través de adecuados tratamientos estadísticos de resultados, expresiones matemáticas que permitan el cálculo de la corrosión atmosférica en función de parámetros climáticos y de contaminación.
- c) Elaborar el Mapa Iberoamericano de Corrosividad Atmosférica.

Todo ello permitirá sentar las bases para una selección óptima de los materiales metálicos y recubrimientos (convencionales y avanzados) que deberán emplearse en las distintas situaciones de agresividad atmosférica.

Para el cumplimiento de este objetivo se requiere llevar a cabo gradualmente distintas fases. Es fundamental disponer de una red de estaciones de corrosión atmosférica que sean representativas de las distintas condiciones climáticas imperantes en cada uno de los países que participan en el proyecto. Sin duda, conocer la agresividad de las distintas atmósferas exclusivamente en función de las condiciones climáticas reviste un enorme interés científico y técnico. Sin embargo, no hay que olvidar que un gran porcentaje de las estructuras metálicas se encuentran ubicadas en zonas densamente pobladas, en donde la agresividad atmosférica depende también del grado de contaminación atmosférica y de los contaminantes antropogénicos vertidos a la atmósfera. Por ello, una segunda fase del estudio tendrá en cuenta el factor "contaminación atmosférica" en la definición de las agresividades atmosféricas de los distintos países.

Por último, las estructuras metálicas, en especial de acero, raramente se exponen desnudas a la acción atmosférica. Debido a la alta corrosividad de este material, suele exponerse protegido mediante diversos recubrimientos: pinturas, recubrimientos metálicos, recubrimientos de conversión, etcétera.

Una vez realizadas estas fases, se estará en condiciones de realizar con efectividad el objetivo final: la selección óptima de los materiales metálicos y los recubrimientos protectores que deberán emplearse en las distintas situaciones de agresividad atmosférica en Iberoamérica.

2.6.3 Metodología

La metodología del proyecto se basa principalmente en la adaptada por el programa ISOCORRAG, realizado en el seno de la International Standard Organization (ISO), dentro del Grupo de Trabajo 4 de la Comisión Técnica 156.1. A continuación se exponen algunos aspectos relacionados con la metodología del proyecto, que fueron acordados por los distintos países asistentes a la reunión de Caracas.

2.6.3.1 Estación de ensayo

Las estaciones de ensayo deberán contar con dispositivos para el registro continuo de la humedad relativa y de la temperatura, así como con equipos de captación de los contaminantes, SO₂ y cloruros. La inclinación de las probetas en el pupitre de exposición podrá ser de 30° o de 45°. Las probetas en exposición mirarán hacia el noreste (en el Hemisferio Sur) o suroeste (Hemisferio Norte), salvo condiciones locales de vientos predominantes.

Para el montaje y localización de las estaciones de ensayo se seguirá la metodología propuesta en ISO 8565, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Exposición al aire libre, sin impedimentos a causa de edificios próximos, otras estructuras, etcétera.
- b) Ubicación de las estaciones de ensayo próximas a estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología de cada país.

- c) Los bastidores de exposición deben asegurar una durabilidad durante toda la investigación.
- d) La altura de las probetas no deberá ser inferior a 0.75 m a partir del suelo.
- e) Se evitará el contacto eléctrico entre probetas mediante aisladores de porcelana y otros dispositivos.

2.6.3.2 Materiales

- a) Acero de bajo contenido en carbono (sin alear).
- b) zinc (98.5% mínimo de pureza).
- c) cobre (99.5% mínimo de pureza).
- d) aluminio (99.5% mínimo de pureza).

2.6.3.3 Probetas de ensayo

Las probetas medirán como máximo 150 x 100 x 3 μm (para el acero) o 150 x 100 x 1 μm (para los metales no ferrosos). Esta medida puede variar si la geometría de los bastidores lo exige. Las probetas se ensayarán con las condiciones de superficie que señala el documento ISO 8565. Los bordes de las probetas de acero que se expongan en atmósferas marinas severas se protegerán con pintura epoxídica-poliamida, que se aplicará por inmersión con un ancho de recubrimiento de 2 a 5 μm .

Las probetas se prepararán mediante corte a partir de chapas de idéntica composición. Posteriormente se eliminarán las rebabas producidas por la operación de corte.

2.6.4 Calibración de la agresividad de la atmósfera

Datos de contaminación, meteorológicos y de corrosión

Para poder determinar la corrosividad de una atmósfera es necesario relacionar entre sí todos los factores que la afectan, y muy especialmente aquellos que han demostrado tener una especial influencia en el proceso de corrosión: tiempo de humectación de la superficie metálica y cantidad de contaminantes —causantes de corrosión— que pueden depositarse en la superficie metálica.

2.6.5 Abreviaturas utilizadas

t = tiempo de humectación.

P = Categoría de la contaminación debida a componentes sulfurados, basada en el nivel de SO₂.

S = Categoría de la contaminación debida a aerosoles de agua de mar, basada en el nivel de NaCl.

C = Clasificación de la corrosividad de la atmósfera en categorías.

2.6.6 Caracterización de la atmósfera en relación con su agresividad

Para propósitos prácticos, se consideran como factores claves de la corrosión producida por la atmósfera los siguientes: tiempo de humectación, niveles de SO₂ y NaCl.

Como una estimación del tiempo de humectación calculado (p) de una superficie que se corroe, se consideran aquellos periodos en que la humedad relativa (HR) es mayor de 80% y la temperatura superior a la 0 °C. El tiempo de humectación calculado de esta manera no corresponde necesariamente al tiempo de humectación real, ya que la humectación depende del tipo de metal, de la forma, peso y orientación del objeto, de la cantidad de productos de corrosión y de su naturaleza, así como del tipo de contaminantes, amén de otros factores. Estas consideraciones pueden aumentar o disminuir el tiempo de humectación real. Sin embargo, el criterio propuesto es, por lo general, suficientemente preciso para la caracterización de las atmósferas. Hay que tener en cuenta que la fiabilidad del tiempo de humectación calculado disminuye si la superficie metálica se encuentra bajo protección.

El tiempo de humectación determinado experimentalmente puede obtenerse de acuerdo con varios sistemas de medida. El tiempo medio puede depender, además, del tipo de instrumento o sensor utilizado. Asimismo, los tiempos de humectación indicados por diferentes sistemas de medida no son comparables directamente, y son convertibles sólo dentro de limitadas características temperatura-humedad.

Cabe hacer notar las siguientes observaciones:

- a) El factor más importante dentro de una categoría particular de tiempo de humectación es el nivel de contaminación por SO₂ o NaCl.
- b) Existe otro tipo de contaminantes que pueden ejercer un efecto agresivo: NO_x, humos en zonas industriales, CaCl₂ y MgCl₂ en las regiones marítimas, y hay que tomar también en cuenta la presencia de contaminantes específicos de un determinado microclima: Cl₂, ácidos orgánicos, medios para lograr el deshielo, etc. Estos tipos de contaminación no se toman en cuenta como criterio de clasificación.

2.6.7 Clasificación del tiempo de humectación

El tiempo de humectación depende, como se ha visto, de la zona macro climática y del tipo de localización.

La clasificación que se propone para la atmósfera se presenta en la tabla nº4. Los valores clasificados están basados en características de larga duración de zonas macroclimáticas, en condiciones típicas de las categorías o tipos de localización.

Tabla Nº 2.4 Clasificación del tiempo de humectación de superficies metálicas que se corroen (ISO 9223:1992).

Categoría	Tiempo de Humectación		Ejemplo
	Horas /Año	% Año	
T ₁	<10	<0,1	Atmósfera interior climatizada
T ₂	10-250	0,1 – 3	Atmósfera interna, excepto espacios interiores no aireados
T ₃	250-2500	3 - 30	Atmósfera exterior en regiones secas o muy frías
T ₄	2500-5500	3 – 60	Atmósferas exteriores en todas las zonas, excepto la tropical seca y las zonas frías
T ₅	<5500	<60	Lugares no ventilados en regiones muy húmedas

Observaciones:

- En tiempos de humectación t₁ no se espera condensación. En t₂, la probabilidad de formación de líquido en la superficie metálica es baja. Los tiempos de humectación t₃-t₅ incluyen periodos de condensación y de precipitación.
- El tiempo de humectación de determinado lugar depende del complejo temperatura-humedad de la atmósfera externa.
- En atmósferas internas sin aire acondicionado, el control de la humedad mediante fuentes de vapor permite alcanzar tiempos de humectación en el intervalo t₃-t₄.
- En tiempos de humectación t₁-t₂, la corrosión procede de acuerdo con las leyes de probabilidad. La probabilidad de corrosión es mayor en superficies donde puede depositarse suciedad.

- e) Los efectos de la corrosión en atmósferas con tiempos de humectación t3-t5 tienen lugar desde el primer día de exposición (si no existe un tiempo de inducción) y proceden de manera continua. El nivel y tipo de contaminante son los factores cinéticos decisivos.

2.6.8 Clasificación de las categorías de contaminación

Las categorías que se proponen se emplean para medir la contaminación de la atmósfera por SO₂ y aerosoles de agua de mar. Estos dos tipos de contaminantes son representativos de atmósferas como la rural, la urbana, la industrial y la marina. Los otros tipos de contaminantes se consideran añadidos (por ejemplo, NO_x en atmósferas urbanas e industriales). La clasificación de la contaminación debida al SO₂ para atmósferas exteriores estándar se presenta en la tabla N° 2.5

Tabla N° 2.5 Clasificación de la contaminación por sustancias sulfurosas representadas por el nivel de SO₂ (ISO 9223:1992).

Velocidad de depósito de SO ₂ Mg/m ² día	Concentración del SO ₂ Mg/m ³ o ppm	Categoría
<10	<0,012	P ₀
>10-35	0,012 – 0,04	P ₁
>35-80	0,04 – 0,09	P ₂
>80-200	0,09 – 0,25	P ₃

Observaciones:

- a) Las cantidades de SO₂ determinadas por depósito, Pd' o volumétricamente, Pc' son equivalentes a efectos de clasificación. La relación entre ambas magnitudes puede formularse aproximadamente como:

$$Pd = Pc \cdot 800$$

- b) La velocidad de depósito de SO₂ y la concentración representan un promedio anual.
 c) Cualquier concentración inferior a P₀ se considera no importante desde el punto de vista de la corrosión.
 d) Una contaminación por encima de P₃ se considera extrema y es típica de determinados microclimas.

La clasificación de la contaminación por pulverizaciones o aerosoles salinos, representada por el nivel de NaCl, se relaciona con atmósferas exteriores en ambientes marinos. La clasificación propuesta se presenta en la tabla N° 2.6.

Tabla N° 2. 6 Clasificación de la contaminación por aerosoles salinos representados por NaCl. (ISO 9223:1992).

Velocidad del depósito de NaCl₂	Categoría
<3	S ₀
>3-60	S ₁
>60-300	S ₂
>300-1500	S ₃

Observaciones:

- La clasificación anterior está basada en la determinación de la velocidad de depósito de cloruros por el método de la candela húmeda (ISO 9225).
- Los resultados obtenidos por la aplicación de diferentes métodos para la determinación del contenido salino de la atmósfera no son siempre directamente comparables ni convertibles.
- La porción más significativa de la contaminación es la causada por el NaCl, y la restante se debe a MgCl₂, KCl y otros constituyentes del agua de mar.
- La concentración de NaCl está expresada como promedio anual.
- Las velocidades de depósito inferiores a S₀ se consideran como no importantes para el ataque corrosivo.
- Grados de contaminación por encima de S₃ se consideran extremos.
- Los aerosoles salinos dependen fuertemente de las variables que influyen en el transporte de las partículas salinas tierra adentro, como: dirección del viento, velocidad, topografía local, etcétera. La situación geográfica y las condiciones climáticas pueden hacer variar la extensión del territorio afectado por la salinidad tierra adentro.

2.6.9 Categorías de la corrosividad de la atmósfera

Para efectos prácticos, la corrosividad de la atmósfera se divide en cinco categorías, que se describen en la tabla N° 7

Tabla N° 2.7. Categorías de la corrosividad de la atmósfera. (ISO 9223:1992).

Categoría	Corrosividad
1	Muy baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

Es a través de estas clasificaciones y acuerdos, que los países pertenecientes al MICAT han desarrollado sus estudios y han generado sus mapas nacionales de corrosividad atmosférica.

2.7 Generación de mapas de corrosividad en Chile

2.7.1 Proyecto PUCV- Innova Corfo.

La corrosión atmosférica es una de las causas más frecuentes de deterioro que sufren los metales, ya que la gran mayoría de las construcciones, estructuras y piezas metálicas se encuentran expuestas a la acción del medio ambiente. En esas condiciones, ocurren reacciones químicas y electroquímicas que producen un ataque acelerado y destructivo del material provocando en algunos casos la pérdida de sus propiedades. La ocurrencia de este proceso disminuye la vida útil del metal, creando deficiencias operativas en las plantas industriales, generando inesperadas mermas en la producción y provocando elevados costos de reparación, detenciones y/o reemplazos.

Dado lo anterior, alrededor del mundo se han realizado diversos estudios para estimar los costos que supone este fenómeno, en los cuales se señala que aproximadamente entre un 20% y 25% de tales costos podrían evitarse si se aplicaran métodos adecuados de protección. Si se considera que en los países industrializados, el impacto de la corrosión en términos generales representa entre el 3 y el 5% del Producto Interno Bruto (PIB), y si se considera que más del 80% de las superficies metálicas se encuentran expuestas al aire, es de esperar que la corrosión atmosférica represente entre el 30 y el 50% de esos costos.

Dado esto, se hace notorio que cualquier medida que ayude a la prevención de la corrosión atmosférica se convierta en una herramienta poderosa, y que ayudará no solo a generar ahorros, sino también a mejorar la calidad de las construcciones de un país.

El territorio chileno posee una gran variabilidad de climas, y sectores geográficos bien marcados y con características particulares, por lo que realizar un estudio que pueda abarcar a todos los sectores del país se convierte en una tarea muy difícil de realizar, pero que a la vez se hace necesaria, considerando que no se pueden adoptar medidas estándar en todos los sectores, que hay muchas construcciones antiguas que quedan desprotegidas, y que las nuevas construcciones deben satisfacer los niveles de calidad requeridos para una sociedad en crecimiento como la chilena.

Es por esto que un equipo de académicos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso presentó el 2009 un proyecto a Innova CORFO para elaborar un mapa de corrosividad atmosférica de los metales y aleaciones de mayor interés tecnológico en Chile. El objetivo principal del proyecto es: ***“Construir mapas (nacional y regionales) de corrosividad atmosférica, basado en la agresividad ambiental, para los metales o aleaciones que, en su conjunto, constituyen los de mayor interés tecnológicos: acero, cobre, aluminio y acero galvanizado, con el fin de seleccionar de manera óptima los materiales a utilizar en estructuras metálicas en diferentes zonas ambientales del país”***.

El equipo desarrollador es multidisciplinario y se conforma por docentes de diversas áreas del conocimiento, tales como la Ingeniería Química, la Ingeniería Informática, la Estadística, la Geografía y la Mecánica. Este equipo ha transmitido el desafío a los alumnos de las distintas escuelas involucradas, por lo tanto gran parte de la institución se ha comprometido y puesto en marcha para llegar a la solución del problema.

Dentro de las metas que se esperan alcanzar en el proyecto, una de las más importantes es la que refiere al área informática, y consiste en generar los mapas de corrosividad descritos en el objetivo principal a través del uso de herramientas software conocidas como Sistemas de Información Geográfica (SIG), debido a factores tales como: la facilidad de la producción de mapas, la flexibilidad de transmisión de información y la posibilidad de publicar los resultados de los estudios a todo el mundo vía internet.

2.7.2 Relación con presente proyecto

Dado el contexto explicado anteriormente, cabe contextualizar y posicionar el desarrollo del presente proyecto y explicar su relación con la iniciativa que desarrolla la PUCV.

El desarrollo de este proyecto se enmarca como una etapa dentro del realizado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, cuyo objetivo principal es de generar mapas regionales y nacionales de información de corrosión atmosférica.

La etapa que se cumple dentro de este proyecto corresponde a la generación del producto final, esto es, los mapas de corrosión, una vez recolectada la información recibida y procesada por los químicos, que generan la información a partir de los datos obtenidos desde las estaciones de monitoreo instaladas a lo largo del país. También los estadísticos podrán realizar cálculos y estimaciones de corrosión futura generando nuevos modelos a partir de la información histórica.

El siguiente diagrama explica la integración del presente proyecto:

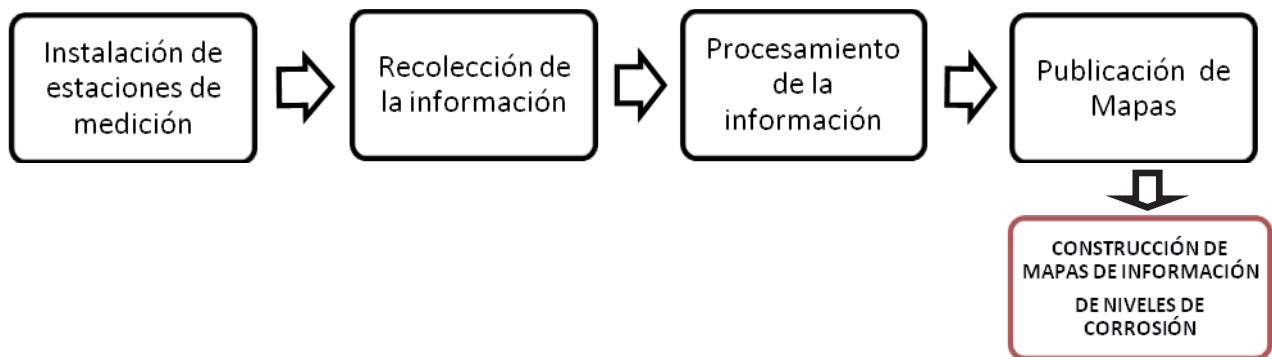


Figura 2.2 Secuencia de etapas del proyecto PUCV Innova CORFO.

De aquí en más, se analizará y describirá en detalle los Sistemas de Información Geográfica, considerando esto como un punto de partida para la investigación que se describirá a continuación.

2.8 Sistemas de información Geográfica

2.8.1 Historia

Los sistemas de información geográfica han sido desarrollados desde la década de 1960, con el objetivo de acercar la computación al procesamiento de información de mapas. El primer SIG, conocido como el Sistema de Información Geográfica de Canadá, fue construido para automatizar el procesamiento de la información recolectada en mapas desde el Inventario de tierras de Canadá, y se basaba en la simple idea de que los computadores podían realizar cálculos numéricos desde representaciones digitales de mapas de manera mucho más eficiente y barata que los expertos que trabajaban en aquellos mapas. Algo similar ocurrió en Estados Unidos, donde el departamento del Censo construyó un rudimentario Sistema de Información Geográfica, que fue usado durante el censo de 1970, motivados por el hecho de que la computarización podría reducir la cantidad de errores en la tabulación y agregación de información espacial en los resultados del censo. El análisis espacial, en el campo del análisis de datos en una perspectiva geográfica, claramente impulsó el desarrollo de los primeros SIG.

Durante la década de 1970 y la de 1980, el progreso de los Sistemas de Información Geográfica fue medido al menos en parte por su habilidad para desarrollar análisis espaciales complejos. Los GIS fueron construidos y vendidos como procesadores destinados al servicio, y como aplicaciones computacionales que podían desarrollar operaciones en datos geográficos de una manera mucho más efectiva en cuanto a costos que lo que podrían hacer los humanos. A pesar de que el hombre había desarrollado complejos sistemas visuales, estos eran fácilmente engañados por ilusiones ópticas, y no podían desempeñar manipulaciones de datos de la forma en la cual lo hacían los computadores.

El concepto de Sistemas de Información Geográfica, visto como un ambiente software integrado para el análisis espacial, se sustenta en los conceptos de la economía de escala, heredados del proceso de producción de software. Una vez que se desarrolla la base de un SIG, considerando las rutinas para crear, editar y mantener tipos particulares de información, entonces es fácil agregar una gran cantidad de nuevas funciones. De este modo era fácil imaginar a un SIG equipado con un modelo básico de información geográfica que pudiera ejecutar un amplio rango de análisis espaciales, y eventualmente llegara a soportar cualquier tipo de análisis espacial alguna vez definido. Al final de los 70, los Sistemas de Información Geográfica comerciales comenzaban a demostrar que eran capaces de soportar ambos tipos básicos de modelos de datos geográficos (raster y vectoriales), y todas las funciones de mantenimiento necesarias, y muchas de las operaciones analíticas más útiles.

Un nuevo obstáculo fue abatido durante la década de los 80, cuando los precios de los computadores bajaron a un nivel en el que fueron abordables por los departamentos de las universidades, una oficina regional de corporaciones o agencias de gobierno, o un departamento de gobierno en específico. De un momento a otro, los SIG fueron asequibles por organizaciones que podían hacer un mejor uso de ellos, por lo que un nuevo mercado comercial estaba recién emergiendo.

2.8.2 SIG en la actualidad

Desde ese momento, una sustancial mejora en la accesibilidad a los computadores implicó un crecimiento geométrico en las aplicaciones SIG, por lo que hoy se cuentan alrededor de 100.000 usuarios con licencia de productos SIG, que cuestan alrededor de US\$10,000. Además, aproximadamente 100.000.000 usuarios hacen uso regular de las herramientas tipo SIG ofrecidas vía web, como los mapas en línea y selectores de rutas.

Hoy, un Sistema de Información Geográfica se puede definir como **una aplicación computacional capaz de crear, almacenar, manipular, visualizar y analizar información geográfica**. Proveen aplicaciones para la administración de bases de datos geoespaciales y sus funciones de mantenimiento de entidades espaciales reconocidas por la aplicación, e incluso pueden incluir sus propios lenguajes de programación internos, los que permiten tratar los datos espaciales como punto de entrada a un rango ilimitado de modelos medioambientales.

Los SIG permiten ver, entender, interpretar y visualizar datos de variadas maneras que permiten descubrir las relaciones, los patrones y los casos particulares en forma de mapas, reportes, estadísticas, etc.

Sus aplicaciones más potentes se encuentran en la administración de recursos y de utilidades, telecomunicaciones, planeamiento urbano y regional, asignaciones de rutas, optimización de transportes, y en todas las ciencias que requieran manejar información sobre la superficie de la tierra. También pueden ser requeridos para proveer de datos a modelos numéricos de procesos medioambientales, y mostrar los resultados de esos modelos a través de imágenes digitales. Por convención, los análisis hechos por los SIG son casi exclusivamente deterministas, y se asume que los datos son exactos.

2.8.3 Funcionamiento de un SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no se podría obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

- a) **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- b) **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
- c) **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- d) **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- e) **Pautas:** detección de pautas espaciales.
- f) **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

2.8.4 Selección de la herramienta SIG para el desarrollo del presente proyecto

Debido a la proliferación de las herramientas del tipo SIG, se ha generado una amplia diversidad de ellas. Estas ofrecen funcionalidades propias, específicas o estándares, llevando a un avance significativo en este tipo de tecnologías. Sin embargo debido a que estos servicios aún se encuentran en proceso de masificación y adaptabilidad, existen muchos aspectos que pueden ser mejorados con el objetivo de lograr que estas herramientas puedan llegar a ser de un uso más común.

Con el objetivo de utilizar la herramienta que más se ajuste a las necesidades de este proyecto, y también justificar la selección de la herramienta de éste, a continuación se destacan los siguientes SIG:

2.8.4.1 User-friendly Desktop Internet Gis (UDIG)

Es una poderosa herramienta SIG, se caracteriza por poseer el respaldo de una importante empresa del software, Refrations Research, cuyo producto estrella es una de las herramientas libres de almacenamiento georeferenciales más utilizadas en la actualidad, Postgis, la cual es una extensión del motor PostgreSQL.

Entre sus características se encuentran:

- Es una aplicación escrita en el lenguaje de programación Java, lo que le permite a esta aplicación ser ejecutada en múltiples plataformas, tales como Linux, MacOS y Windows.
- Puede ser utilizado como una aplicación stand-alone.
- Puede ser fácilmente extendido con la implementación de plug-ins geotools y RCP (Rich Client PlatForm). Esta última, es una herramienta especialmente diseñada para la compilación y extensión de grandes aplicaciones Java mediante el IDE Eclipse.
- Se caracteriza por poseer una interfaz muy simple, lo que permite una fácil y rápida comprensión de sus funcionalidades.
- Posee un amplio soporte de formatos SIG.

Por otra parte, al ser una herramienta de código abierto, y permitir que cada usuario pueda alterar la aplicación según lo necesite, de manera fácil y sencilla, se provoca una ramificación no controlada de las mejoras de esta aplicación, impidiendo la mejora colectiva de la aplicación, lo que ha llevado a que esta herramienta no sea muy conocida en el mercado.

2.8.4.2 Geographic Resources Analysis Support System (GRASS)

Geographic Resources Analysis Support System (Sistema de soporte y análisis de recursos geográficos), es un sistema de información geográfica, usado para el procesamiento de imágenes, producción de gráficos, modelado espacial y visualización de una variedad de tipos de datos. Aunque es de carácter libre, este SIG fue desarrollado por laboratorio de investigación de ingeniería y construcción de los EEUU, el cual es una rama de la armada de este país. Es por ello que Grass se caracteriza por ser una poderosa herramienta SIG, ya que en sus orígenes contó con gran cantidad de recursos para su desarrollo, es por ello que esta herramienta fue y ha sido utilizado por diversos departamentos estatales de ese país, como por ejemplo la NASA.

Entre sus características cuenta con:

- Soporta formatos vectoriales y raster.
- Sistema de procesamiento de imágenes.
- Sistema de producción de gráficos.
- Posee más de 350 subprogramas para renderizar imágenes y mapas en pantalla.
- Modelos vectoriales en 2D y 3D con soporte para Sistemas de Administración de Bases de datos en SQL.
- Su código fuente preliminar está hecho en el lenguaje de programación C++.
- Es multiplataforma.

Las anteriores herramientas descritas fueron alternativas viables para el desarrollo de este proyecto, en contraste con otras herramientas SIG que, al ser propietarias y cuyo código fuente no está disponible para su modificación abierta, no fueron consideradas como alternativas usables.

Después del análisis de las herramientas, se decidió utilizar gvSIG, un sistema de información geográfica de código abierto, que se adapta a las necesidades del proyecto y que permite cumplir con sus requerimientos. A continuación se describirán en forma detallada las características que hicieron a gvSIG la herramienta adecuada para este proyecto.

Capítulo 3: gvSIG Desktop

En esta sección se conocerá la información más relevante de la aplicación utilizada para la generación de mapas de corrosión ambiental, desde su historia hasta la definición de sus principales componentes.



Figura 3.1 Logo gvSIG Desktop.

3.1 Historia

El origen de gvSIG se remonta al año 2004, en el seno del proyecto de migración a software libre de los sistemas informáticos de la Consellería de Infraestructuras y Transporte española (CIT), la que tiene como par en Chile al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Inicialmente nace con unos objetivos acordes a las necesidades de la CIT. Estos objetivos se ven rápidamente ampliados, fruto por un lado de la naturaleza del software libre, el que facilita enormemente la expansión de la tecnología, del conocimiento y establece las bases sobre la que constituir una comunidad.

3.2 Definición

gvSIG Desktop es un Sistema de Información Geográfica (SIG), esto es, una aplicación de escritorio, basada en el lenguaje de programación Java, diseñada como un framework sobre el que se pueden ir añadiendo extensiones que le doten de nuevas funcionalidades para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas, la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. Se caracteriza por disponer de una interfaz amigable, siendo capaz de acceder a los formatos más comunes, tanto vectoriales como raster y cuenta con un amplio número de herramientas para trabajar con información de naturaleza geográfica (herramientas de consulta, creación de mapas, geoprocetamiento, redes, etc.) que lo convierten en una herramienta ideal para usuarios que trabajen con la componente territorial. [16]

3.3 Características de gvSIG

El Sistema de Información Geográfica gvSIG, se caracteriza entre varias otras cosas por integrar en una vista de trabajo, tanto datos locales (archivos, bases de datos) como remotos a través de la implementación de los estándares del Consorcio Geoespacial Abierto cuyas siglas en inglés son (OGC).

Está diseñado para ser fácilmente extensible, permitiendo una mejora continua de la aplicación, así como su uso para desarrollar soluciones a medida. En el aspecto legal, gvSIG es un software libre, con licencia GNU/GPL, lo que permite su libre uso, distribución, estudio y mejora. Cuenta con una amplia documentación, que posibilita a los desarrolladores el acceso a las herramientas que faciliten el desarrollo de componentes para el software. También se caracteriza por soportar diversos idiomas: español, inglés, francés, alemán, italiano, portugués, portugués-brasileño, ruso, chino, serbio, swahili, turco, checo, polaco, rumano, griego, euskera, valenciano, y gallego. Finalmente debido a que esta aplicación está basada en el lenguaje de programación Java, cuya principal característica es ser un multiplataforma es que gvSIG se encuentra disponible para los sistemas operativos Linux, Windows y Mac OSX.

3.4 Funcionalidades de gvSIG

A continuación se explican las principales funcionalidades del Sistema de Información Geográfica gvSIG, en donde se detallan las más conocidas e importantes:

3.4.1 Acceso a formatos vectoriales

En la actualidad se está logrando una estandarización de los formatos para así permitir el aumento de compatibilidades entre los diferentes Sistemas de Información Geográfica. Los principales formatos vectoriales que pueden ser manejados por gvSIG son:

- a) **SHP**: “ESRI Shapefile” es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. El formato carece de capacidad para almacenar información topológica.
- b) **GML**: Lenguaje de Marcado Geográfico, derivado del lenguaje XML, está diseñado bajo una gramática de Esquema XML, cuya finalidad es el almacenaje y transporte de información geográfica. Pertenece al Consorcio Geoespacial Abierto (OGC), bajo la documentación de la norma ISO 19100 [estándares de OGC].
- c) **DXF, DWG y DGN**: formatos diseñados para lograr la interoperabilidad con los archivos CAD de la poderosa herramienta de diseño AutoCAD.

3.4.2 Acceso a formatos raster

Sin duda alguna que existen una mayor cantidad de formatos de este tipo, debido a su naturaleza de imagen, es por ello que sólo se definirán las más importantes:

- a) **BMP**: es uno de los más simples, fue desarrollado por Microsoft e IBM en forma conjunta, lo que explica su uso particularmente amplio en plataformas Windows y OS/2. Un archivo BMP es un archivo de mapa de bits, es decir, un archivo de imagen de gráficos, con píxeles almacenados en forma de tabla de puntos [3].
- b) **GIF**: “Graphic Interchange Format” (formato de intercambio gráfico), fue creado originalmente por CompuServe en el año de 1997, con el objetivo de hacer más livianas y rápidas las descargas de información con contenido gráfico en la web, esto se debe

gracias a la utilización del algoritmo de compresión llamado LZW (Lempel Ziv Welch). El formato GIF reduce las imágenes a una paleta de color de hasta 256 colores. Esto significa que las imágenes con una profundidad del color superior a 8 bits, presentan una pérdida de calidad al convertirse a este formato. El algoritmo de compresión (LZW) está patentado por Unisys, esto hace que su utilización por parte de terceros haga necesario el pago de regalías [4].

- c) **JPEG:** significa "Joint Photographic Experts Group" (Grupo conjunto de expertos en fotografía), algoritmo de compresión de imágenes el cual está definido bajo la norma IS 10918-1, su principal característica es que este formato permite disminuir considerablemente el tamaño en memoria de las imágenes, con una mínima pérdida de información, casi imperceptible para el ojo humano, hoy en día es uno de los formatos más utilizados, ya sea por aparatos digitales o en la internet [5].
- d) **RAW:** por el contrario de los formatos anteriores, este es un formato relativamente nuevo, desarrollado por las empresas proveedoras de tecnología digital y que actualmente están siendo seguidas por el grupo estándar "OpenRaw" con el objetivo de eliminar las diferencias del formato. Su principal característica es que almacena la imagen tal cual el dispositivo realiza la captura, sin realizar ninguna mejora, esto ayuda a tener la información real de la imagen para su posterior procesamiento [6].

Dada la amplia variedad de formatos soportados por esta aplicación se proceden a nombrar el resto de estos, los que de alguna manera presentan similitudes con los ya antes mencionados: TIF, TIFF, JPG, PNG, VRT, DAT de ENVI, ERDAS (LAN, GIS, IMG), PCI Geomatics (PIX, AUX), ADF de ESRI, ILWIS (MPR, MPL), MAP de PC Raster, ASC, PGM, PPM, RST de IDRISI, RMF, NOS, KAP, HDR, RAW.

3.4.3 Acceso a servicios remotos

El Consorcio Geoespacial Abierto cuyas siglas en inglés son (OGC), provee una serie de servicios a todos los Sistemas de Información Geográfica, los que por supuesto pueden ser accedidos por gvSIG. Estos servicios son:

- a) **WMS:** "Web Map Service Standart" (Servicio Estándar de mapas Web), provee una simple interfaz HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertextos), para solicitar imágenes de mapas georegistrados, desde una o más bases de datos geoespaciales. Este mismo puede definir la capa(s) o área(s) de trabajo que serán procesadas, la respuesta a ello es una o más imágenes de mapas georegistrados los cuales pueden venir en los formatos (JPEG, PNG, etc.), los que pueden ser desplegados mediante cualquier navegador. La interfaz también es compatible con la capacidad de especificar si las imágenes retornadas deberían ser transparentes, de manera tal que las capas de varios servidores pueden ser combinadas o no[7].
- b) **WFS:** "Web Feature Service" (Servicio Web de Características), es una herramienta que permite intercambiar información geográfica mediante el protocolo HTTP con las bases de datos geoespaciales asociadas a la (OGC). Su lenguaje de comunicación es

GML “Geographic Markup Language” (Lenguaje de Marcas Geográfico), de esta manera se puede dar soporte a múltiples plataformas. Es por ello que, para hacer un correcto uso de esta herramienta es necesario utilizar y aceptar los términos del manual de la aplicación, el que es proporcionado por la entidad en cuestión, con el fin de asegurar la continuidad de la estandarización geográfica [7].

- c) **WCS:** “Web Coverage Service” (Servicio Web de Cobertura), define un estándar de operaciones e interfaz, las cuales permiten el acceso a las “coberturas” geoespaciales [glosario de coberturas]. También utiliza el término “grilla de coberturas”, el cual representa contenidos tales como: imágenes satelitales, imágenes digitales aéreas, datos de elevación digital y otros fenómenos representados por los valores en cada punto de medición [7].
- d) **WPS:** “Web Processing Service” (Servicio Web de Procesamiento), define las reglas estándares para la entrada y salida (solicitudes y respuestas), para los servicios de procesamiento Geoespacial, tales como los polígonos de superposición. Este estándar también define como un cliente puede solicitar la ejecución de un proceso y como deben ser rescatadas las salidas desde un proceso. También se define una interfaz que facilita la publicación de procesos geoespaciales descubiertos por los clientes y el enlace a estos. Los datos requeridos por el WPS se puede entregar a través de una red o pueden estar disponibles en un servidor.

También gvSIG puede acceder a información geográfica disponible, pública pero distribuida por particulares, entre estos destacan principalmente ArcIMS de la prestigiosa empresa española ESRI y Ecwp [11].

3.4.4 Acceso a bases de datos y tablas

Las bases de datos son herramientas que han presentado un crecimiento explosivo en su utilización en los últimos tiempos, debido a que ya no son utilizadas necesariamente por expertos en el tema, es por ello que gvSIG viene preparado para soportar conexiones de manera transparente para los usuarios con las siguientes bases de datos geográficas:

- a) **PostGIS:** esta es una extensión que se agrega al conocido motor de base de datos PostgreSQL, con el objetivo de que este motor tenga soporte para Sistemas de Información Geográficos. Cabe destacar que esta herramienta cuenta con la certificación de la organización encargada de estandarizar la información geográfica (OGC) [12].
- b) **MySQL:** actualmente este motor ya trae integrado soporte para el almacenamiento de información geográfica, también se encuentra basado en los estándares de la (OGC) para la definición de los tipos de información, pero este soporte solo permite almacenar información plana (2D), lo que limita a este motor ante cualquier representación más compleja. [13].
- c) **ArcSDE:** esta es una herramienta muy singular, ya que es una interfaz transparente para el usuario desarrollada por la empresa ESRI, la cual tiene por finalidad realizar un manejo de múltiples sistemas de gestión de información geográfica y presentarla de

manera rápida y eficiente a los Sistemas de Información Geográfica, principalmente a la aplicación (SIG) de esta empresa, el ArgGis. Es por ello que, aunque esta herramienta es compatible con gvSIG, no se recomienda su uso como fuente de información geográfica [11].

- d) **Oracle:** cada base de datos comercial de esta empresa posee dos herramientas que permiten almacenar información geográfica estas son: “Oracle Spatial” y “Oracle Locator”, estas poseen la capacidad de representar hasta los últimos avances conocidos de la información geográfica (servicios web, mapas 3D, etc.) [15].
- e) **CSV:** “Comma Separated Values” (Valores Separados por Comas), este es un tipo de formato de almacenamiento muy especial plano y sencillo, ya que como su definición lo dice, la información es diferenciada mediante la implementación de comas, esto permite que este tipo de información de almacenamiento geográfico pueda ser generada y mantenida por herramientas muy comunes y existentes en cualquier computadora, como por ejemplo una planilla Excel.

3.4.5 Funcionalidades propias de gvSIG

Debido a la importancia que presentan para la realización de este proyecto, se dio énfasis en explicar de una manera más minuciosa las anteriores cuatro funcionalidades, ya que éstas representan las distintas maneras en que se puede procesar la información tanto como de entrada como de salida para el Sistema de Información Geográfica gvSIG. A continuación se proseguirá con la definición de funcionalidades que poseen un carácter más propio de la aplicación en cuestión, lo que permite su diferenciación o semejanza con otras aplicaciones de este mismo tipo, cabe destacar que estas características representan funcionalidades asociadas a procesos geográficos, es por ello que se utilizan términos de este tipo y solo se definen las que puedan ser consideradas menos conocidas o de difícil comprensión:

- **Navegación:** zooms, desplazamiento, gestión de encuadres, localizador.
- **Consulta:** una de las principales ventajas de esta aplicación, es la fácil lectura de información geográfica, en donde se puede medir distancias, medir áreas, y acceder a hiperenlaces (accesos a documentos externos, tales como imágenes, archivos PDF o información remota en páginas HTML), desde algún punto o área geográfica.
- **Selección:** por punto, por rectángulo, por polígono, por polilínea, por círculo, por área de influencia, por capa, por atributos, invertir selección, borrar selección.
- **Búsqueda:** por algún atributo en específico o por coordenadas geográficas.
- **Geoprocesos:** área de influencia, recortar, disolver, juntar, envolvente convexa, intersección, diferencia, unión, enlace espacial, translación 2D, reproyección, geoprocesos y Sextante.
- **Edición gráfica:** añadir capa de eventos, snapping (situar nuevos puntos en vértices previos o en polígonos ya dibujados sobre un mapa), rejilla, pila de comandos, deshacer/rehacer, copiar, simetría, rotar, escalar, desplazar, editar vértice, polígono interno, matriz, explotar, unir, partir, autocompletar polígono, insertar punto, multipunto, línea, arco, polilínea, polígono, rectángulo, cuadrado, círculo, elipse.

- **Edición alfanumérica:** modificar estructura de las tablas referenciadas por gvSIG, editar registros, calculadora de campos (poderosa herramienta que permite realizar cálculos mediante funciones específicas, también soporta funciones escritas en el lenguaje de programación Python).
- **Representación vectorial:** símbolo único, cantidades (densidad de puntos, intervalos, símbolos graduados, símbolos proporcionales), categorías (expresiones, valores únicos), múltiples atributos, guardar/recuperar leyenda, editor de símbolos, niveles de simbología, bibliotecas de símbolos.
- **Representación raster:** brillo, contraste, realce, transparencia por píxel, opacidad, tablas de color, gradientes.
- **Etiquetado:** etiquetado estático, etiquetado avanzado, etiquetado individual.
- **Tablas:** estadísticas, filtros, orden ascendente/descendente, enlazar, unir, mover selección, exportar, importar campos, codificación, normalización.
- **Constructor de mapas:** composición de página, inserción de elementos cartográficos (Vista, leyenda, escala, símbolo de norte, cajetín, imagen, texto, gráfico), herramientas de maquetación (alinear, agrupar/desagrupar, ordenar, enmarcar, tamaño y posición), maya de coordenadas y generación de plantillas.
- **Impresión:** impresión directa, utilizando el sistema operativo en el cual se monta la aplicación, también se puede realizar exportación a formato PDF, Postscript y a formato de imagen.
- **Redes:** topología de red, gestor de paradas, costos de giro, camino mínimo, conectividad, árbol de recubrimiento mínimo, matriz orígenes-destinos, evento más cercano, área de servicio.
- **Raster y teledetección:** estadísticas, filtrado, histograma, rango de escalas, realce, salvar a formato raster, vectorización, regiones de interés, componentes generales, georreferenciación, clasificación supervisada, cálculo de bandas, perfiles de imagen, árboles de decisión, componentes principales, tasselep cap, fusión de imágenes, diagramas de dispersión, mosaicos.
- **Publicación:** así como gvSIG puede acceder a la información mediante servicios de carácter web, esta herramienta también puede realizar el proceso inverso, mediante su capacidad de subir información a la web mediante los siguientes servicios: WMS, WFS, WCS de MapServer, WFS de Geoserver.
- **3D y animación:** Vista 3D plana y esférica, capas 3D, simbología 3D, extrusión, edición de objetos 3D, encuadres 3D, animación 2D y 3D, visualización estéreo (anáglifo, horizontal split).
- **Topología:** construcción topológica, edición topológica, generalizar, suavizar, invertir sentido de líneas, convertir capa de líneas/polígonos a puntos, convertir capa de polígonos a líneas, triangulación de Delaunay/Poligonación de Thiessen, build, clean, correcciones topológicas en modo Batch.
- **Otros:** gestión de Sistemas de Referencia Coordinados, exportar/importar WMC, scripting, gestión de traducciones, versión para dispositivos móviles.

3.5 Arquitectura de gvSIG

Está claro que una aplicación de esta envergadura y capacidad está compuesta por una gran cantidad de módulos y funcionalidades, lo que lleva a la creación y utilización de muchas clases, ya que gvSIG está escrito en el lenguaje de programación JAVA, esto conlleva a que los objetos en memoria que componen el funcionamiento de la aplicación, sean generados por las clases de la aplicación. Es por ello que se decidió utilizar los diagramas de bloques UML, para explicar el funcionamiento de esta aplicación a un nivel más alto que los comunes diagramas de casos de uso y diagramas de clases. Este último diagrama será utilizado con el fin de explicar algún componente vital para la aplicación de una manera más detallada.

El Sistema de Información Geográfico gvSIG, fue pensado como una plataforma que puede ser actualizada de manera constante, fácil y sin necesidad de intervenir en la modificación o recompilación de su núcleo, es por ello que esta aplicación fue implementada como un framework, sobre el cual se pueden ir agregando funcionalidades mediante extensiones, que en este caso es el nombre que reciben todas las mejoras que se realicen a la aplicación. Esta característica es la que permite a los usuarios adecuar la aplicación de acuerdo al ámbito que necesiten explotar y a los desarrolladores enfocarse a alguna área de la información geográfica en la que tengan un mejor dominio.

La plataforma gvSIG en sí misma está construida por tres capas, cada una de las cuales define sus propios puntos de extensión. A su vez, cada plugin enlazado a la plataforma puede definir sus propios puntos de extensión dentro de las capas de la aplicación. Es por ello que toda la aplicación en sí, puede ser vista como un plugin ingresado a la plataforma.

En la siguiente figura se ilustra cómo se comportan los tres principales subsistemas de gvSIG, los cuales serán especificados con mayor detalle en los siguientes párrafos. También se expresa cómo cada plugin puede relacionarse con una o con todas las capas que necesite, para cumplir con el propósito con el que fue desarrollado.

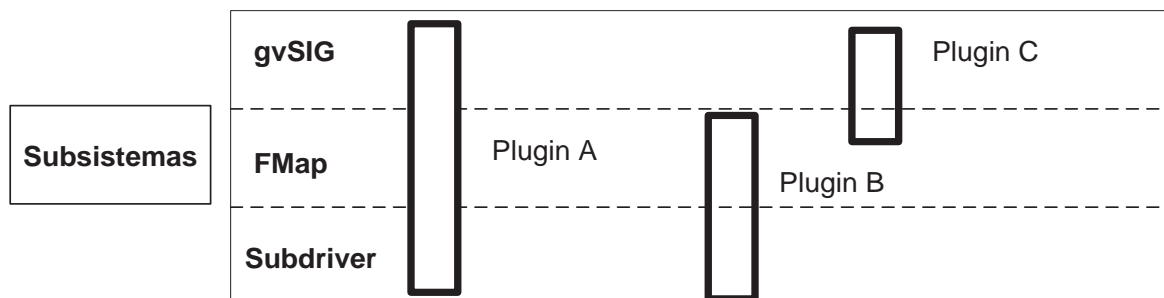


Figura 3.2 Subsistemas de gvSIG.

3.5.1 Subsistema gvSIG

Representa la interfaz usuario computadora. Interpretando la información de los datos geográficos manejados por el subsistema Fmap. Aquí se encuentran las clases JAVA que implementan la mayor parte de cuadros de diálogo que utiliza la aplicación total, así como las clases de soporte a esos cuadros de diálogo. Este subsistema es el poseedor de la mayor cantidad de elementos dentro de toda la aplicación. Estos elementos han sido agrupados, tal como lo representa el siguiente diagrama de componentes:

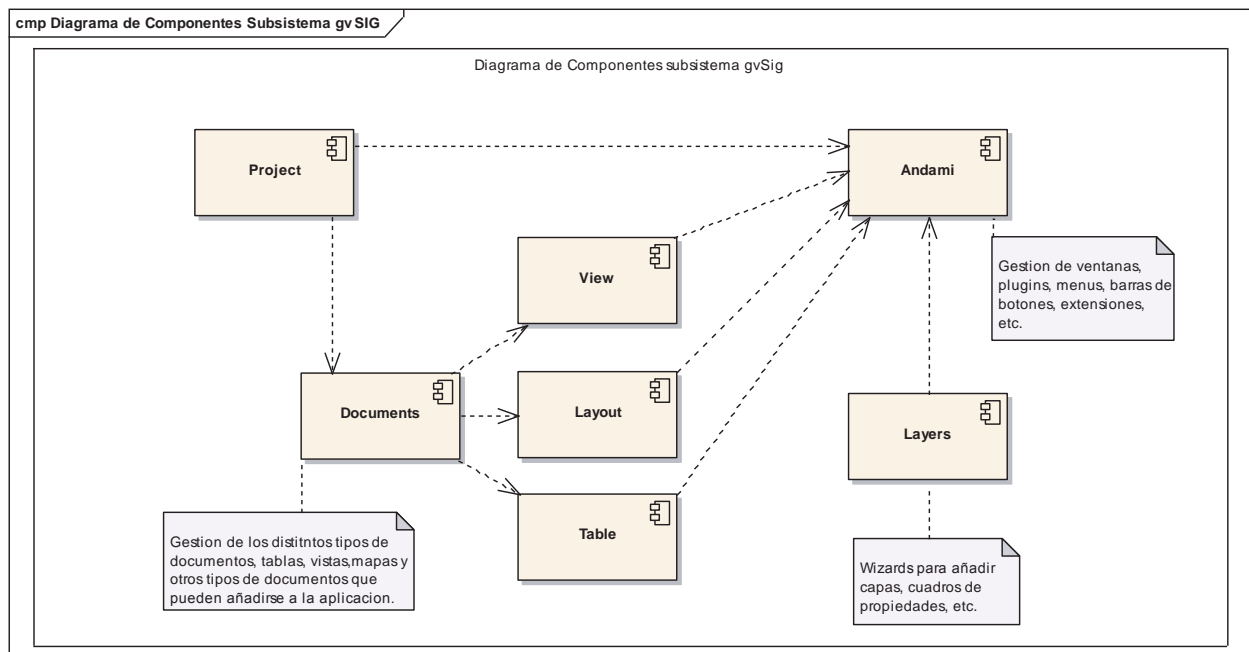


Figura 3.3 Diagrama de Componentes del subsistemas gvSIG.

3.5.1.1 Andami

Es el framework sobre el que se construye gvSIG. Está diseñado para ser extensible mediante plugins (módulos que añaden nueva funcionalidad a la aplicación). Además de proveer el mecanismo de plugins, Andami da soporte a gvSIG en la composición básica de la interfaz de usuario y en la gestión de ventanas y eventos. Proporciona una simplificación importante en la gestión de estos aspectos, de forma que resulta muy sencillo crear un plugin funcional de gvSIG. Este es el componente más complejo, ya que conglobera todos los métodos necesarios para que los plugins puedan comunicarse tanto con la aplicación principal como entre ellos. Soporta también los métodos necesarios para gestionar toda la interfaz gráfica. El siguiente esquema especifica los principales componentes de Andami:

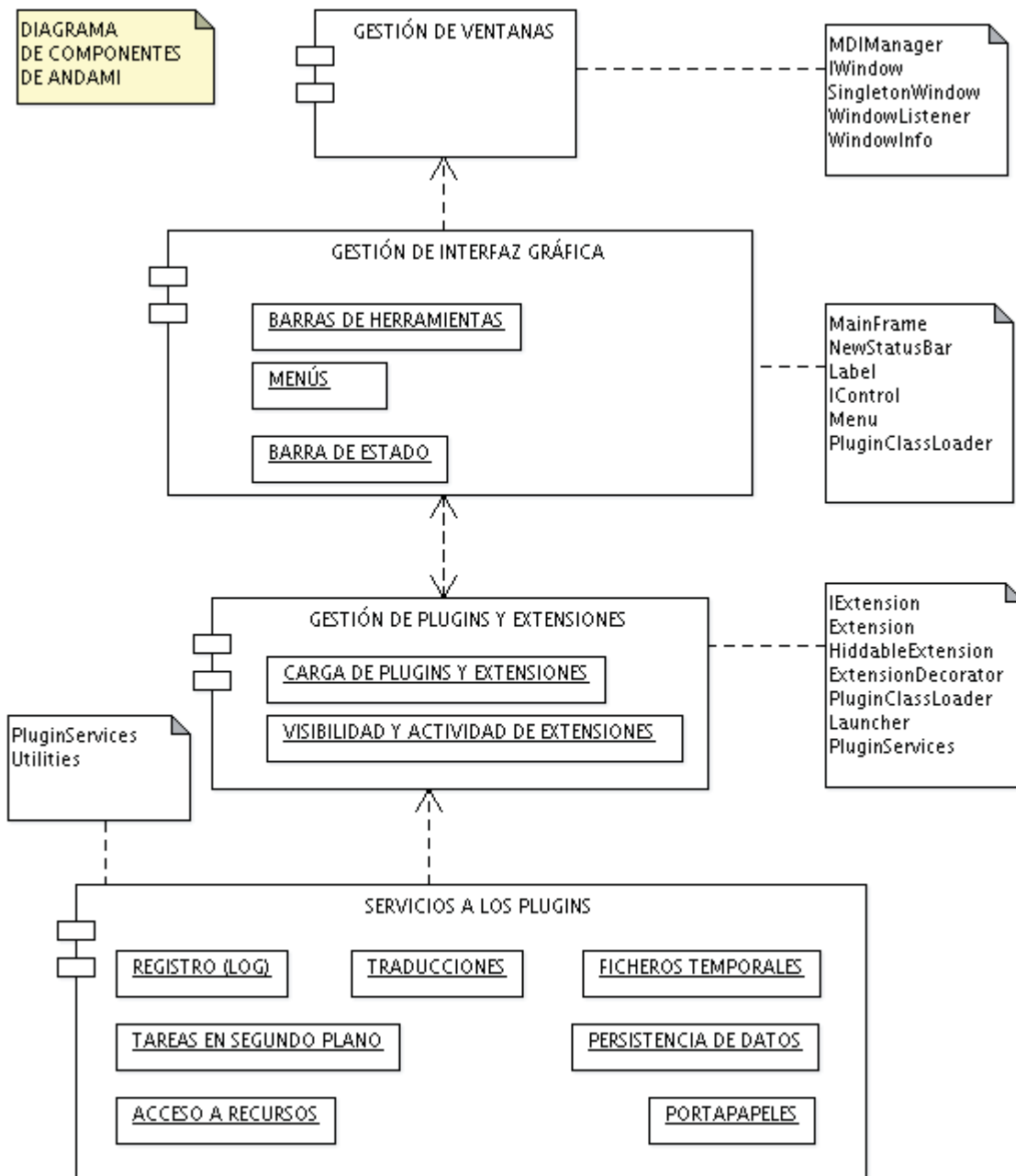


Figura 3.4 Diagrama de Componentes del framework Andami.

Dada la naturaleza de aplicar nuevas funcionalidades a la aplicación mediante la utilización de plugins, y a la necesidad misma del presente proyecto de incorporar en el caso de ser necesario alguna implementación, de la forma anteriormente mencionada, es necesario explicar en lenguaje más formal, la manera que se pueden adaptar estas nuevas extensiones a gvSIG. El siguiente diagrama de clases refleja cuales son las clases involucradas dentro de este proceso:

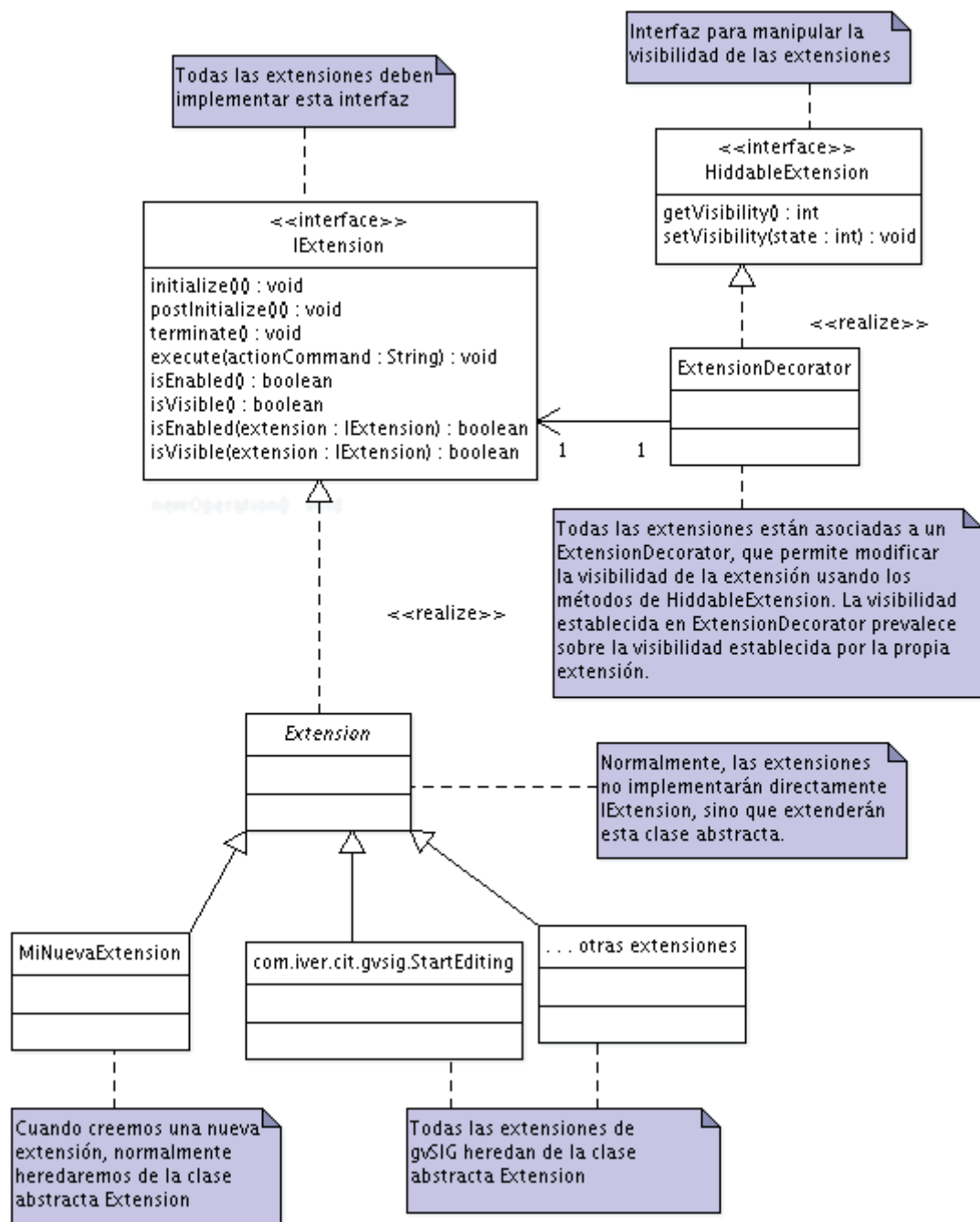


Figura 3.5 Diagrama de clases nuevas extensiones para gvSIG.

De la figura anterior se observa que para realizar alguna extensión dentro de la aplicación, es necesario utilizar obligatoriamente la clase del tipo interfaz que recibe por nombre “IExtension”, ya que esta posee un tratamiento especial dentro del framework Andami debido a su naturaleza abstracta. De esta manera se pueden reescribir todos sus métodos abstractos con el desarrollo de la aplicación que se necesita.

- a) **Project:** Es el contenedor de la estructura de documentos que hay cargados en un momento dado. Contiene también los datos básicos que logran la identificación única del proyecto (nombre, fecha, etc.).
- b) **Documents:** Son los distintos tipos de documentos internos que utiliza la aplicación para el desarrollo de los propósitos del usuario, en la actualidad existen 3 tipos de documentos, Vistas (encargadas de mostrar toda la información cartográfica que se va generando), Tablas (almacenamiento de la información asociada a un punto o más dentro de una o varias vistas) y Mapas (proporcionan las herramientas necesarias para crear un mapa a partir de cero). También proporciona los puntos de extensión necesarios para incluir nuevos tipos de documentos a la aplicación, en el caso de ser necesario.
- c) **View:** es la representación gráfica de la cartografía.
- d) **Layout:** Es la representación gráfica de una vista en un soporte apto para las funcionalidades de impresión del sistema operativo en el que se encuentre funcionando gvSIG.
- e) **Table:** Es la representación gráfica de los datos alfanuméricos, posee las características necesarias para poder realizar cálculos sobre la información que se necesita procesar de manera interna.
- f) **Layers:** Son el conjunto de capas que pueden insertarse en una vista de gvSIG, siendo éstas la herramienta más potente de este sistema, debido a que la utilización de múltiples capas es la que permite una variada gama de representaciones de una determinada localidad geográfica.

3.5.2 Subsistema FMap

Es el corazón SIG de la plataforma. Incluye todas las clases necesarias para manejar objetos SIG, así como drivers y adaptadores para manejar los formatos más comunes para el almacenamiento de los datos cartográficos. Dentro de esta librería se encuentran clases para leer y escribir los formatos soportados, dibujar los mapas a las escalas adecuadas, asignar leyendas, definir simbologías, realizar búsquedas, consultas, análisis, etc. El siguiente diagrama de componentes representa el funcionamiento interno de este subsistema, el cual debido a su naturaleza es el más importante dentro de la plataforma:

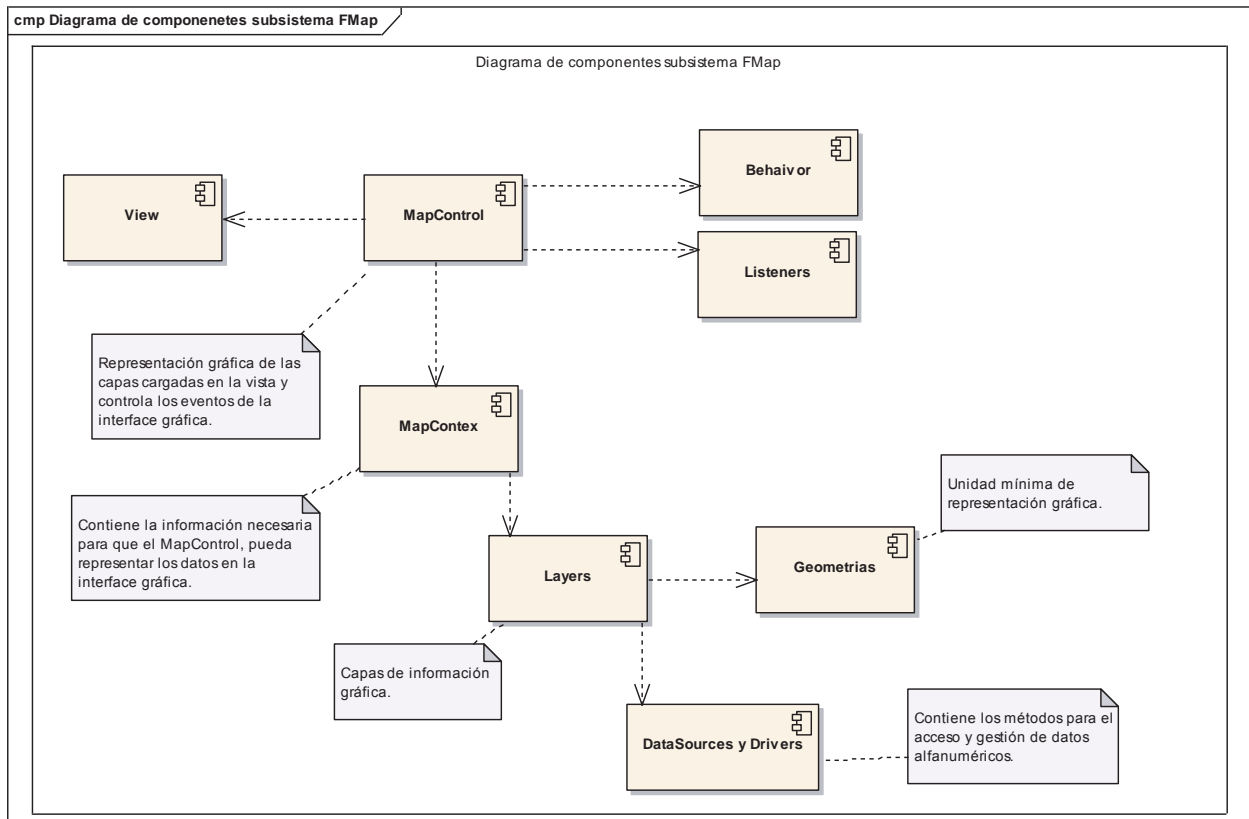


Figura 3.6 Diagrama de componentes de FMap.

3.5.2.1 MapControl

Es un componente Java de interfaz gráfica, que pinta un conjunto de capas con información gráfica, vía su objeto MapContext que las contiene, y captura los eventos de mouse que se producen en él, vía un Behavior (que puede ser una composición de varios de éstos últimos), que define cómo se comporta actualmente, enriqueciendo dichos eventos con la información necesaria para poder simular la herramienta de interacción actual, vía ToolListener, que será la encargada de completar la simulación.

3.5.2.2 Behavior

Estos componentes son los elementos que dan vida a la interacción entre el humano y la maquina dentro de la aplicación, es por ello que existen una diversidad de éstos, cada uno de ellos monitoreando mediante la implementación de threads, si su evento disparador ha sido activado, el principal comportamiento a la cual responden la mayor cantidad de los objetos de gvSIG es el

denominado “MouseEvent”, que tiene por finalidad monitorear todos lo relacionado con este dispositivo.

3.5.2.3 MapContext

Es un módulo utilizado por MapControl para almacenar, gestionar y dibujar capas con información gráfica, así como los manejadores de eventos que se producen dentro de estas mismas.

3.5.2.4 Layers

gvSIG permite trabajar con múltiples y diferentes tipos de capas, de manera que cada una, según su naturaleza, tiene unas propiedades y comportamiento que no tienen porqué coincidir con las de otro tipo. En cambio, todas las capas, al menos teóricamente, pueden estar en un reducido número de estados simultáneos. A cada conjunto posible de estados simultáneos se les denomina estatus.

3.5.3 Subsistema Subdriver

En este subsistema se encuentran todas las clases que permiten el acceso y la gestión de los datos. No se necesita realizar una documentación más exhaustiva de este subsistema, ya que está más enfocado a trabajar en un bajo nivel, y para ello utiliza mayoritariamente las capacidades nativas otorgadas por JAVA y no tienen mucho que aportar con respecto a la realización de este proyecto.

Capítulo 4: Metodología, Modelo de Procesos y Herramientas

Para la realización de cualquier proyecto ingenieril es muy necesario especificar el cómo y con qué se llevará a cabo su desarrollo. Especificaciones que no quedan fuera de este proyecto, el que, por su naturaleza informática utiliza estos tres conceptos para representar la forma en que se llevar.

4.1 Metodología de Desarrollo Orientada a Objetos (OO)

Independientemente de que esta metodología de desarrollo presenta una mayor cantidad de adeptos en cuestión de proyectos realizados y posea una mayor tendencia y proyección que las otras tecnologías (las cuales no serán mencionadas debido a su ausencia en el desarrollo del proyecto), se ha seleccionado esta, debido a diferentes factores que han influido en la decisión de optar por esta alternativa:

- a) La orientación a objetos puede definirse como el conjunto de disciplinas que desarrollan y modelan software, que facilitan la construcción de sistemas complejos a partir de componentes.
- b) El atractivo intuitivo de la orientación a objetos es que proporciona conceptos y herramientas con las cuales se modela y representa el mundo real tan fielmente como sea posible. Estos conceptos y herramientas orientados a objetos son tecnologías que permiten que los problemas del mundo real sean expresados de modo fácil y natural.
- c) Las técnicas orientadas a objetos proporcionan mejoras y metodologías para construir sistemas de software complejos a partir de unidades de software modularizado y reutilizable.
- d) La implementación de la orientación a objetos permite como resultado manipular con mayor facilidad grandes como pequeños sistemas. Lo que permite que estos sean fiables, flexibles, de fácil mantención y capaces de evolucionar para cumplir las necesidades del cambio.
- e) La orientación a objetos trata de cubrir las necesidades de los usuarios finales, así como las propias de los desarrolladores de productos software. Estas tareas se realizan mediante la modelización del mundo real.

Dados los factores importantes que ayudaron a escoger esta metodología de desarrollo, también existen factores netamente de la naturaleza del proyecto que influenciaron en la selección de esta. Los principales factores de este proyecto que desequilibraron en la determinación de esta metodología son:

- a) La principal herramienta que entrega la información geográfica procesada para este proyecto gvSIG, está escrita en el lenguaje de programación JAVA, el que se caracteriza por ser uno de los fieles representantes de la orientación a objetos en la implementación de sus componentes.

- b) Debido a que la gran mayoría de las funcionalidades cartográficas ya están disponibles en gvSIG y solo es necesario agregar la información necesaria, heredando el resto, sin necesidad de realizar más trabajo del que ya está hecho, haciendo referencia a un famoso dicho de la jerga informática, la cual dice: “para qué hacer la rueda, si esta ya está hecha”, este concepto es muy bien manejado y diferenciado por la orientación a objetos y es denominado como herencia y reutilización.
- c) Finalmente y uno de los motivos más fuertes dentro del proyecto, es que el sistema como resultado de este proyecto proveerá de mapas de corrosión ambiental para todo el mundo, para ello intervendrán varias ciencias, las que tendrán que ser integradas de manera fácil y sin alterar el normal flujo de información que se irá generando. Esto quiere decir que cada ciencia generará información que posee significados y comportamientos propios los que tendrán que interactuar con la otra información generada por las demás ciencias sin alterar su contenido. Por lo tanto determinamos que, para lograr este objetivo, esta información puede ser representada mediante objetos, ya que éstos poseen la particularidad de poseer estado propio, independiente del resto de los objetos del sistema.

4.2 Modelo de procesos

4.2.1 Modelo de prototipos

El modelo de prototipos pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo exploratorio, éste se inicia con la definición de los objetivos globales para el software, luego se identifican los requisitos conocidos y las áreas del esquema en donde es necesaria más definición. Entonces se plantea con rapidez una iteración de construcción de prototipos y se presenta el modelado (en forma de un diseño rápido). El diseño rápido se centra en una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final (por ejemplo, la configuración de la interfaz con el usuario y el formato de los despliegues de salida). El diseño rápido conduce a la construcción de un prototipo, el cual es evaluado por el cliente o el usuario para una retroalimentación; gracias a ésta se refinan los requisitos del software que se desarrollará. La iteración ocurre cuando el prototipo se ajusta para satisfacer las necesidades del cliente. Esto permite que al mismo tiempo el desarrollador entienda mejor lo que se debe hacer y el cliente vea resultados a corto plazo.

4.2.2 Ventajas del modelo de prototipos

Este modelo es útil cuando el cliente conoce los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida. También ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo del software está inseguro de la eficacia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debería tomar la interacción humano-máquina. Ayuda al desarrollador de software y al cliente a entender de mejor manera cuál será el resultado de la construcción cuando los requisitos estén satisfechos. De esta manera, este ciclo de vida en particular, involucra al cliente más profundamente ya que ha visto toda su evolución hasta llegar al producto final.

4.2.3 Desventajas del modelo

El cliente observa lo que parece una versión en funcionamiento del software, sin saber que el prototipo está unido con “chicle y cable de embalaje”, que por la prisa de hacerlo funcionar no se ha considerado la calidad del software global o la facilidad del mantenimiento a largo plazo. Cuando se informa que el producto debe construirse otra vez para mantener los altos niveles de calidad, el cliente no entiende y pide la aplicación de “unos pequeños ajustes” para que se pueda elaborar un producto final a partir del prototipo. Es muy frecuente que la gestión del desarrollo de software sea muy lenta. [Pressman, 2005].

A menudo, el desarrollador establece compromisos de implementación para lograr que el prototipo funcione con rapidez. Tal vez se utilice un sistema operativo o lenguaje de programación inadecuado sólo porque está disponible y es conocido; se puede implementar un algoritmo ineficiente sólo para mostrar capacidad. Después de un tiempo, el desarrollador quizá se familiarice con estas selecciones y olvide las razones por las que son inapropiadas. La selección menos ideal ahora se convierte en una parte integral del sistema. [Pressman, 2005].

4.2.4 Fundamentos de la elección del modelo

La selección de este modelo, previo de un análisis de las opciones disponibles para el desarrollo de este proyecto, ha arrojado los siguientes motivos para implementar su uso:

- a) Pronta entrega al cliente de la solución, debido a que la cantidad de usuarios del sistema no es centralizada, es conveniente exponer la aplicación y así obtener una aprobación en común por parte de todos los participantes del proyecto, y así saber si los requerimientos generales han sido bien especificados, para luego ir desarrollando los requerimientos más específicos.
- b) Permite generar una pronta relación humano-computadora, con el fin de saber si la interfaz de la aplicación resulta entendible y fácil de utilizar.

- c) Muchas veces los requerimientos no se tienen del todo claro, este modelo puede ayudar al usuario a comprender cómo son sus necesidades, y así poder adecuarlas a la realidad mostrada en el prototipo.
- d) Comprobación temprana del manejo de los datos obtenidos y la información que se generará a partir de estos.

4.3 Herramientas Utilizadas

En el presente proyecto se utilizarán variadas herramientas, ya que su naturaleza deriva en la intervención de varias plataformas y lenguajes de programación. A continuación se da la información de todas las herramientas utilizadas y que se manipularán mediante el desarrollo del proyecto, ya sea para documentar o para la implementación misma de éste:

4.3.1 Herramientas de documentación

Una de las fases más importantes dentro del desarrollo de un proyecto es la documentación, ya que coordina todos los segmentos participantes, con el fin de lograr el objetivo deseado. Para esta tarea se utilizarán:

- a) **Microsoft Office 2003:** esta herramienta es proporcionada gratuitamente en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Informática.
- b) **Microsoft Visio 2003:** necesario para desarrollar algunos esquemas y mapas conceptuales, mediante el desarrollo del proyecto, al igual que la anterior herramienta, esta se encuentra instalada en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Informática.
- c) **Microsoft Project 2003:** Herramienta para realizar la planificación de todas las actividades del proyecto.
- d) **Enterprise Architect 6.5 trial version:** Herramienta que soporta la mayoría de los diagramas del lenguaje de modelado UML. Estos diagramas serán de suma importancia, ya que serán los planos para lograr el desarrollo del proyecto deseado.

4.3.2 Herramientas de desarrollo

Hoy en día existe una amplia cantidad de tipos de herramientas de desarrollo, es por ello que la principal dificultad, es determinar las características que cumplen mejor con los requerimientos del proyecto. Es por ello que se han seleccionado las siguientes herramientas y lenguajes para lograr los propósitos de éste. Estas herramientas son:

- a) **gvSIG Desktop 1.9:** esta herramienta es detallada en un capítulo completo de este proyecto, debido a su importancia, solo cabe destacar que ésta es la versión más estable ya que la última versión aún no termina su fase de pruebas. Su número de proyecto dentro del repositorio SVN del sitio oficial es el 1210.

- b) **EclipseGalileo:** herramienta IDE de código abierto, que se caracteriza por proporcionar las herramientas para realizar aplicaciones en JAVA prioritariamente. Utilizada principalmente para la compilación de todo el proyecto gvSIG.
- c) **Sub-Eclipse de Tiggris:** Plug-in para Eclipse, que tiene por funcionalidad descargar proyectos completos mediante los servicios SVN. Es de esta forma que se obtendrá el código fuente del proyecto otorgado por la organización encargada de la mantención de gvSIG.
- d) **MySqlServer:** motor de bases de datos de código abierto.
- e) **Aptana Studio:** IDE de código abierto, basado en Eclipse, utilizado para desarrollar la plataforma web de la solución. Incluye soporte para todas las tecnologías y lenguajes de programación que se ocuparán en la implementación de la plataforma.
- f) **Jquery:** framework del lenguaje Javascript, diseñado para facilitar la implementación del lenguaje.
- g) **Apache:** servidor web de código abierto.
- h) **Php:** lenguaje de scripting para el desarrollo de aplicaciones en la web.
- i) **Java:** lenguaje de programación orientado a objetos de código abierto.
- j) **Css:** lenguaje de maquetado para el diseño web.
- k) **Oxygen XML Studio 11.1 trial versión:** herramienta IDE, especializada en el lenguaje XML.
- l) **OpenLayer 2.10:** librería Javascript de código abierto, que permite realizar la visualización y manipulación básica de información geográfica publicada mediante un servidor web.
- m) **GeoExt 0.7:** librería Javascript de código abierto, que implementa OpenLayer con el fin de realizar una manipulación más compleja, de la información geográfica publicada mediante un servidor web.
- n) **MapServer 2.31:** servidor web de código abierto, utilizado para la publicación web de archivos, mismos utilizados por los sistemas de información geográficos.

Capítulo 5: Plan de trabajo

Todo proyecto ingenieril, necesita tener una buena planificación para lograr sus objetivos. Siempre es bueno asociar y organizar las actividades de una manera metódica y secuencial, esto ayudará a aumentar la probabilidad de éxito de éste, pero no asegura que se logre el objetivo deseado. En el caso de este proyecto, las necesidades están en constantes cambios ya que no hay antecedentes en el país de proyectos realizados de esta envergadura, que provea de los pasos y actividades para llevar a cabo su ejecución.

Este proyecto se ha gestionado utilizando todas las buenas prácticas adquiridas, durante los años previos de estudio, así que es por este motivo que todas las actividades se organizaron dentro de una carta Gantt.

5.1 Planificación de actividades

En la siguiente planificación no se anotan los recursos humanos destinados a cada actividad, ya que todas estas serán desarrolladas en un cincuenta por ciento por cada integrante de este proyecto (los alumnos de este documento), ya que es la forma que tienen ambos de, por una parte, desarrollar el trabajo optimizando tiempos y espacios, y por otra parte generar espacios de evaluación colaborativa, y así lograr realizar todas las actividades de manera óptima, utilizando la crítica constructiva.

A continuación se presentan todas las actividades acordadas hasta el momento para el desarrollo del proyecto:

Nombre Actividad	Días	Comienzo	Fin	Descripción
Entrega Informe de Inscripción de Proyecto 1.	0	mié 17-03-10	mié 17-03-10	---
Exploración del programa gvSIG a nivel de usuario y conocer el tipo de información que este maneja.	10	jue 18-03-10	mié 31-03-10	Lograr comprender el funcionamiento del programa. Obteniendo resultados de estas incursiones.
Diferenciación de los módulos que componen el software gvSIG.	3	jue 01-04-10	lun 05-04-10	Leer la documentación para lograr como está compuesto lógicamente el sistema de gvSIG.
Reingeniería del software gvSIG.	36	mar 06-04-10	mar 25-05-10	Generar los diagramas UML, que permitan insertar las nuevas funcionalidades.
Desarrollo informe de avance de Proyecto 1	9	lun 12-04-10	jue 22-04-10	Traspasar el resultado de las investigaciones al presente documento.

Entrega Informe de Avance Proyecto 1.	0	vie 23-04-10	vie 23-04-10	---
Definición del módulo a incorporar al software gvSIG.	5	lun 24-05-10	vie 28-05-10	Una vez definidos los requerimientos que implican el procesamiento por parte de gvSIG, reunirlos todos dentro de un módulo, el que será instalado a la aplicación como un plugin.
Análisis y diseño del nuevo módulo.	15	lun 31-05-10	vie 18-06-10	Generar toda la documentación y evaluaciones necesarias para luego realizar una correcta implementación.
Creación mapa geográfico a nivel de usuario y desarrollo de informe final Proyecto1.	9	lun 21-06-10	jue 01-07-10	El producto, un mapa con la información de las estaciones, y su disponibilidad en la web.
Entrega informe final Proyecto1.	0	vie 02-07-10	vie 02-07-10	---
Entrega Informe de Inscripción de Proyecto2.	0	mié 04-08-10	mié 04-08-10	---
Corrección de las observaciones documentación proyecto1.	5	lun 09-08-10	vie 13-08-10	Se analizan y ajustan las sugerencias realizadas por los docentes al documento anterior.
Desarrollo del modelo de datos del sistema.	1	lun 16-08-10	lun 16-08-10	Se genera el modelo relacional de las entidades de persistencia de datos del sistema generado.
Desarrollo de la aplicación web del sistema.	23	mar 17-08-10	jue 16-09-10	Comprende todos los módulos que permitirán ver el producto final del proyecto.
Desarrollo de la aplicación gvSIG.	34	mar 17-08-10	vie 01-10-10	Se adapta el sistema gvSIG, para las necesidades del proyecto, agregándose las funcionalidades necesarias para tales efectos.
Actualización de la documentación del proyecto.	7	mié 15-09-10	jue 23-09-10	Se realizan modificaciones al documento de acuerdo a los avances realizados, o modificaciones especificadas por la

				contraparte.
Entrega avance de proyecto2.	0	vie 24-09-10	vie 24-09-10	Se entrega la documentación del proyecto según los protocolos de la universidad.
Validación de la aplicación web.	12	vie 17-09-10	lun 04-10-10	Se realizan pruebas de caja negra al sistema web, para que estos cumplan con la calidad requerida.
Preparación presentación de proyecto2.	4	lun 27-09-10	jue 30-09-10	Se generan las presentaciones de acuerdo a los avances realizados en la aplicación.
Corrección observaciones, de la presentación.	4	vie 01-10-10	mié 06-10-10	Se modifican los documentos de acuerdo a las sugerencias que aparezcan en la presentación de avance.
Validación de la aplicación gvSIG realizada.	6	lun 11-10-10	lun 18-10-10	Se realizan pruebas de caja negra de la aplicación para evaluar su calidad y comportamiento ante las distintas pruebas realizadas.
Integración de los sistemas desarrollados.	9	mar 19-10-10	vie 29-10-10	Se unen todas las funcionalidades como un solo proceso, y se evalúa su comportamiento.
Actualización del documento de proyecto2.	4	lun 01-11-10	jue 04-11-10	Se realiza la actualización final del documento de proyecto2, con los últimos detalles y observaciones generadas.
Preparación del software para la revisión oficial.	4	lun 01-11-10	jue 04-11-10	Se realizan las pruebas del sistema, montado en el ambiente en el cual este será evaluado.
Entrega Software terminado.	0	vie 05-11-10	vie 05-11-10	Se entrega la aplicación en los respectivos dispositivos solicitados por la universidad.
Revisión de la aplicación.	5	lun 08-11-10	vie 12-11-10	La aplicación es evaluada por los profesores asignados.
Entrega final proyecto2.	1	vie 12-11-10	vie 12-11-10	Se realiza la última entrega con todos los requisitos

				solicitados por la universidad.
Exposición final del proyecto.	10	lun 29-11-10	vie 10-12-10	Última presentación del proyecto.

Tabla 5.1 Planificación de actividades para el desarrollo del proyecto.

Hasta la fecha actual se han cumplido todas las actividades anteriormente explicadas, esto no quiere decir que en las actividades restantes no aparezcan nuevas actividades desmembrando las anteriormente programadas, ya que este proyecto, por motivos de investigación y coordinación puede presentar una mayor profundización en algún tema, el que en su momento dado no fue captado, o simplemente se desconocía su importancia. También existen algunas fechas de posibles entregas que poseen un rango de días debido a que la fecha exacta aún no es definida por la universidad.

Capítulo 6: Desarrollo

El presente capítulo será el contenedor de toda la información investigada o generada, disponible para llevar a cabo la implementación de este proyecto.

6.1 Requerimientos de la solución

El carácter de investigación de este proyecto, ha aumentado las dificultades para definir los requerimientos, ya que en varias ocasiones en que se planteó alguno, luego de un tiempo se descubrió que éste ya estaba cubierto por las herramientas definidas o en el caso contrario se descubriría que algunas soluciones supuestamente cubiertas por las herramientas disponibles, no cumplían con lo que se había definido anteriormente. Es por ello que se ha diseñado un esquema que refleja la perspectiva actual de la aplicación.

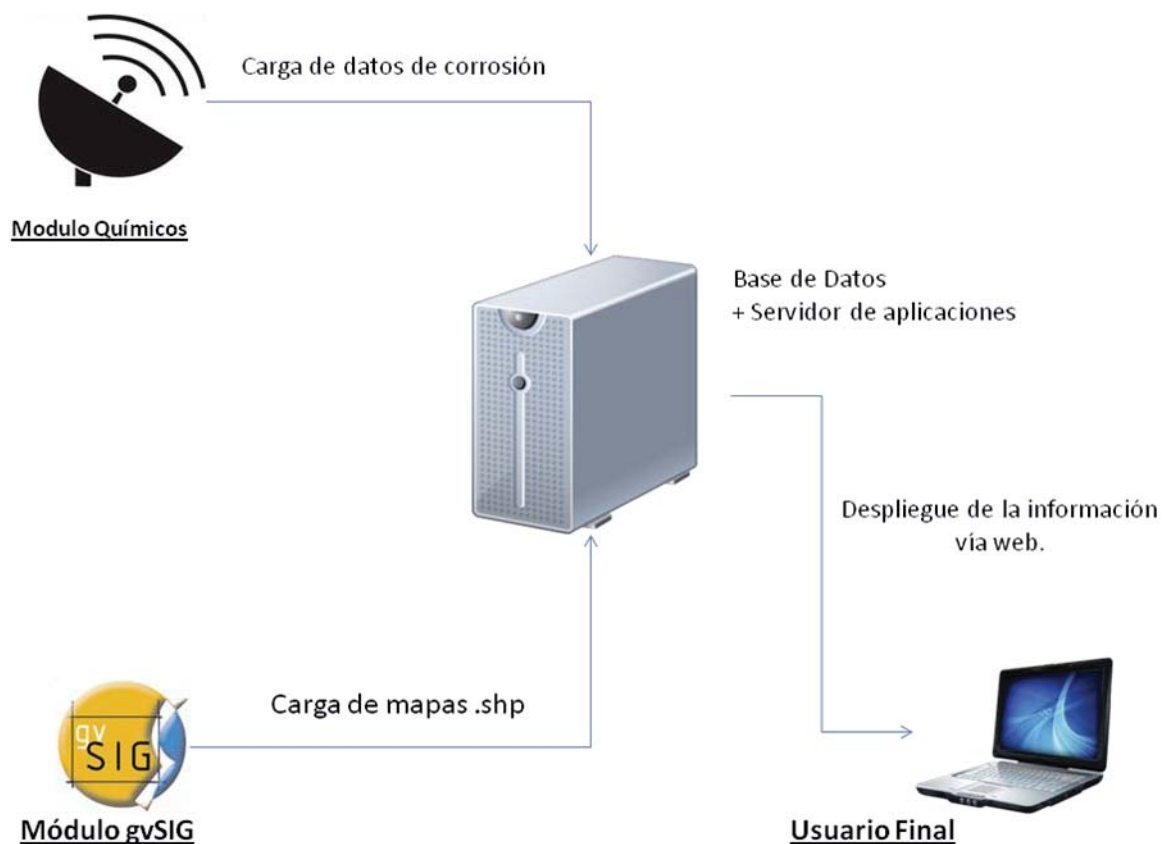


Figura 6.1 Requerimientos del sistema.

Dentro de la perspectiva anterior, el siguiente esquema refleja de una manera más específica la relación entre la aplicación gvSIG y el servidor web, en donde se explica cómo es el proceso para que los mapas generados por el proyecto, puedan ser accedidos por cualquier usuario en la web.

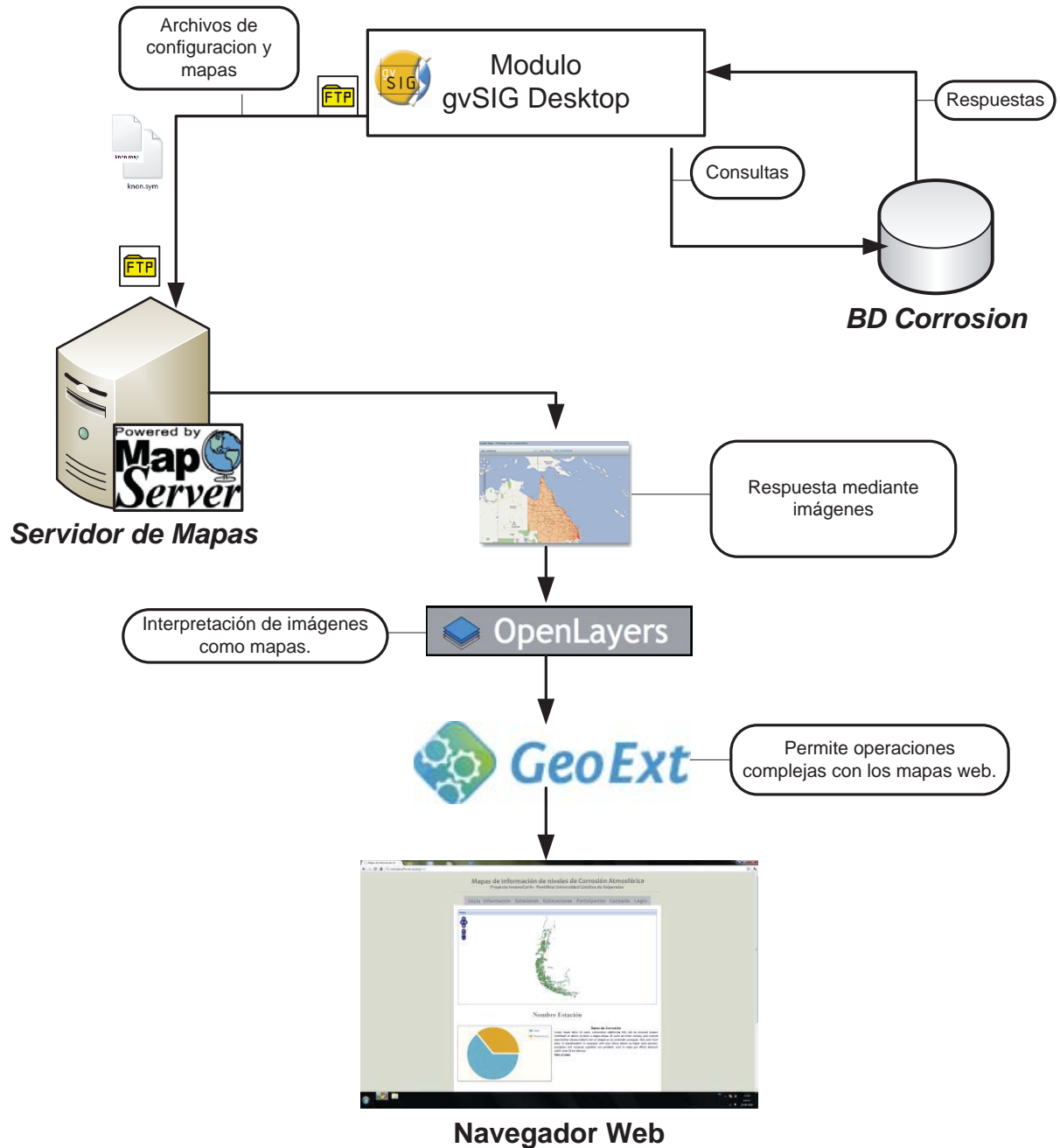


Figura 6.2 Proceso para la publicación e interpretación de un mapa en la web.

6.2 Requerimientos funcionales

Los principales requerimientos de este tipo, ya vistos y analizados, llevando a la conclusión de que son plenamente necesarios para la ejecución del proyecto son:

- a) **Exportar información a una fuente remota:** para permitir el acceso a la información por el sistema al público, necesariamente el sistema resultante de este proyecto, debe poseer la capacidad de entregar sus resultados a un medio que pueda masificarla, ya sea a una base de datos o a un servidor remoto.
- b) **Generar mapas con la información procesada, expresando los valores obtenidos mediante gráficos de tortas:** la información ya procesada, ya sea por una o todas las ciencias involucradas en este proyecto, será interpretada por el módulo encargado de publicar a los usuarios y generará los gráficos de tortas de tal manera que sean visibles en la web.

6.3 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales aclarados hasta el momento son:

- a) **El nuevo módulo debe estar inserto dentro de la aplicación gvSIG:** con el objetivo de facilitar el acceso a esta funcionalidad para los usuarios profesionales, se tomó la determinación de que este módulo debe ser igual a cualquiera otra herramienta de la aplicación gvSIG, ya que así se evitaría la confusión del usuario ya que éste no tendrá que interactuar con más sistemas para llevar a cabo sus tareas.
- b) **El código fuente debe cumplir con la filosofía OpenSource:** debido a que la naturaleza de la herramienta gvSIG, es de la filosofía ya antes mencionada, este módulo al hacer uso de las capacidades de gvSIG para realizar su cometido, también será sometido a las reglas impuestas por la OpenSource.

6.4 Requerimientos del sistema

Estos son los requerimientos del sistema vistos hasta ahora:

- a) **Recibir información parametrizada:** especialmente la funcionalidad que mantendrá la información a través de la web, necesitará recibir la información ya procesada, ya que ésta al realizar procesamiento gráfico utilizará recursos, que en un determinado momento pueden comprometer la respuesta de éste módulo ante las altas demandas. Así se evita la sobrecarga de este módulo.
- b) **Permitir el manejo de los accesos:** siempre es necesario un encargado de mantener la información que se despliega en la web, es por ello que este módulo deberá disponer de un control de acceso en un punto de su contenido, con el fin de permitir a un encargado acceder desde cualquier lugar, para realizar los cambios en el despliegue de los mapas que éste estime necesarios.
- c) **Un control de acceso:** con el fin de permitir a un encargado acceder desde cualquier lugar, para realizar los cambios en el despliegue de los mapas que este estime necesarios.

6.5 Análisis de la solución

6.5.1 Descripción de los roles del sistema

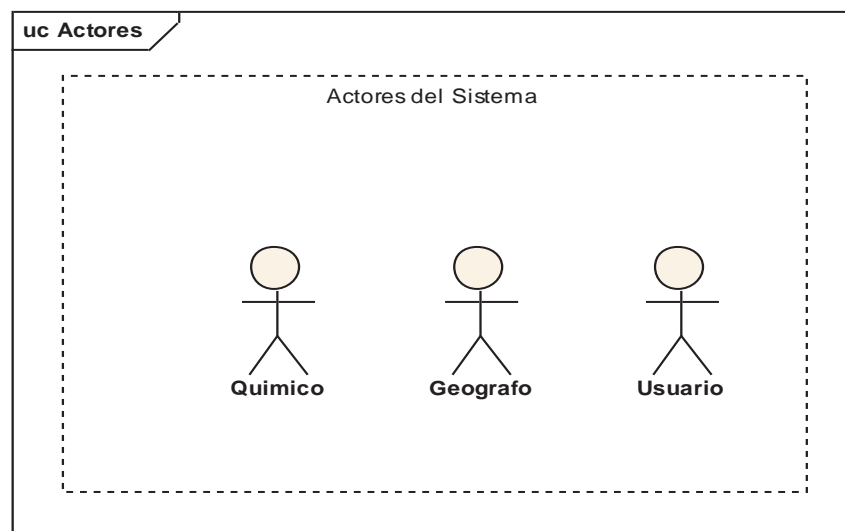





Figura 10. Actores del sistema.

	<p>Es el encargado de recibir la información generada por las estaciones de monitoreo a través del sistema, que consiste en los datos de dos mediciones mensuales: temperatura y humedad relativa. Con estos valores, el químico generará los datos de corrosión asociada a cada estación y los devolverá al sistema. También se encarga de gestionar las placas asociadas a cada estación.</p>
---	---

	<p>Es el profesional encargado de la generación y publicación de toda la información georeferencial que despliega el sistema.</p>
---	---

	<p>El usuario final es el consumidor del producto realizado, por lo cual se asume que es una persona interesada en conocer la información sobre la corrosión atmosférica. Visualiza los contenidos e interactúa con la información presentada por el sistema.</p>
--	---

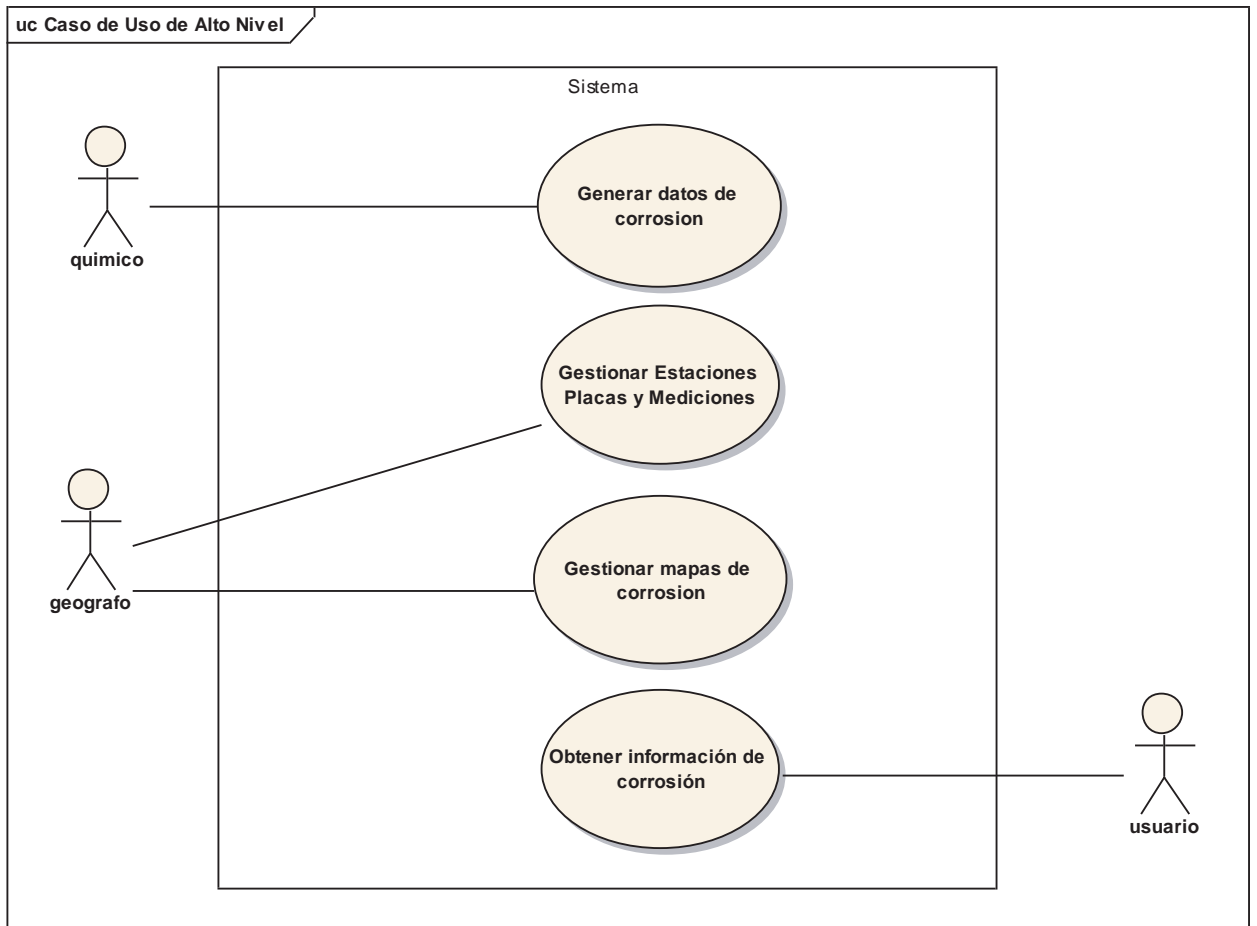
6.5.2 Casos de uso

Existen muchas ventajas por las cuales se implementan estas herramientas UML, ventajas que ayudan a comprender mejor el flujo de información que se producirá en esta aplicación, sin especificar cómo se produce. Es por ello que se determinó la utilización de este diagrama para realizar el análisis funcional que tomará el proyecto mediante el transcurso y desarrollo de éste. Además su representación resulta relativamente sencilla de explicar a los no entendidos en la materia. Este último punto es crucial al momento de coordinar a las diferentes ramas de la ciencia participantes en este proyecto, tales como la química, estadística, geografía, etc.

A continuación se muestran los diagramas de casos de uso, que representan las principales funcionalidades del proyecto:

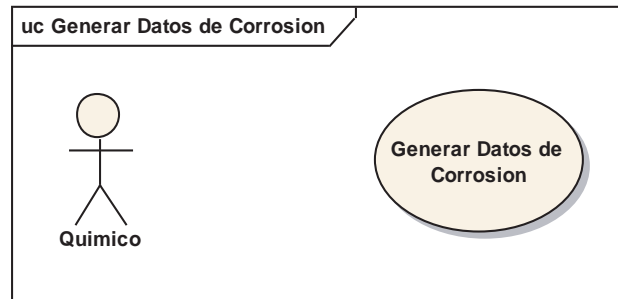
6.5.2.1 Diagrama de caso de uso: Alto nivel

El siguiente caso de uso representa una visión general del sistema.



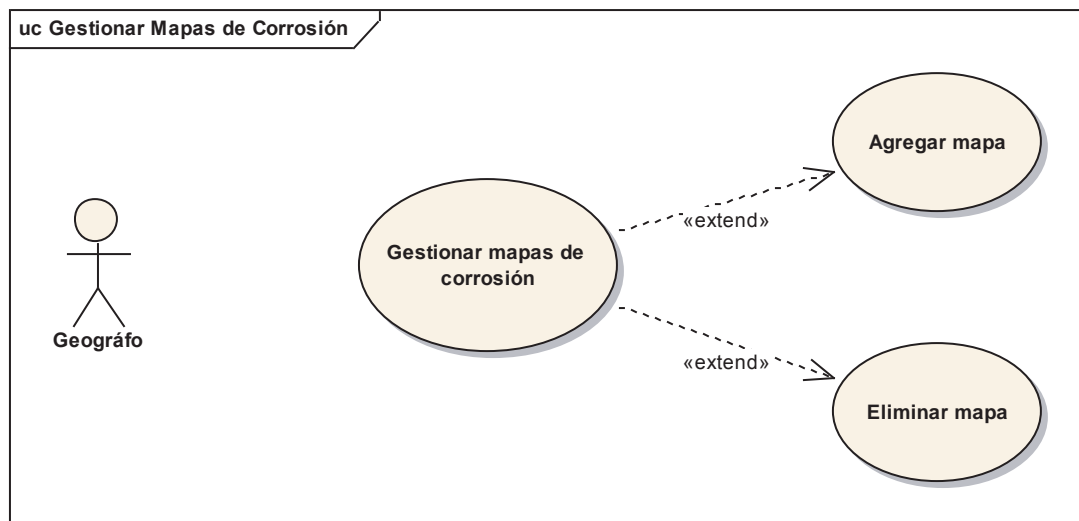
6.5.2.2 Diagrama de caso de uso: Generar datos de corrosión

El siguiente caso, representa la intervención del químico en el sistema, la cual es proveer de toda la información de corrosión generada.



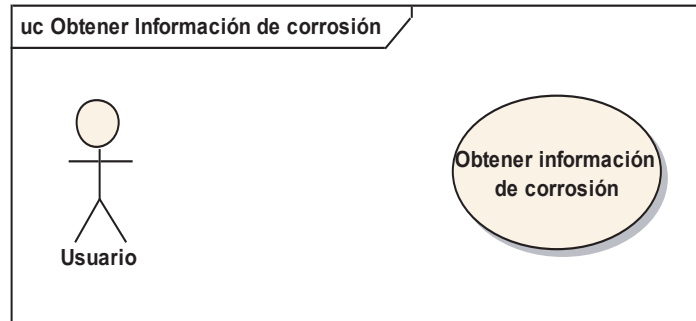
6.5.2.3 Diagrama de caso de uso: Gestionar mapas de corrosión

El geógrafo es el encargado de gestionar los mapas que se encuentran publicados en la web.



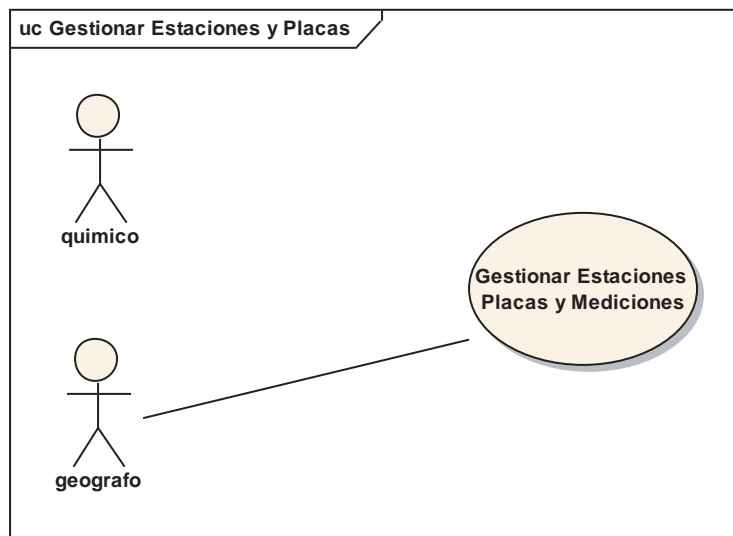
6.5.2.4 Diagrama de caso de uso: Obtener información de corrosión

El siguiente caso de uso representa la interacción entre el usuario final y el sistema en funcionamiento, ofreciendo los valores más actualizados



6.5.2.5 Caso de uso: Gestionar estaciones, placas y mediciones

El siguiente caso de uso se encarga de controlar el manejo de las estaciones y sus respectivas placas.



6.5.2.6 Caso de uso: Generar datos de corrosión

Nombre del Caso de Uso:	Generar datos de corrosión.
Actor(es):	Químico.
Objetivo(s):	Generar la información de corrosión, a partir de las mediciones recibidas por las estaciones de monitoreo mensualmente.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	Las estaciones de monitoreo han emitido sus mediciones periódicas, y éstas han sido dispuestas para el sistema.
Post-Condiciones:	Se entrega la información correcta de corrosión asociada a una estación en particular.

Flujo normal de eventos:

Paso	Actor	Sistema
1	El químico, ingresa a la sección “químicos” dentro del sistema.	
2		Solicita la autenticación del químico en cuestión.
3	Selecciona la opción de calcular velocidad de corrosión.	
4		Despliega las mediciones capturadas a la fecha por las estaciones de monitoreo, indicando las que no poseen cálculos realizados.
5	Ingresa los cálculos en el formulario asociado a cada medición de una estación en específico.	
6		Valida que el significado de los datos ingresados sea el correcto según lo establecido.
7		Calcula la velocidad de corrosión, y almacena la información asociada a una medición, perteneciente a una estación en específico.
8		Informa que la operación se realizó en forma exitosa.

Flujo alternativo de eventos:

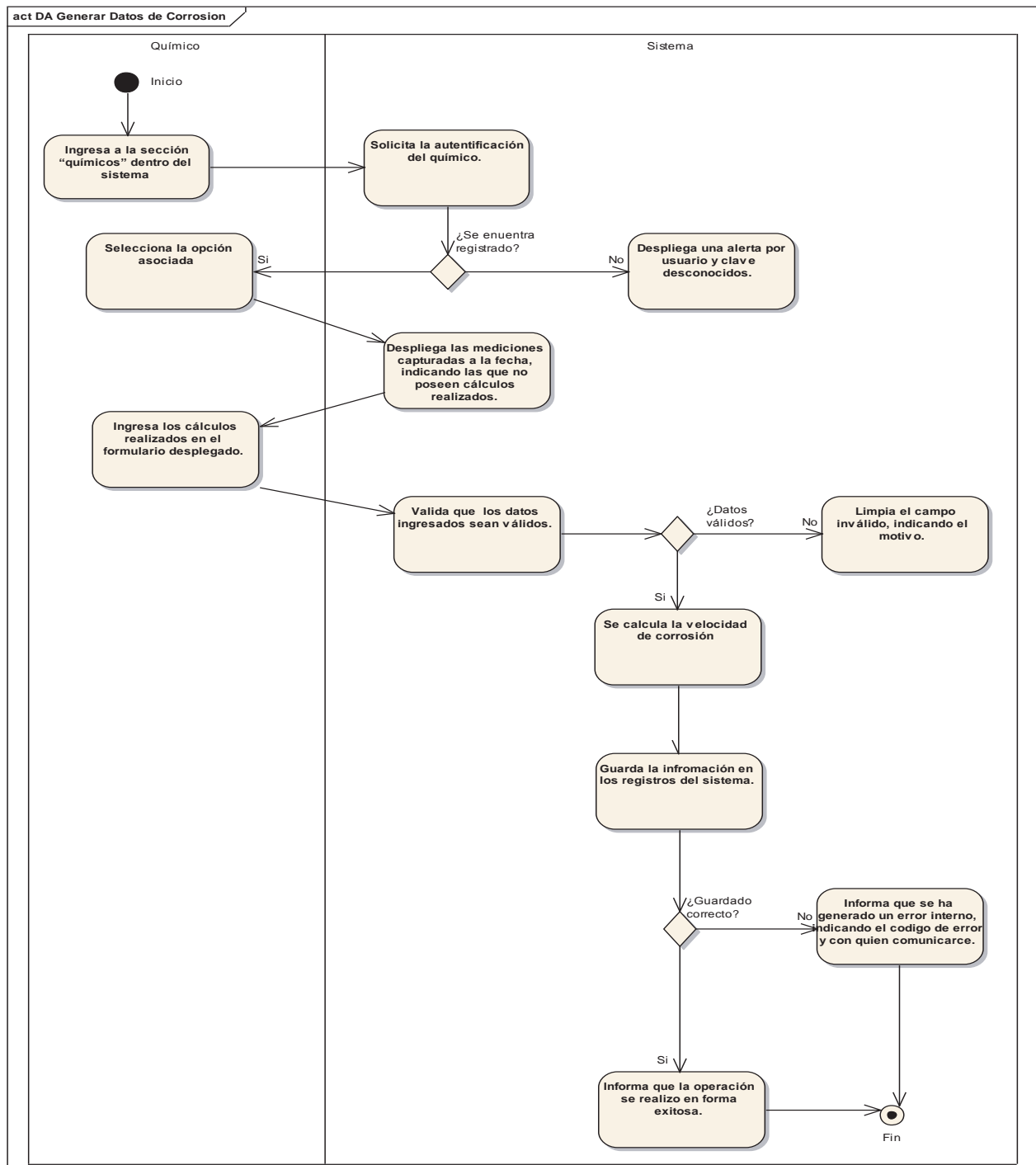
<i>Flujo alternativo #1</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 2 el químico en cuestión no se encuentra registrado en el sistema.
2		Despliega una alerta indicando que se desconoce ese usuario y clave.

<i>Flujo alternativo #2</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 6 los datos ingresados no cumplen con la semántica solicitada.
2		Limpia el campo inválido, indicando el motivo por el cual este es inválido.

<i>Flujo alternativo #3</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 7 se genera un error interno en el almacenamiento de la información.
2		Informa al químico que se ha generado un error interno, indicando el correo de la persona a la que debe dirigirse, y el código de error generado.

6.5.2.7 Diagrama de actividad: Generar datos de corrosión

El siguiente diagrama representa los principales pasos para almacenar los nuevos datos de corrosión calculados.



6.5.2.8 Caso de uso: Gestionar mapas de corrosión

Nombre del Caso de Uso:	Gestionar mapas de corrosión.
Actor(es):	Geógrafo.
Objetivo(s):	Generar los mapas que permitirán desplegar la información de corrosión en el sitio web del proyecto.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	El geógrafo posee un mapa en el sistema gvSIG y lo desea publicar en el sitio web del proyecto.
Post-Condiciones:	Se despliegan automáticamente los mapas disponibles por el sistema.
Puntos de Extensión:	<u>CU: Agregar mapa.</u> <u>CU: Eliminar mapa.</u>

Flujo normal de eventos:

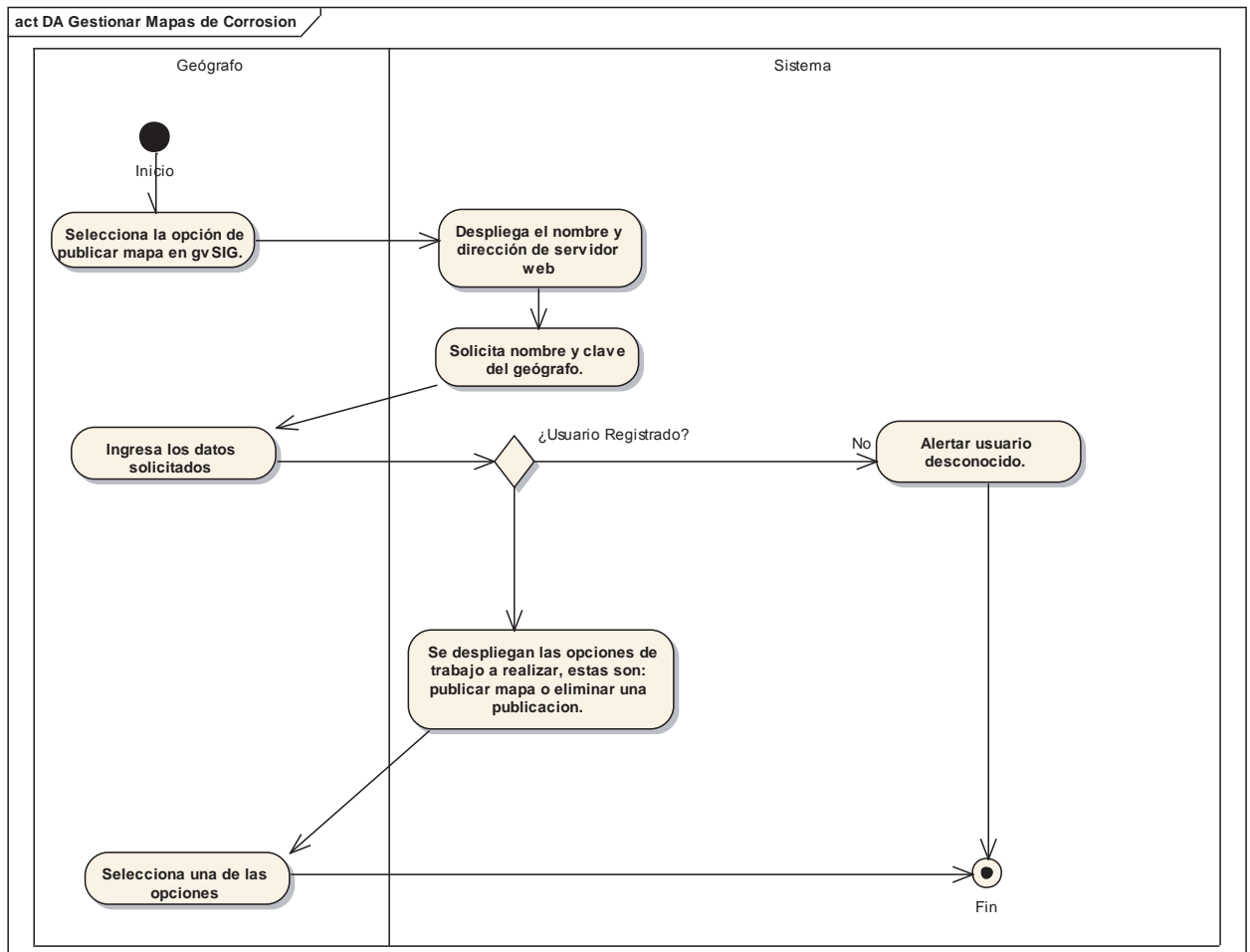
Paso	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción de publicar mapa dentro de la aplicación gvSIG.	
2		Despliega el nombre del servidor en donde ésta información será desplegada.
3		Solicita nombre y clave del geógrafo.
4	Ingresa los datos solicitados	
5		Despliega las siguientes opciones de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Agregación de un mapa.</i> • <i>Eliminación de un mapa.</i>
6	Selecciona una de las tareas permitidas: <u>[Extensión: CU: Agregar mapa.]</u> <u>[Extensión: CU: Eliminar mapa.]</u>	

Flujo alternativo de eventos:

Flujo alternativo #1		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 3 el geógrafo no se encuentra registrado en el sistema.
2		Despliega una alerta indicando que se desconocen esos datos, luego sigue esperando el ingreso de un registro válido, mientras la operación no haya sido cancelada.

6.5.2.9 Diagrama de actividad: Gestionar mapas de corrosión

El siguiente diagrama refleja los primeros pasos a realizar para cualquier gestión que se desee realizar a los mapas publicados por el sistema.



6.5.2.10 Caso de uso: Agregar mapa

Nombre del Caso de Uso:	Agregar mapa.
Actor(es):	Geógrafo.
Objetivo(s):	Agregar un mapa para ser publicado por el servidor web.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	[CU : Gestionar mapas de corrosión]
Post-Condiciones:	Se ha realizado la publicación de un mapa en el servidor de mapas web.

Flujo normal de eventos:

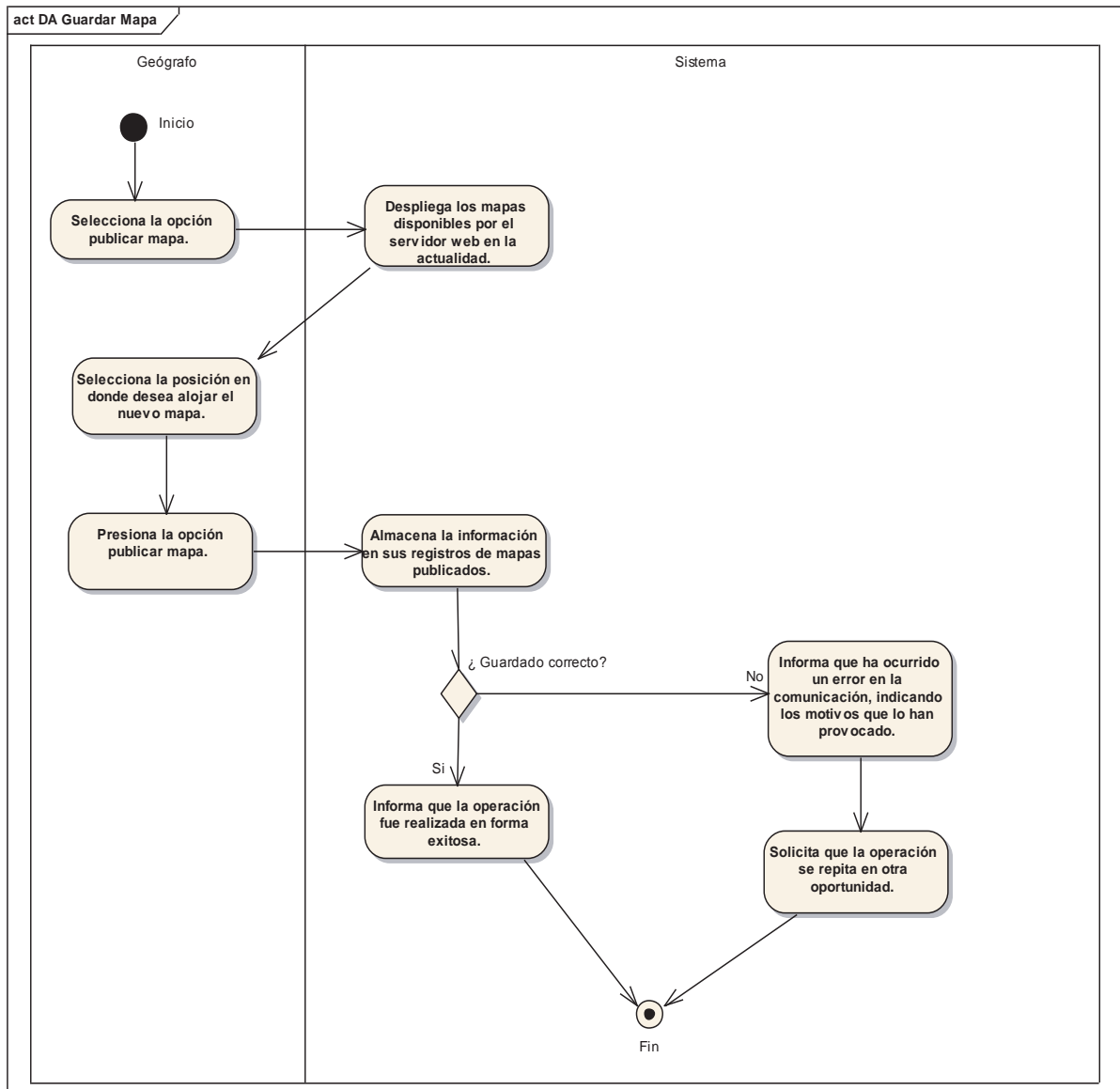
Paso	Actor	Sistema
1	Ha seleccionado la sección publicar mapas.	
2		Despliega los mapas disponibles por el servidor web en la actualidad.
3	Selecciona la posición en donde desea alojar el nuevo mapa.	
4	Presiona la opción publicar mapa.	
5		Almacena la información en sus registros de mapas publicados.
6		Informa que la operación fue realizada en forma exitosa.

Flujo alternativo de eventos:

<i>Flujo alternativo #1</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 5 se produce un error en la comunicación hacia los repositorios remotos.
2		Informa que ha ocurrido un error en la comunicación, indicando los motivos que lo han provocado.
3		Solicita que la operación se repita en otra oportunidad.

6.5.2.11 Diagrama de actividad: Agregar mapa

El siguiente diagrama representa los pasos a seguir para lograr una publicación de un mapa en el servidor web.



6.5.2.12 Caso de uso: Eliminar mapa

Nombre del Caso de Uso:	Eliminar mapa.
Actor(es):	Geógrafo.
Objetivo(s):	Quitar un mapa desplegado por el sistema de corrosión.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	[CU : Gestionar mapas de corrosión]
Post-Condiciones:	El mapa ya no es exhibido por el servidor de mapas web.

Flujo normal de eventos:

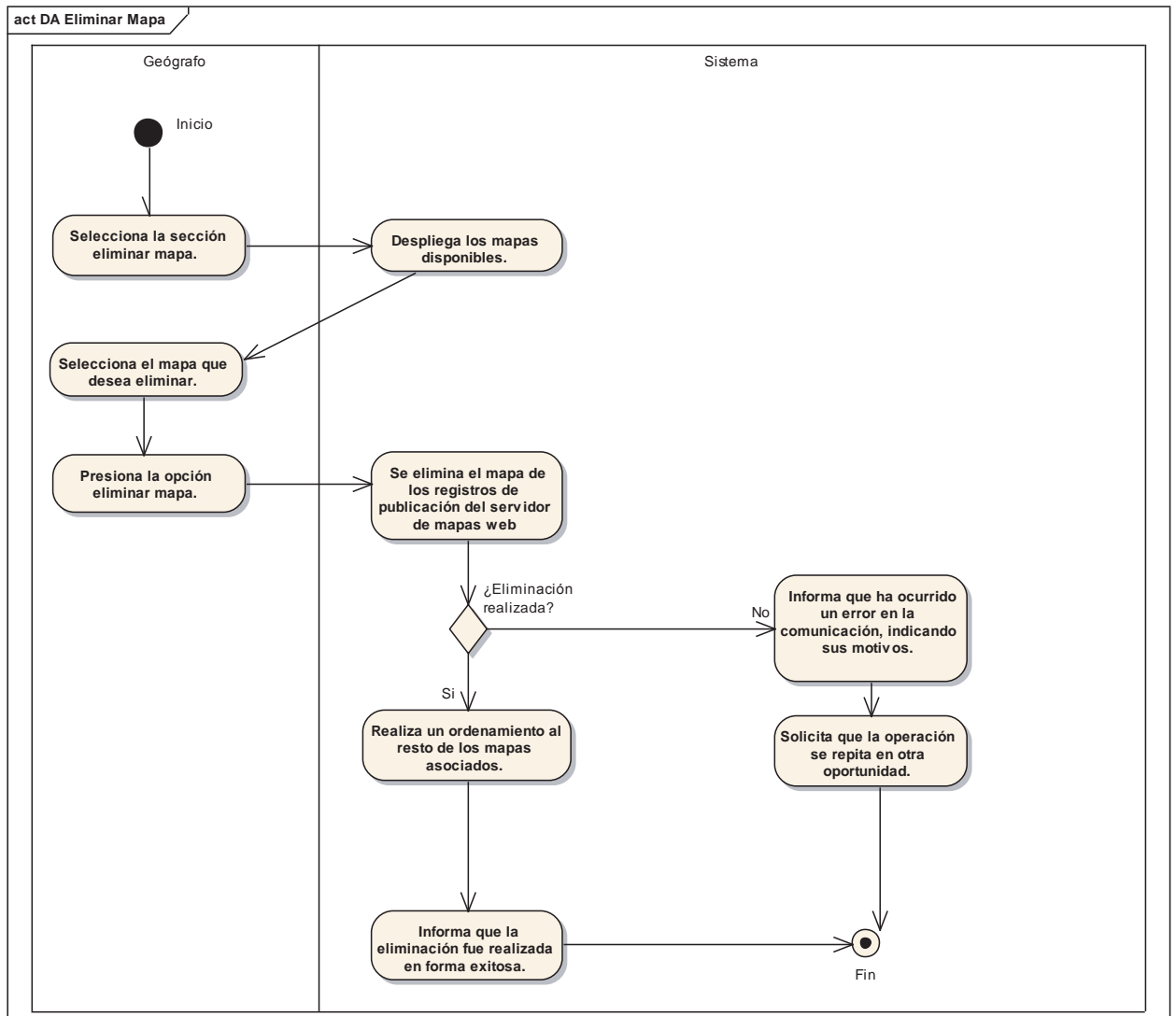
Paso	Actor	Sistema
1	Ha seleccionado la sección eliminar mapa.	
2		Despliega los mapas que actualmente está publicando el servidor.
3	Selecciona el mapa que desea eliminar.	
4	Presiona la opción eliminar mapa.	
5		Se elimina el mapa de los registros de publicación del servidor de mapas web.
6		Realiza un ordenamiento en el despliegue del resto de los mapas asociados.
7		Informa que la eliminación fue realizada en forma exitosa.

Flujo alternativo de eventos:

<i>Flujo alternativo #1</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 5 se produce un error en la comunicación hacia los repositorios remotos.
2		Informa que ha ocurrido un error en la comunicación, indicando los motivos que lo han provocado.
3		Solicita que la operación se repita en otra oportunidad.

6.5.2.13 Diagrama de actividad: Eliminar mapa

El siguiente diagrama representa el flujo de actividades necesarias para realizar la eliminación de un mapa que se encuentra actualmente publicado por el servidor web.



6.5.2.14 Caso de uso: Obtener información de corrosión

Nombre del Caso de Uso:	Obtener información de corrosión
Actor(es):	Usuario
Objetivo(s):	Obtener la información de corrosión disponible en el sistema, a través de su presentación.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	Las estaciones de monitoreo han emitido sus mediciones periódicas, y éstas han sido dispuestas para el sistema. A su vez, los demás actores (químico y geógrafo) han desarrollado sus respectivas tareas para dejar a disposición toda la información.
Post-Condiciones:	La información requerida es presentada correctamente.

Flujo normal de eventos:

Paso	Actor	Sistema
1	El usuario ingresa a la URL del sitio contenedor de la información.	
2		Recibe la petición y carga el sitio
3	Se selecciona una de las estaciones desplegadas en el mapa.	
4		Despliega un gráfico de torta con la información de los componentes que participan en el fenómeno de la corrosión en la estación dada. Se despliega además, la información georreferencial de la estación y sus datos correspondientes.

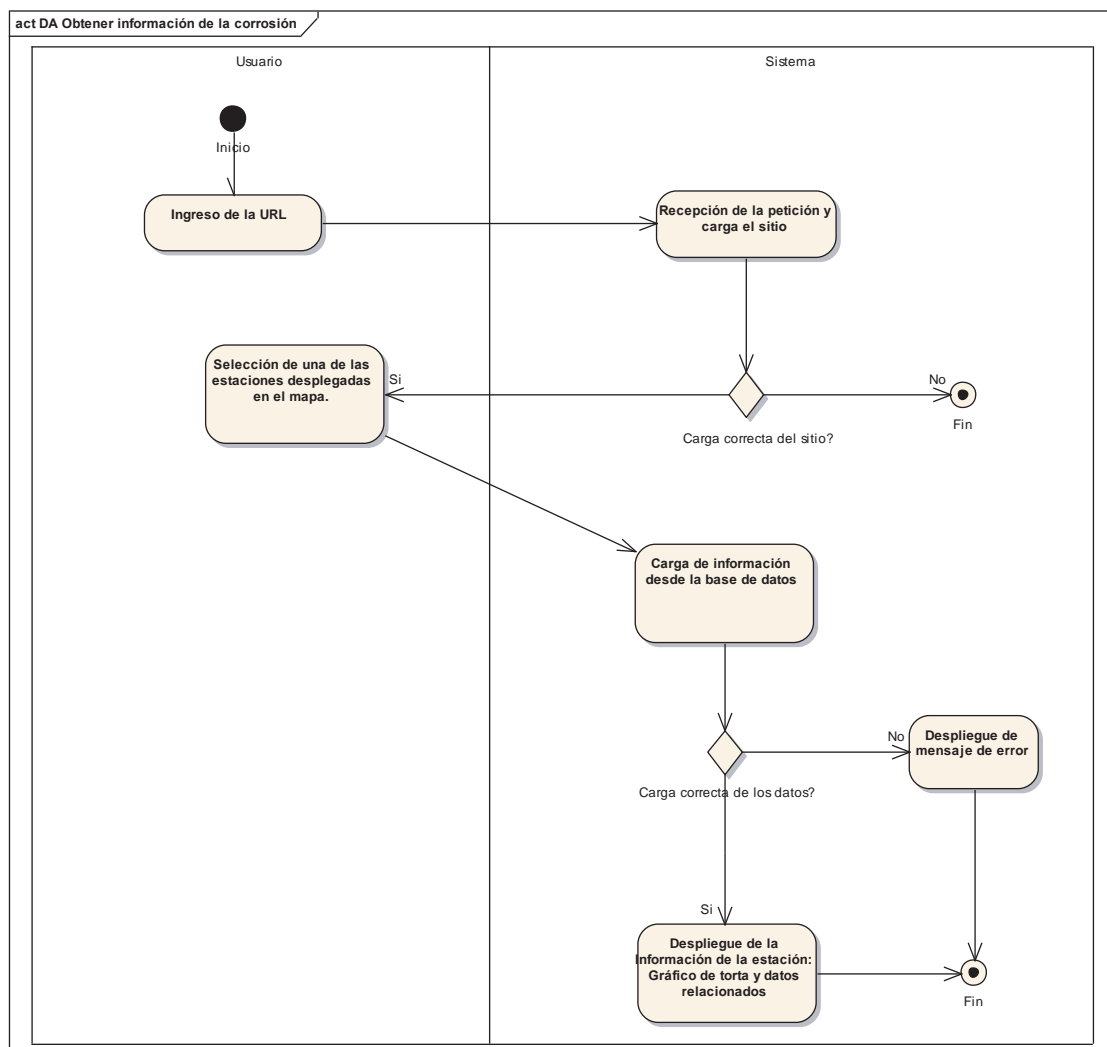
Flujo alternativo de eventos:

<i>Flujo alternativo #1</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 2, el sistema no es capaz de procesar la petición http.
2		El browser se encarga de manejar el error, desplegando una alerta informativa.

Flujo alternativo #2		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 4, la información no se puede rescatar desde la base de datos
2		Se despliega un mensaje de error, informando al usuario de la imposibilidad de presentar los datos.

6.5.2.15 Diagrama de actividad: Obtener información de corrosión

Este diagrama representa las actividades más recurrentes luego del proyecto, ya que representa los pasos que efectúa un usuario para obtener la información de corrosión generada



6.5.2.16 Caso de uso: Gestionar estaciones placas y mediciones

Nombre del Caso de Uso:	Generar estaciones placas y mediciones.
Actor(es):	Químico, Geógrafo.
Objetivo(s):	Manejar las estaciones (geógrafo) y las placas de metal, mediciones (químico) del sistema.
Tipo de Caso de Uso:	Nuevo.
Pre-Condiciones:	Los actores se encuentran autenticados en el sistema.
Post-Condiciones:	Se ha realizado el ingreso, modificación o eliminación de una estación o placa respectiva.

Flujo normal de eventos:

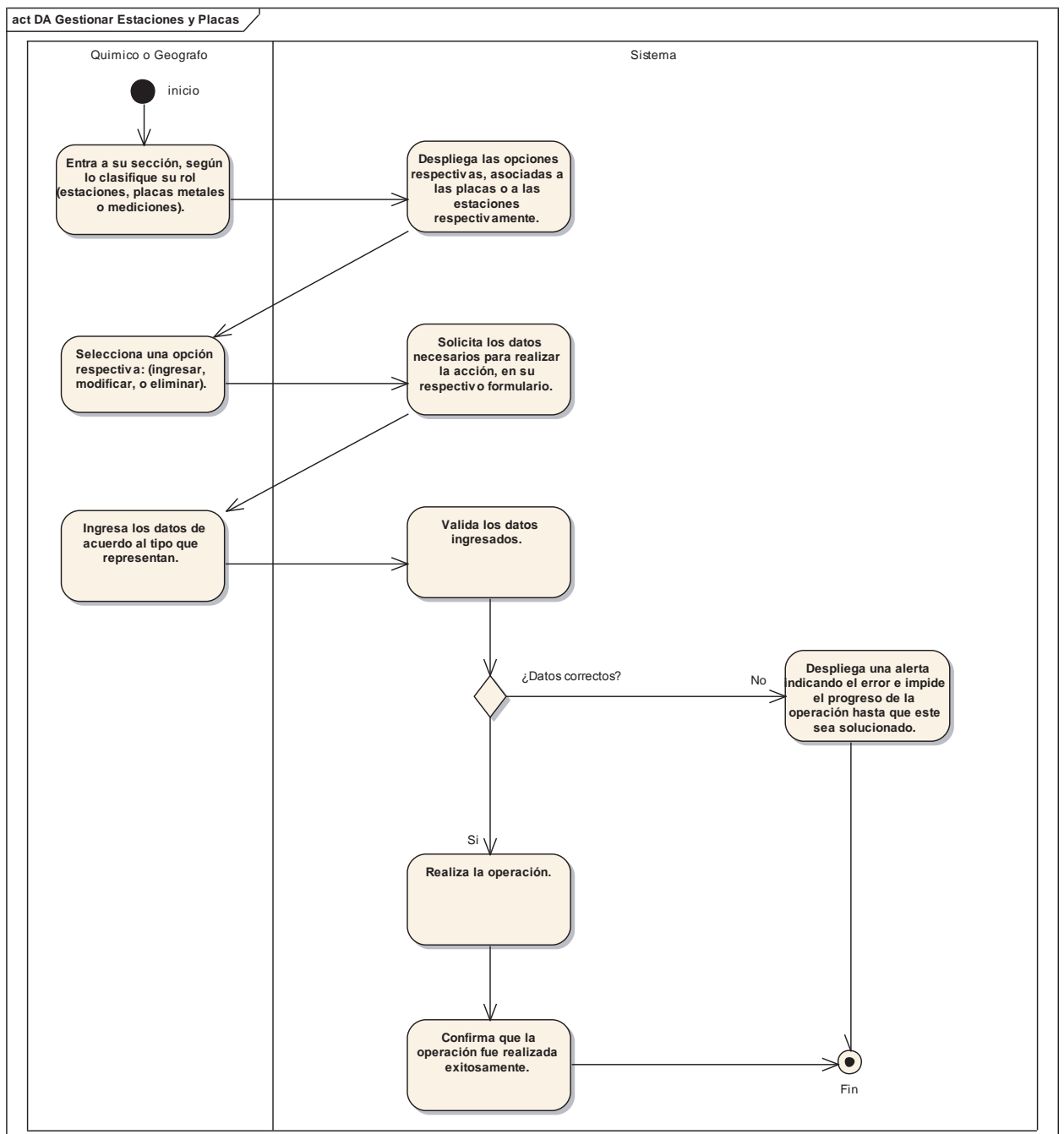
Paso	Actor	Sistema
1	Entra a su sección, según lo clasifique su rol (estaciones, placas metales o mediciones).	
2		Despliega las opciones respectivas, asociadas a las placas o a las estaciones respectivamente.
3	Selecciona una opción respectiva: (ingresar, modificar, o eliminar).	
4		Solicita los datos necesarios para realizar la acción, en su respectivo formulario.
5	Ingresa los datos de acuerdo al tipo que representan.	
6		Valida los datos ingresados.
7		Realiza la operación.
8		Confirma que la operación fue realizada exitosamente.

Flujo alternativo de eventos:

<i>Flujo alternativo #1</i>		
Paso	Actor	Sistema
1		En el paso 6, los datos ingresados por el actor, son inválidos al tipo requerido.
2		Despliega una alerta indicando el error e impide el progreso de la operación hasta que este sea solucionado.

6.5.2.17 Diagrama de actividad: Gestionar estaciones, placas y mediciones

El siguiente diagrama se encarga de representar el comportamiento general del sistema cuando se ingresan los datos de las estaciones y las placas metales, asociadas a sus respectivos roles.

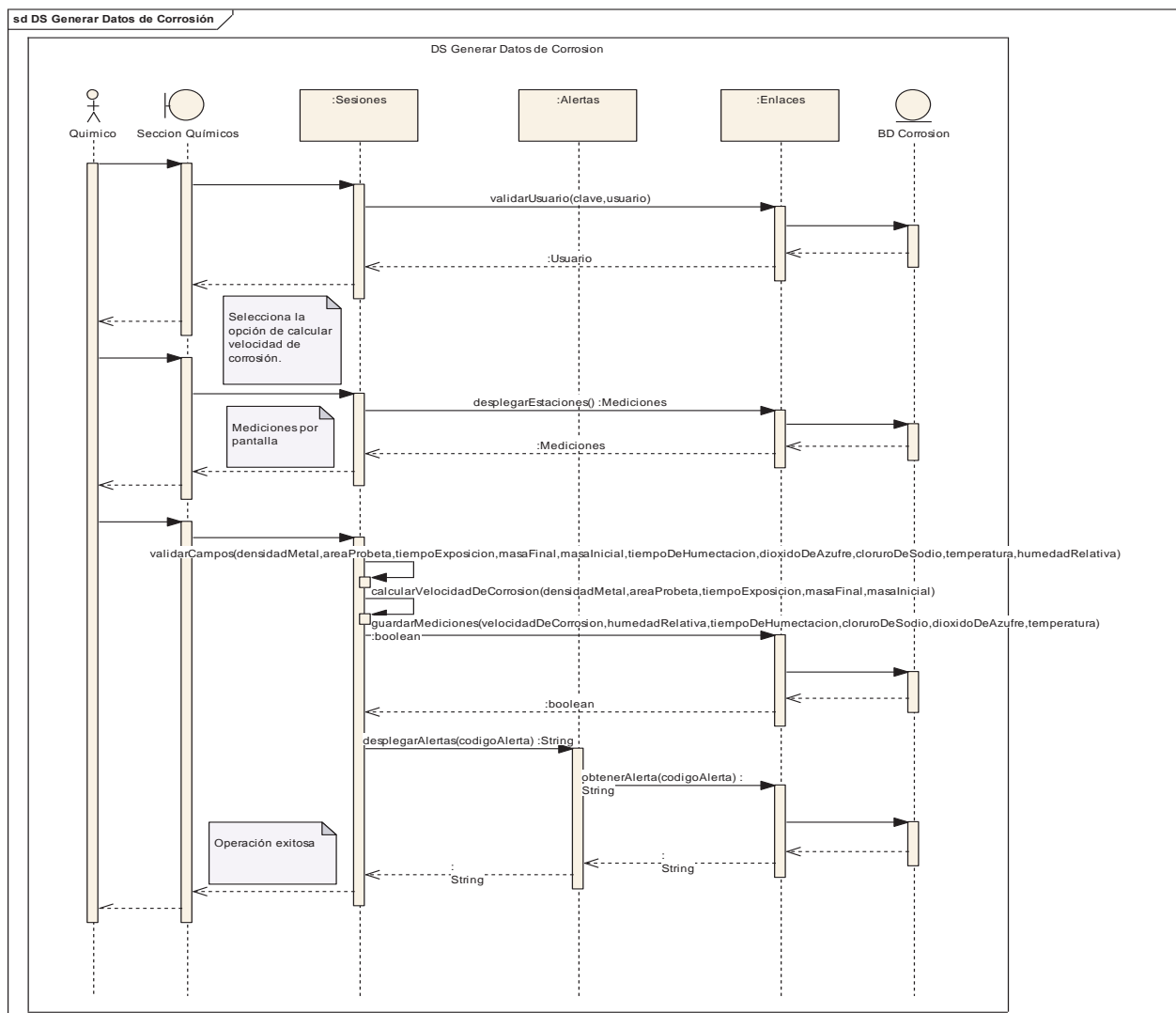


6.6 Diseño de la solución

El diseño de la solución a implementar incluye los diagramas de secuencia asociados a cada caso de uso, el diagrama de clases, el de componentes, y el modelo de datos del sistema. Cabe mencionar que se planteó el desarrollo de 4 módulos, considerando el esquema inicial, desarrollando uno para cada actor presente en el sistema.

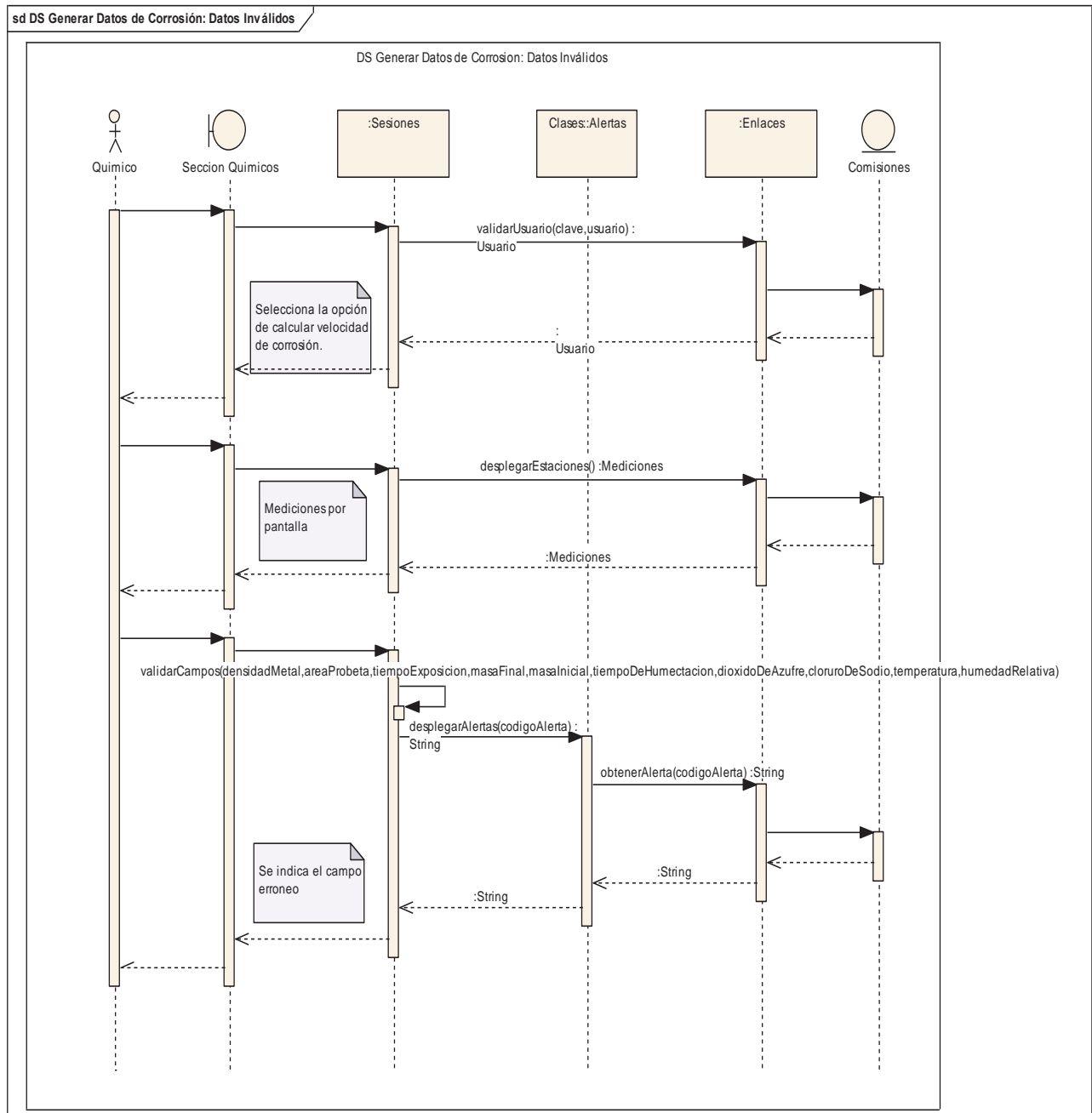
6.6.1 Diagrama de secuencia: Generar datos de corrosión

El siguiente diagrama representa el diseño que proporciona la interacción de los objetos del sistema que lograrán la generación de los datos de corrosión.



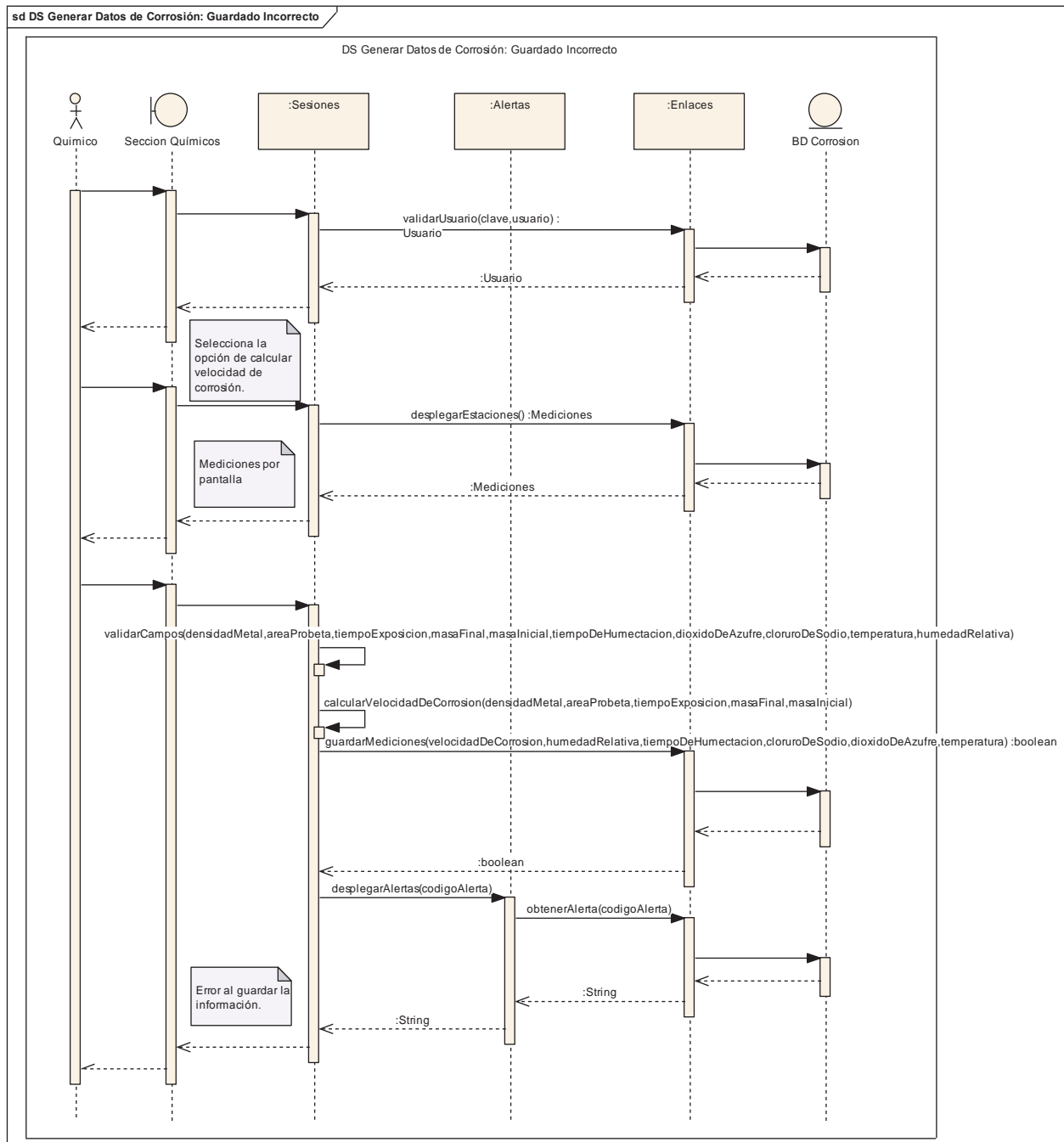
6.6.1.1 Diagrama de secuencia :Generar datos de corrosión / Datos Inválidos

El siguiente diagrama muestra cómo reacciona el sistema cuando se desea ingresar una medición que no cumple con las normas establecidas por el proyecto.



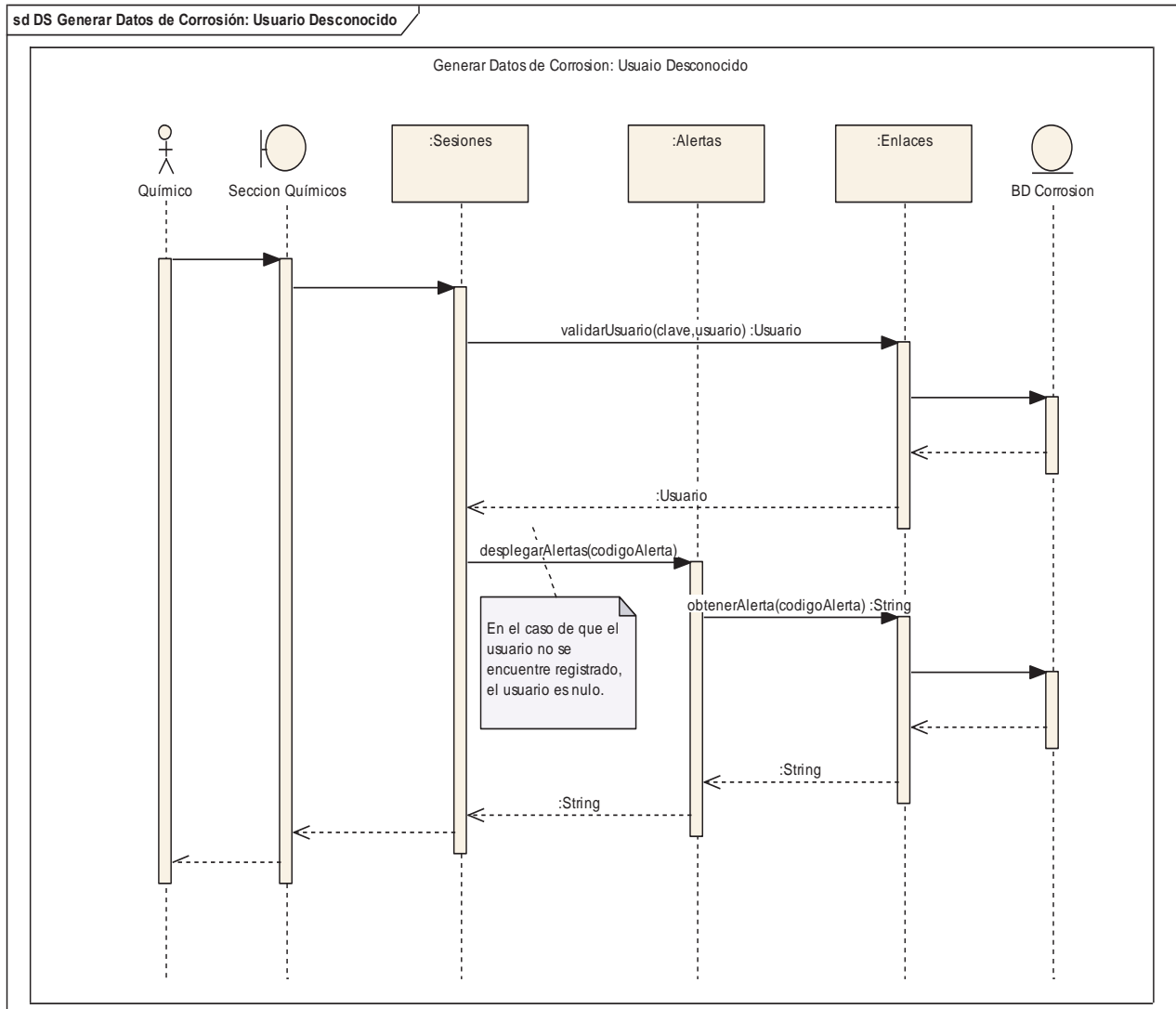
6.6.1.2 Diagrama de secuencia: Generar datos de corrosión /Guardado Incorrecto

Por diversos motivos cuando se realiza una transacción web, ocurren problemas al momento de realizar la operación, es por ello que el siguiente diagrama expresa el comportamiento del sistema ante este tipo de problemas.



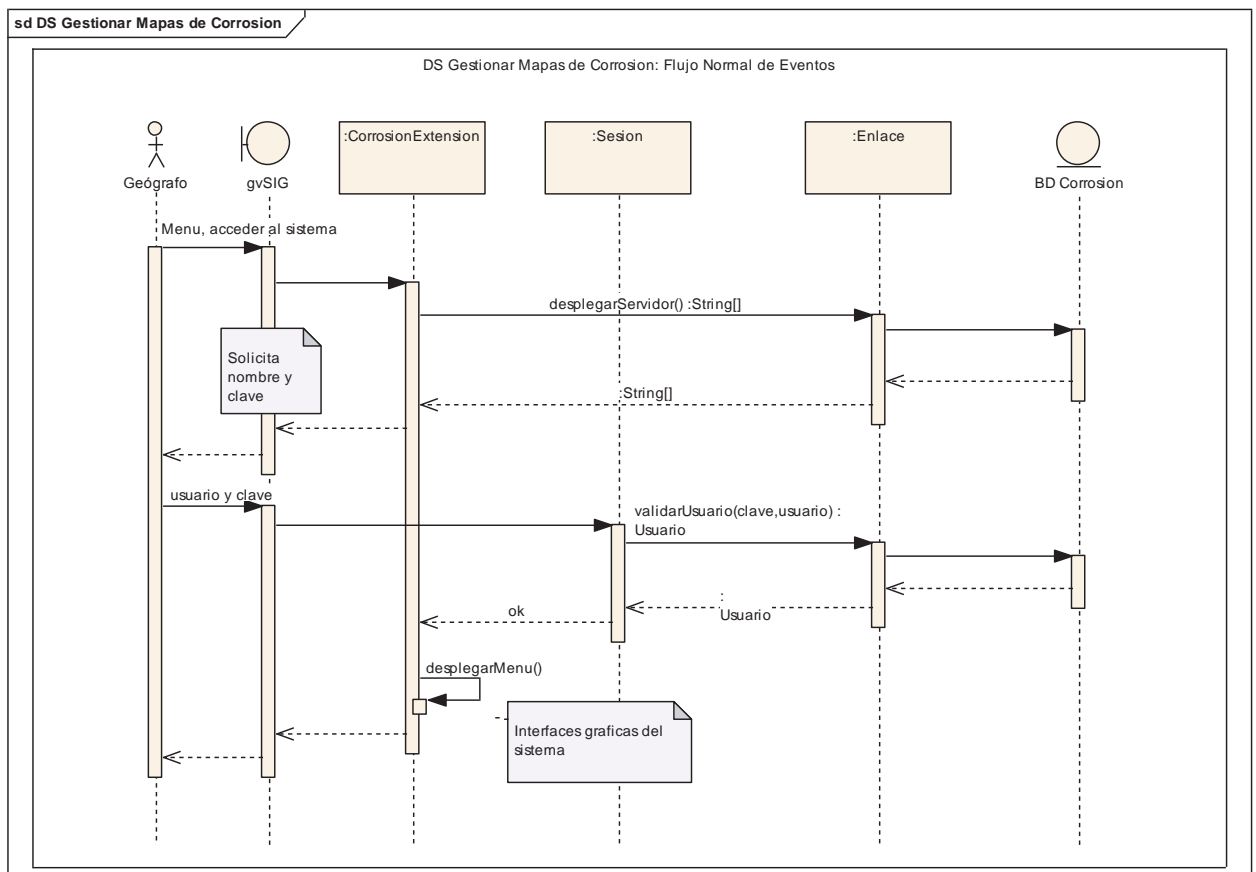
6.6.1.3 Diagrama de secuencia: Generar datos de corrosión /Usuario Desconocido

Cuando se desee realizar cualquier operación con los datos vía web, es necesario realizar la validación respectiva, en el siguiente esquema se refleja como el sistema reacciona ante un usuario desconocido.



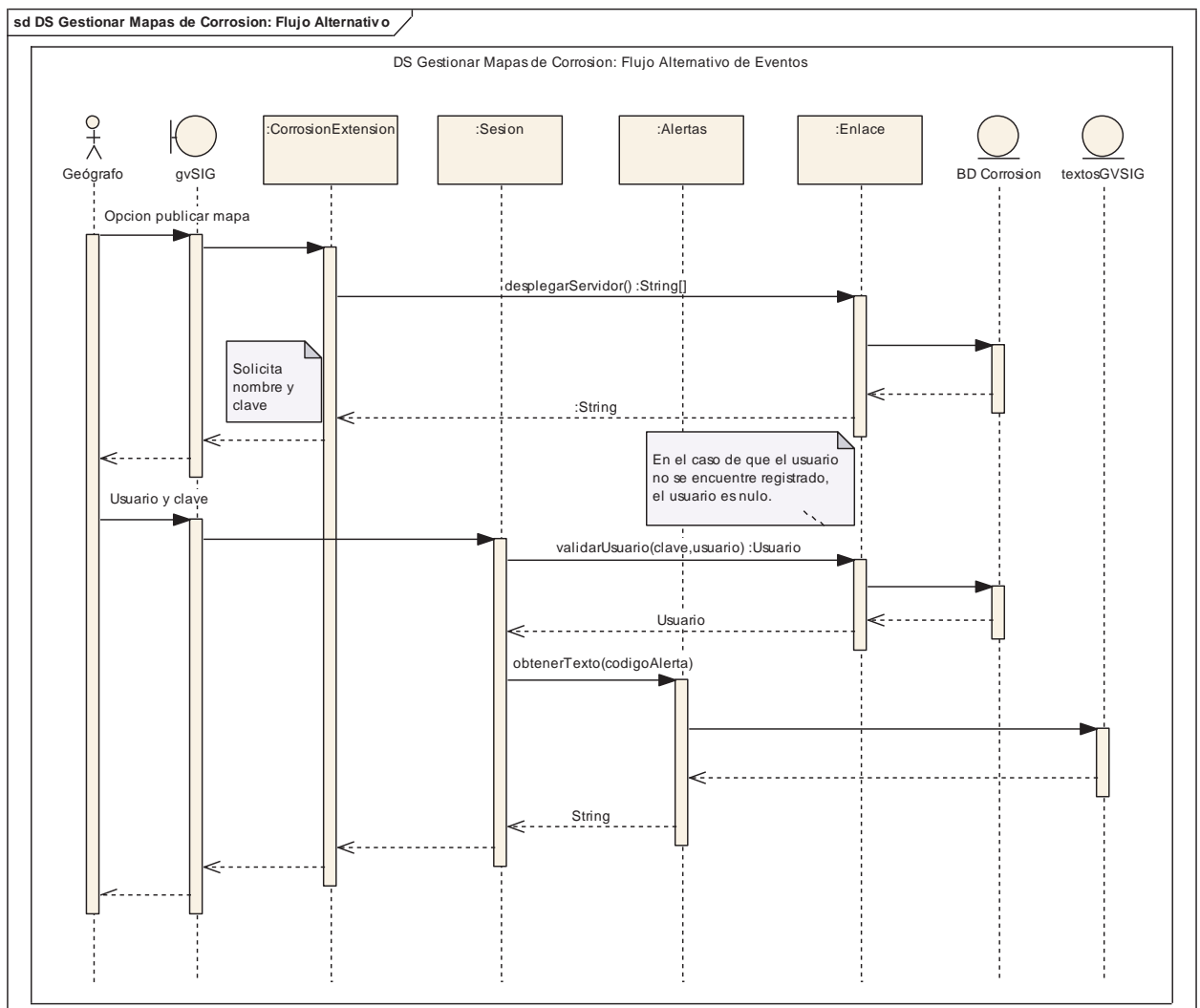
6.6.1.4 Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión

El siguiente diagrama refleja la estructura del sistema para manejar los mapas desde la aplicación gvSIG.



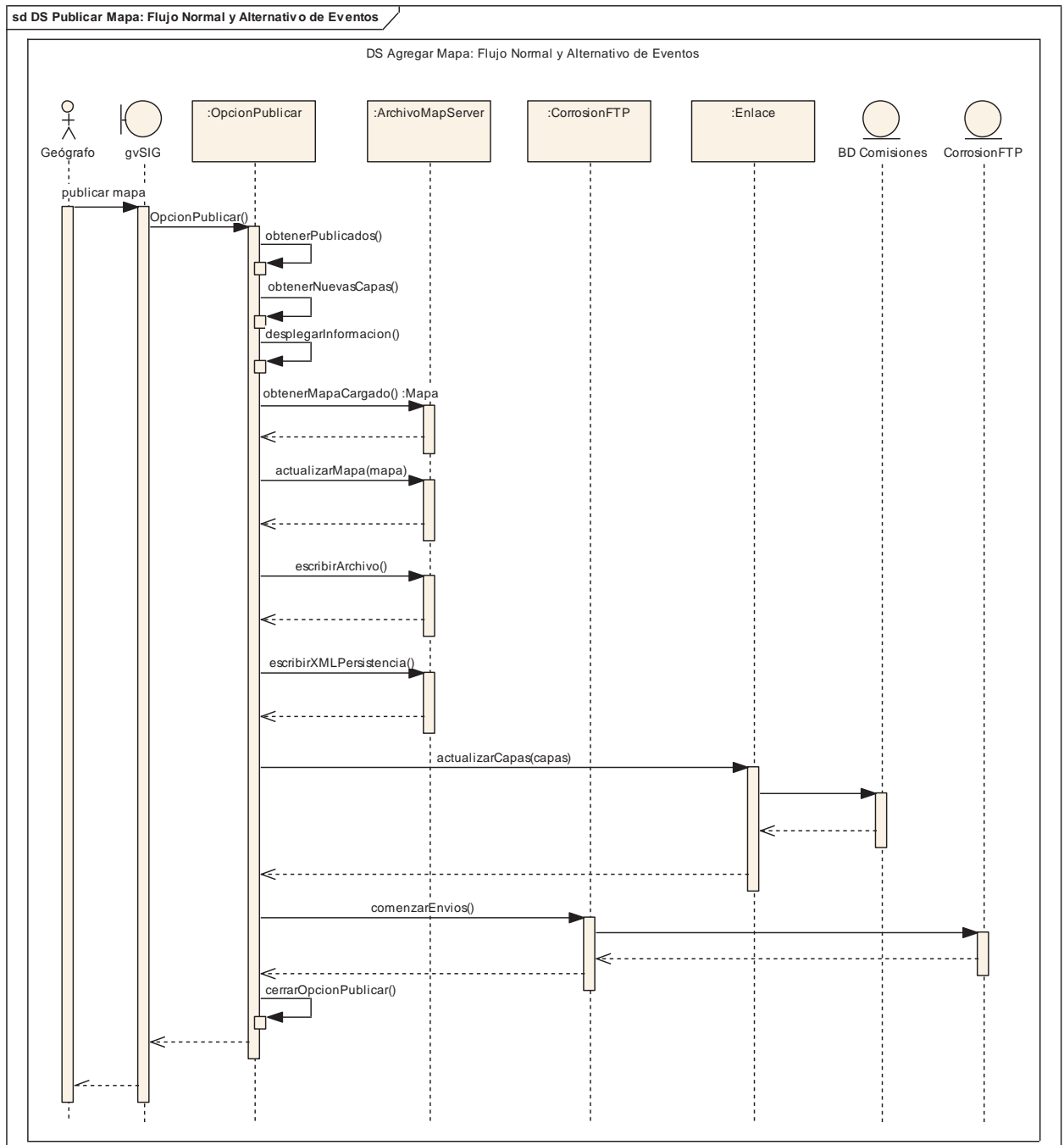
6.6.1.5 Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión /Usuario Desconocido

Los usuarios que realicen la publicación del mapa utilizando el software gvSIG, también necesitan identificarse dentro de la misma aplicación. El siguiente diagrama expresa el comportamiento del sistema cuando un usuario no pertenece a los registros y desea publicar un mapa desde gvSIG.



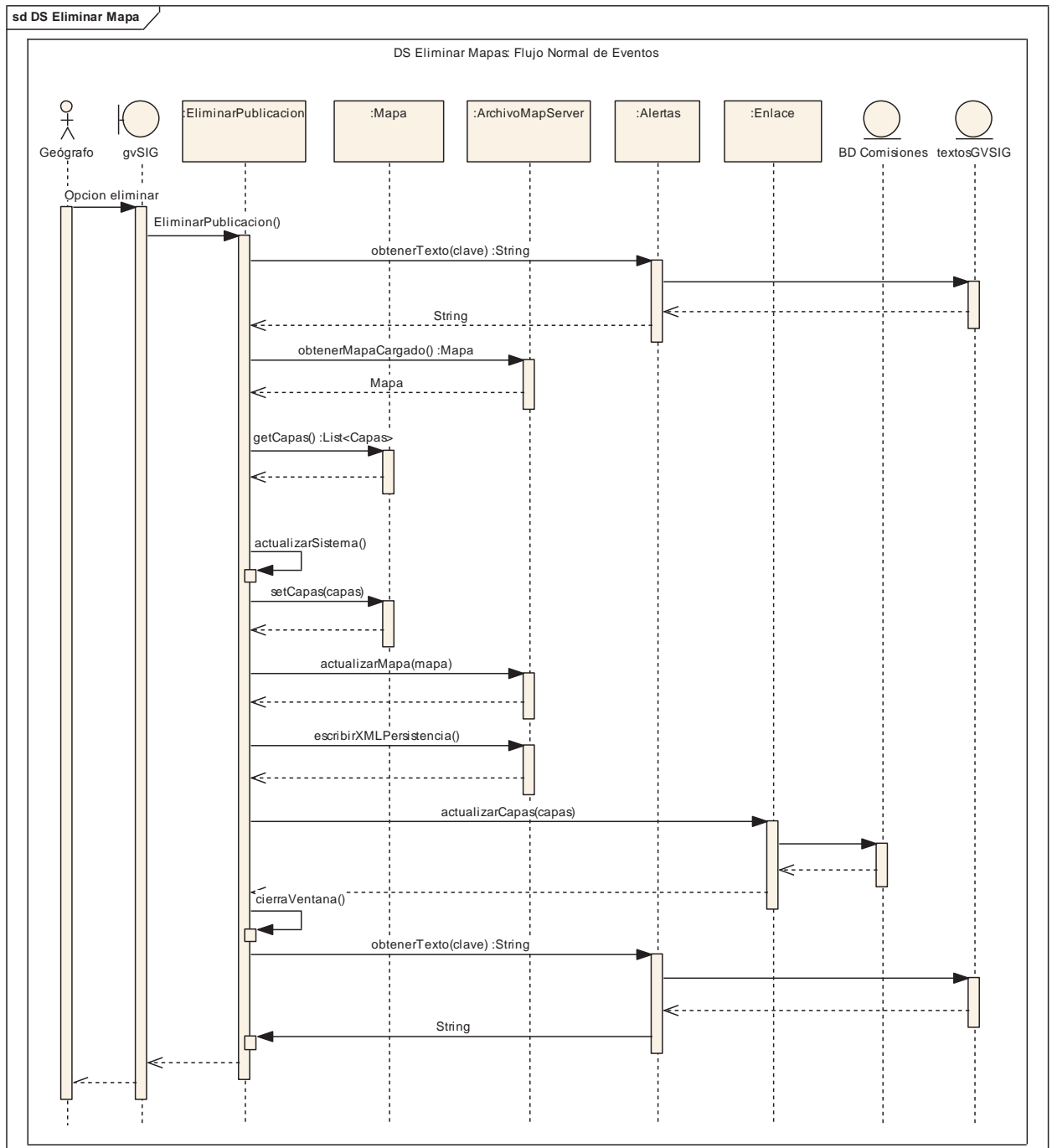
6.6.1.6 Diagrama de secuencia : Gestionar mapas de corrosión / Agregar mapa

El siguiente diagrama muestra el comportamiento del sistema para realizar la publicación de un mapa en el sistema.



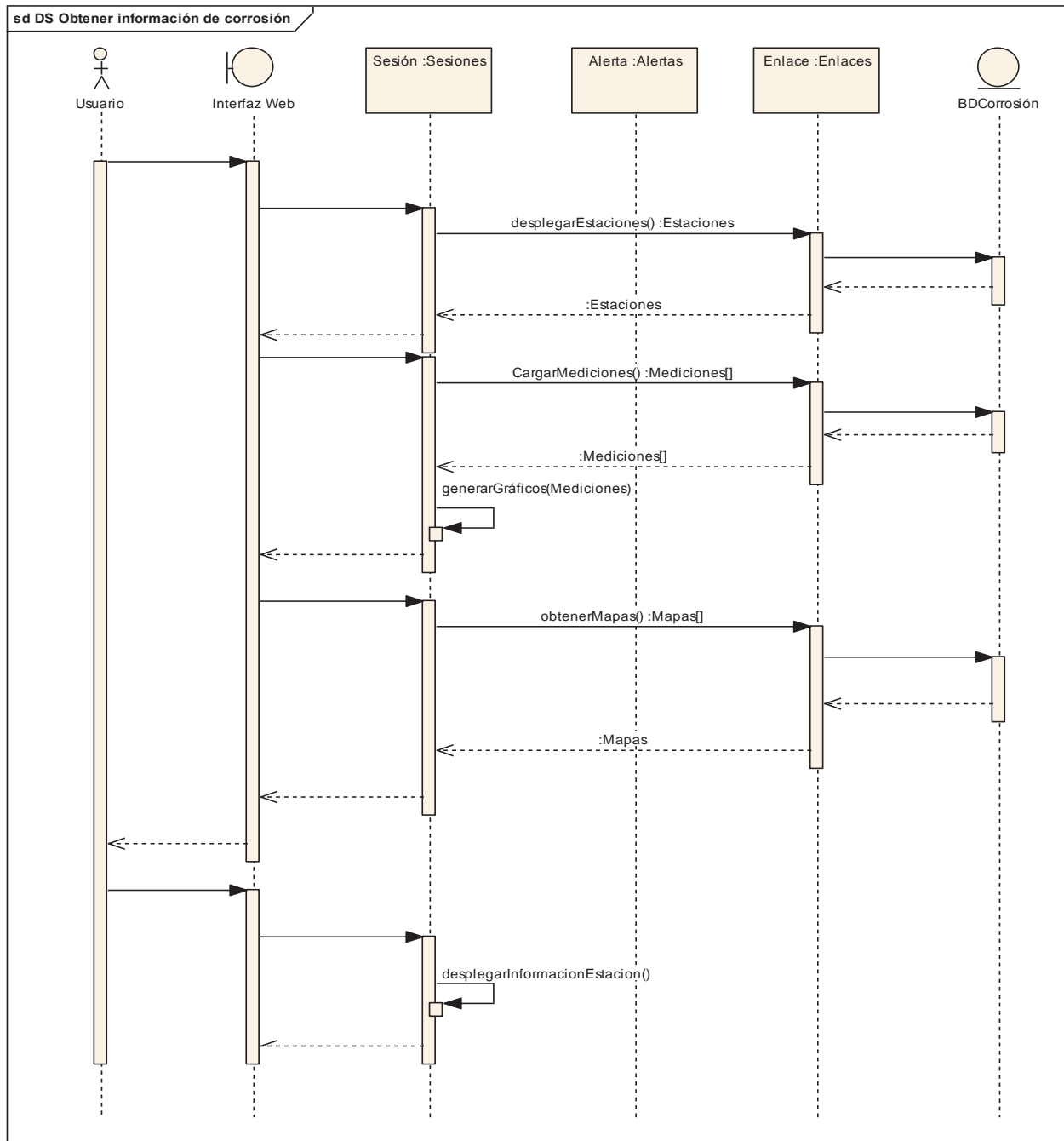
6.6.1.7 Diagrama de secuencia: Gestionar mapas de corrosión / Eliminar mapa

Los mapas que se encuentren publicados pueden ser removidos desde la aplicación gvSIG, el siguiente diagrama representa los pasos que conllevan a la ejecución de esta tarea.



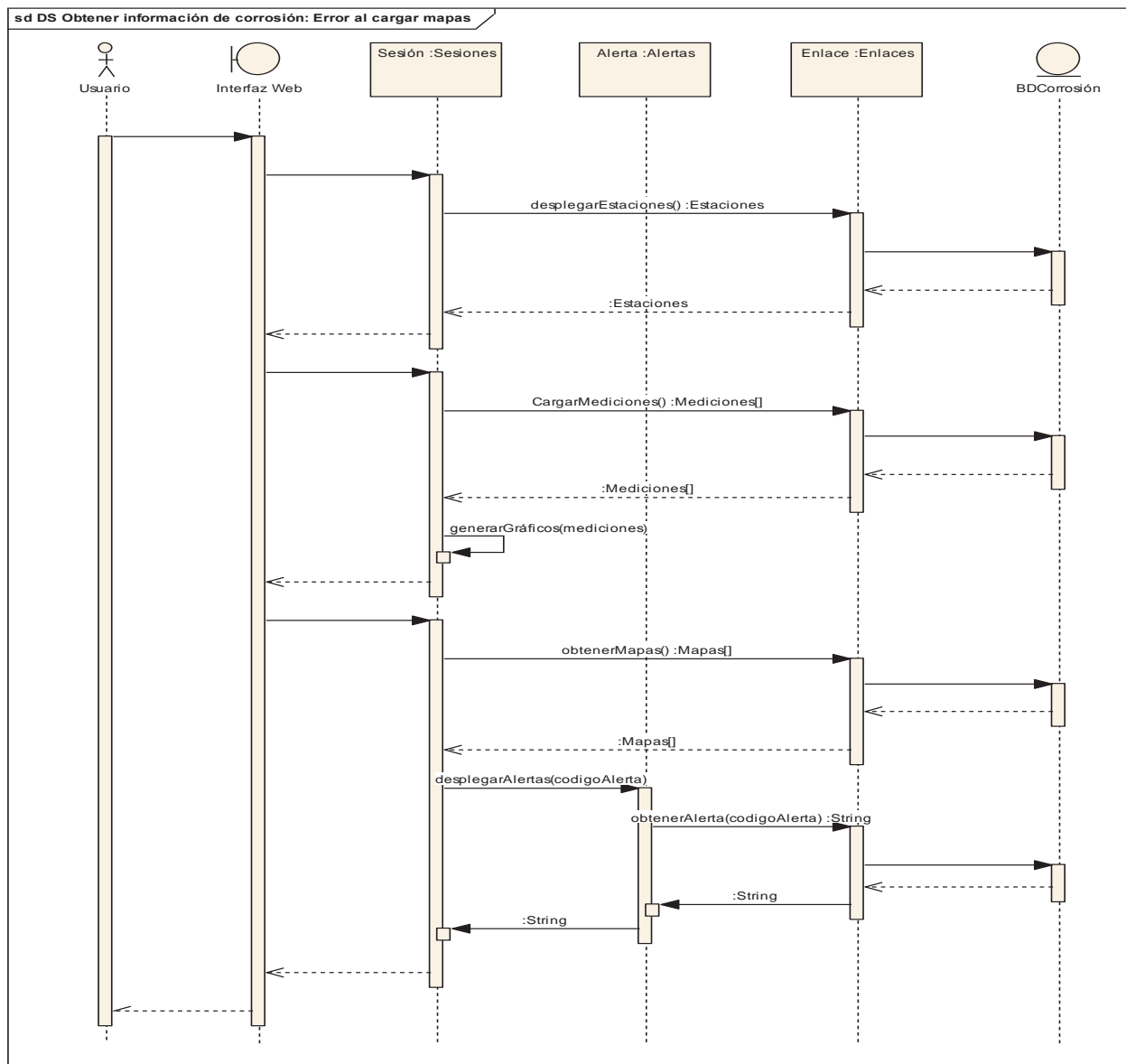
6.6.1.8 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión

El siguiente diagrama representa como un usuario de la web, puede acceder a la información generada por el sistema.



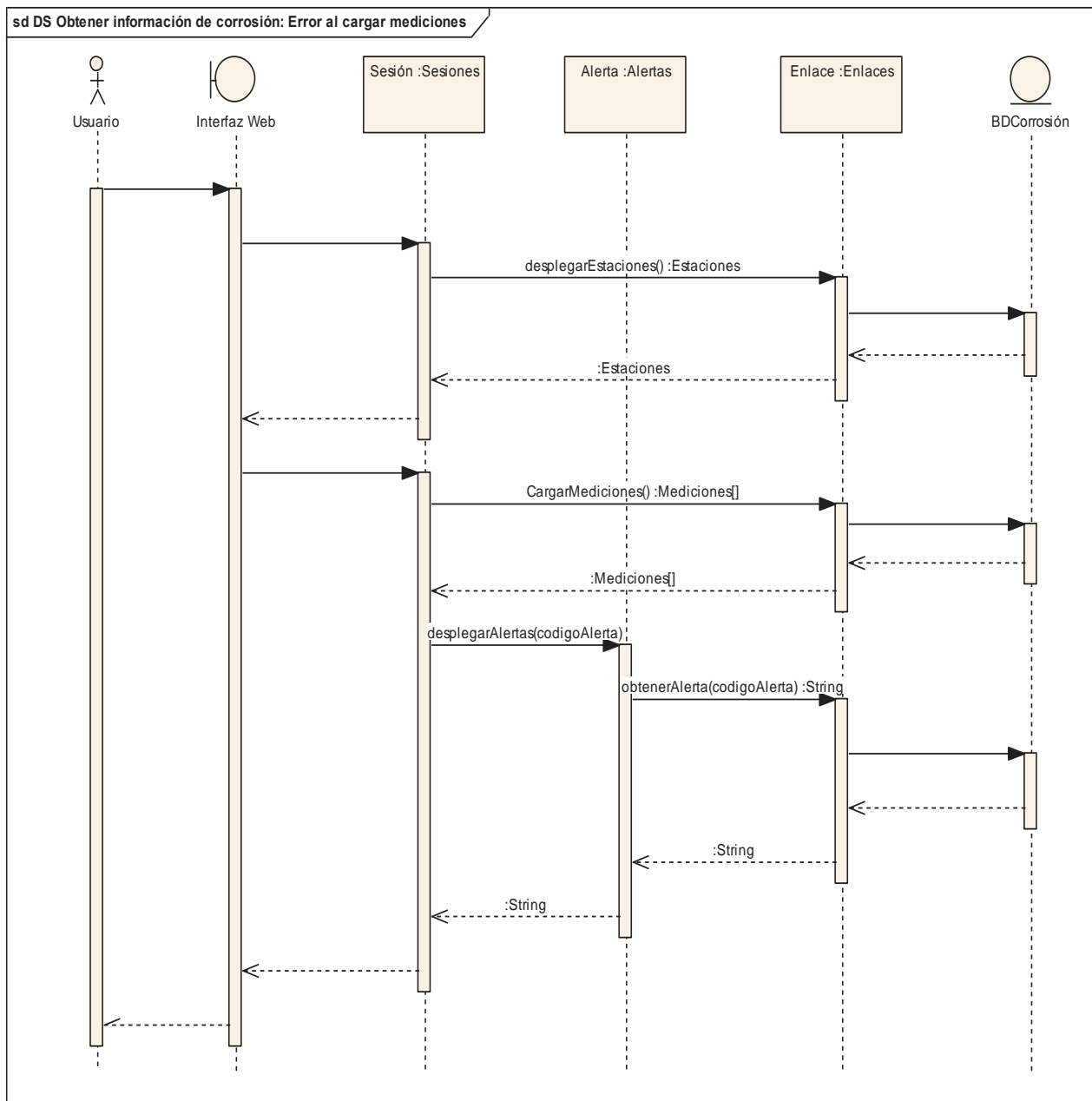
6.6.1.9 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al cargar mapas

Por diversos motivos los sistemas web, son susceptibles a que ocurran anomalías en el normal flujo de trabajo del sistema, en el siguiente diagrama se representa al sistema cuando ocurre un error al momento de cargar un mapa para un usuario web cualquiera.



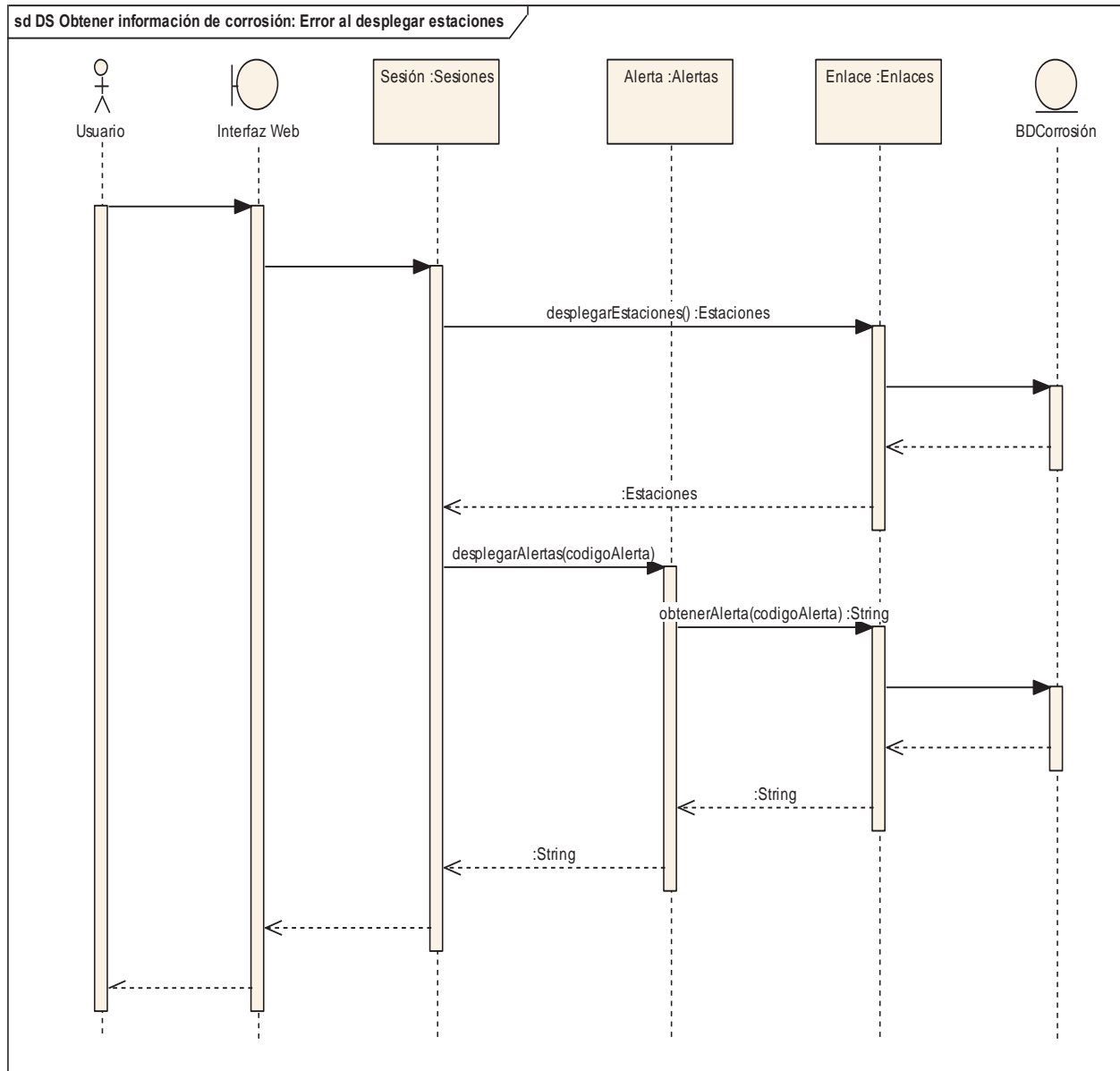
6.6.1.10 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión/ Error al cargar mediciones

El sistema web además de presentar mapas en la web, también muestra las últimas mediciones realizadas en las estaciones representadas en cada mapa, lo cual debido a la naturaleza web de este sistema, también se puede producir un error, para simbolizar esta situación se presenta el siguiente diagrama.



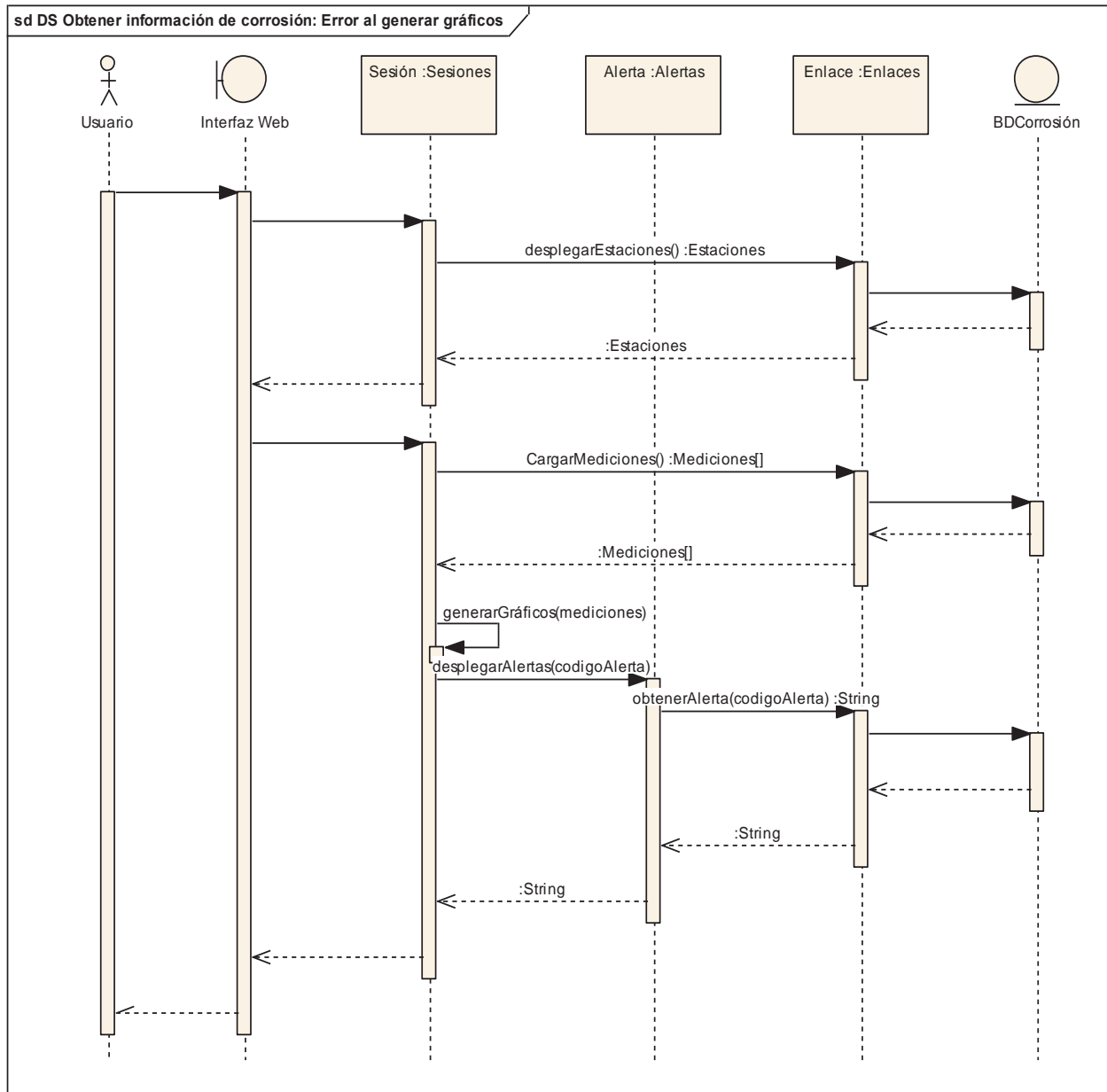
6.6.1.11 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al desplegar estaciones

Las estaciones registradas por el sistema también pueden presentar problemas al ser desplegadas a un usuario web, es por ello que el siguiente diagrama refleja esta situación.



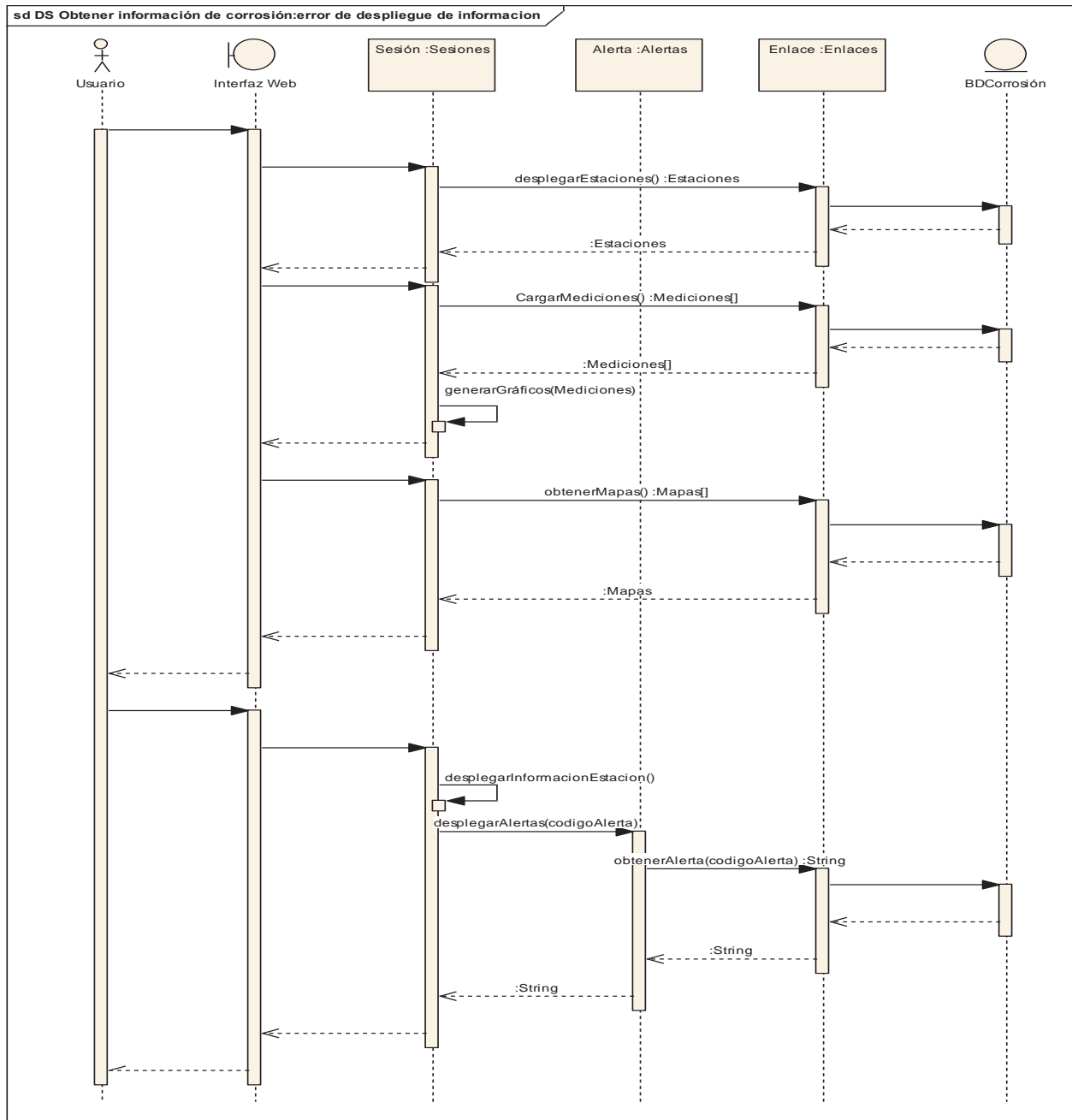
6.6.1.12 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión/ Error al generar gráficos

La generación de gráficos representando la corrosión registrada hasta el momento, también puede presentar problemas al momento de ser mostrados por un usuario web, es por ello que el siguiente esquema representa esta situación.



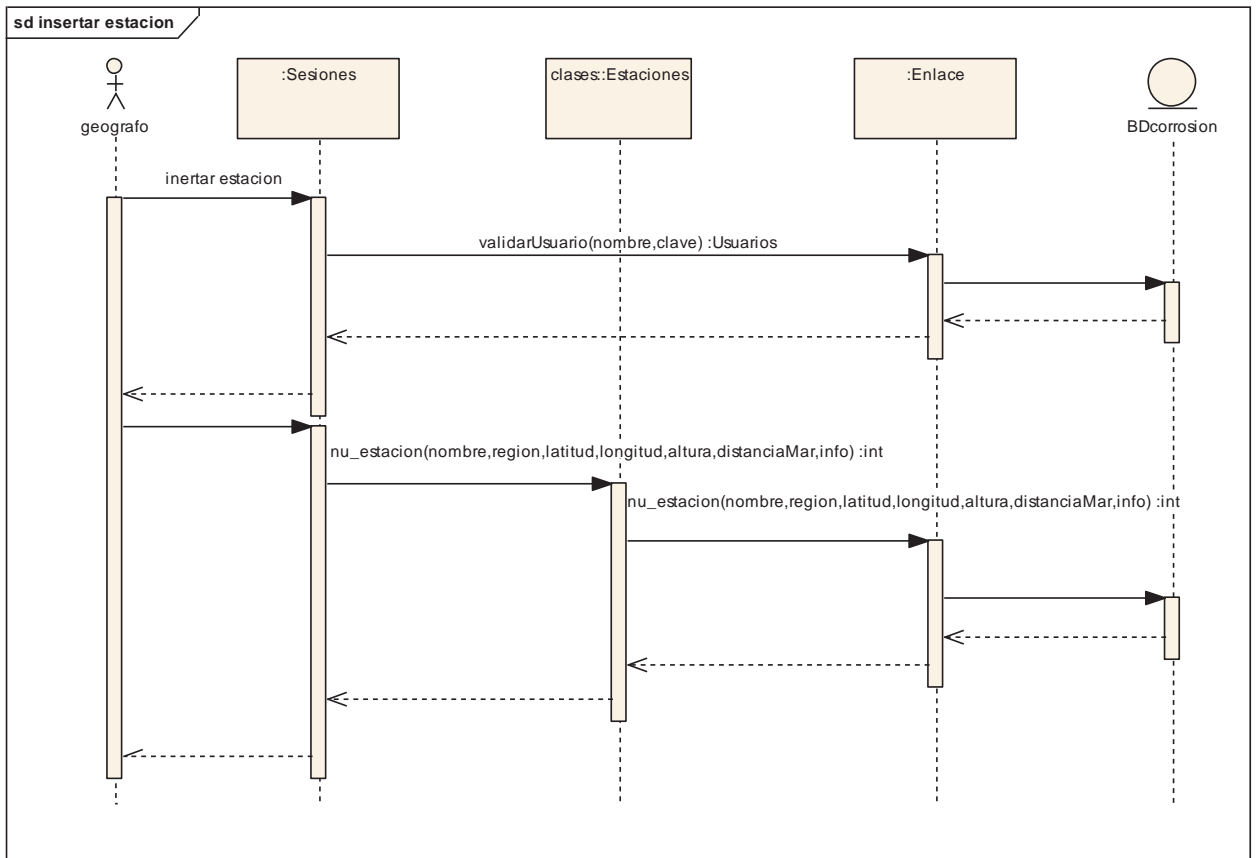
6.6.1.13 Diagrama de secuencia: Obtener información de corrosión / Error al desplegar información

Por último puede ocurrir un error inesperado cuando se desee desplegar la información referente a las estaciones del proyecto, este problema es capturado en el siguiente diagrama.



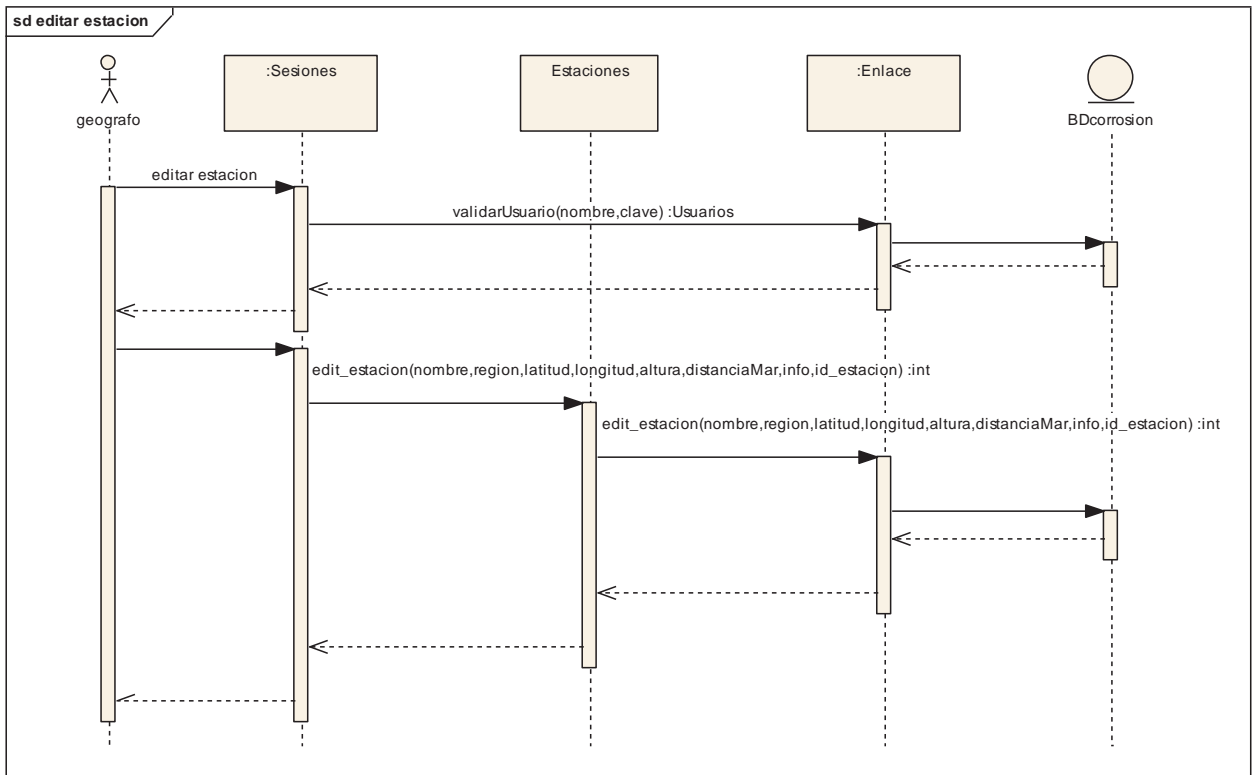
6.6.1.14 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Ingresar estación.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se ingresa una nueva estación al sistema, sin complicaciones.



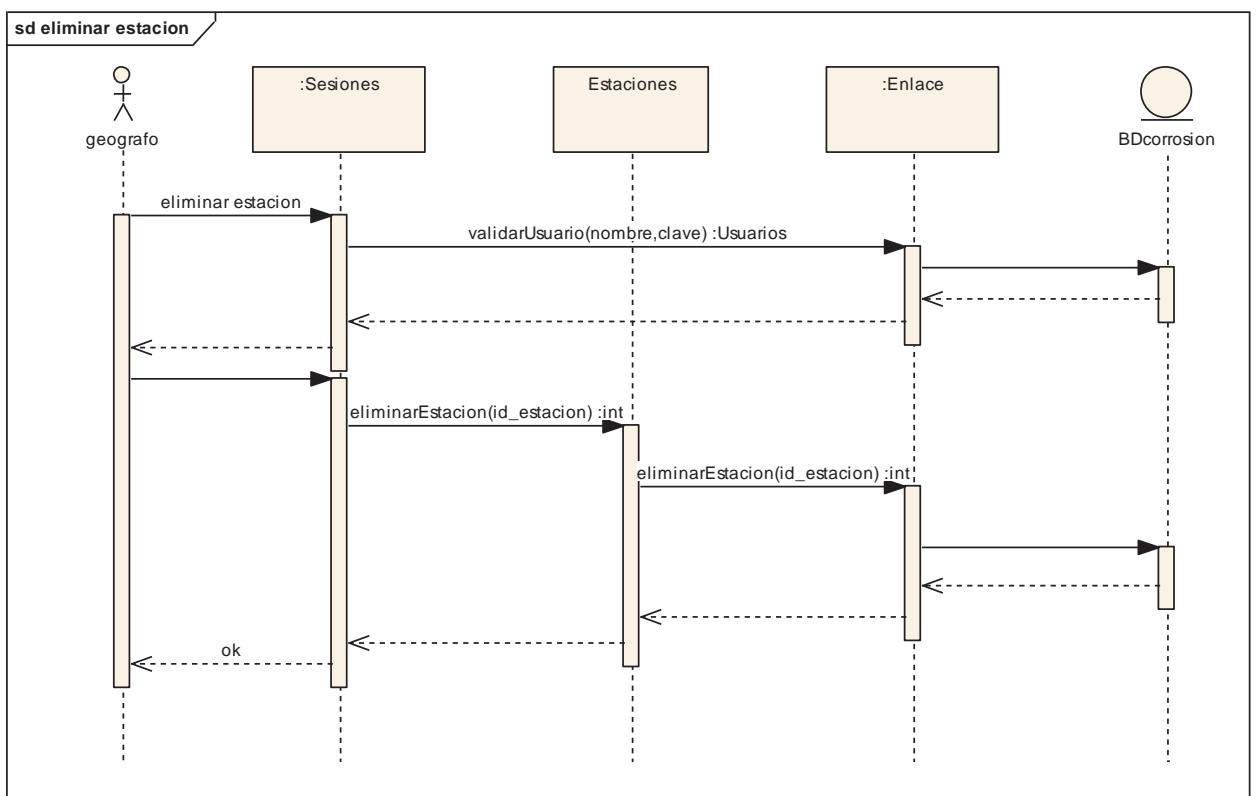
6.6.1.15 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar estación.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se edita una estación del sistema, sin complicaciones.



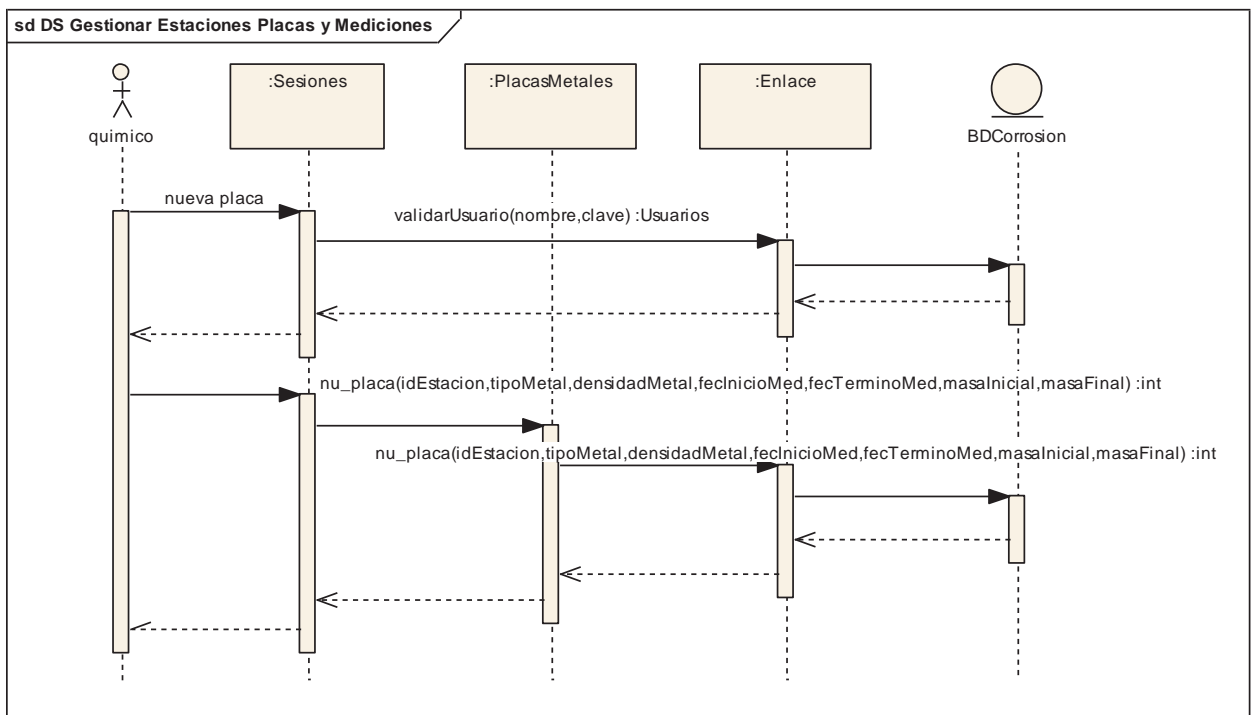
6.6.1.16 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar estación.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se elimina una estación del sistema, sin complicaciones.



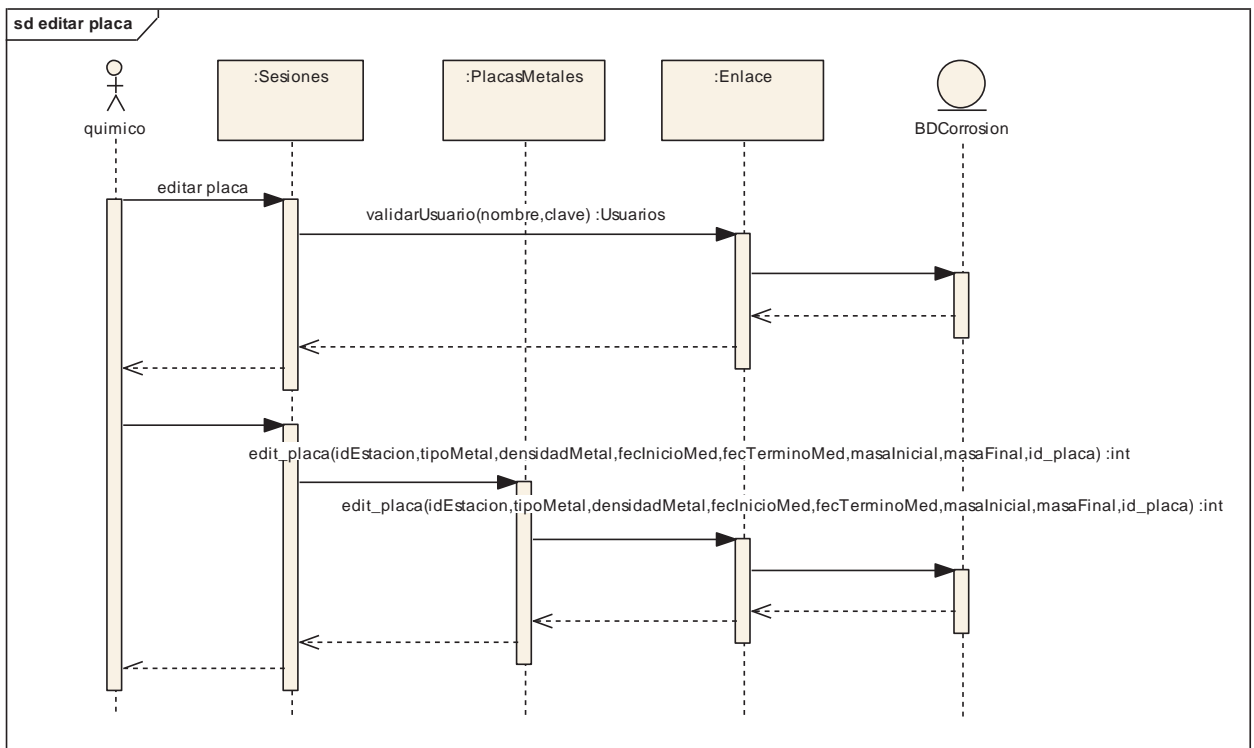
6.6.1.17 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Insertar Placa.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se inserta una nueva placa en el sistema, sin complicaciones.



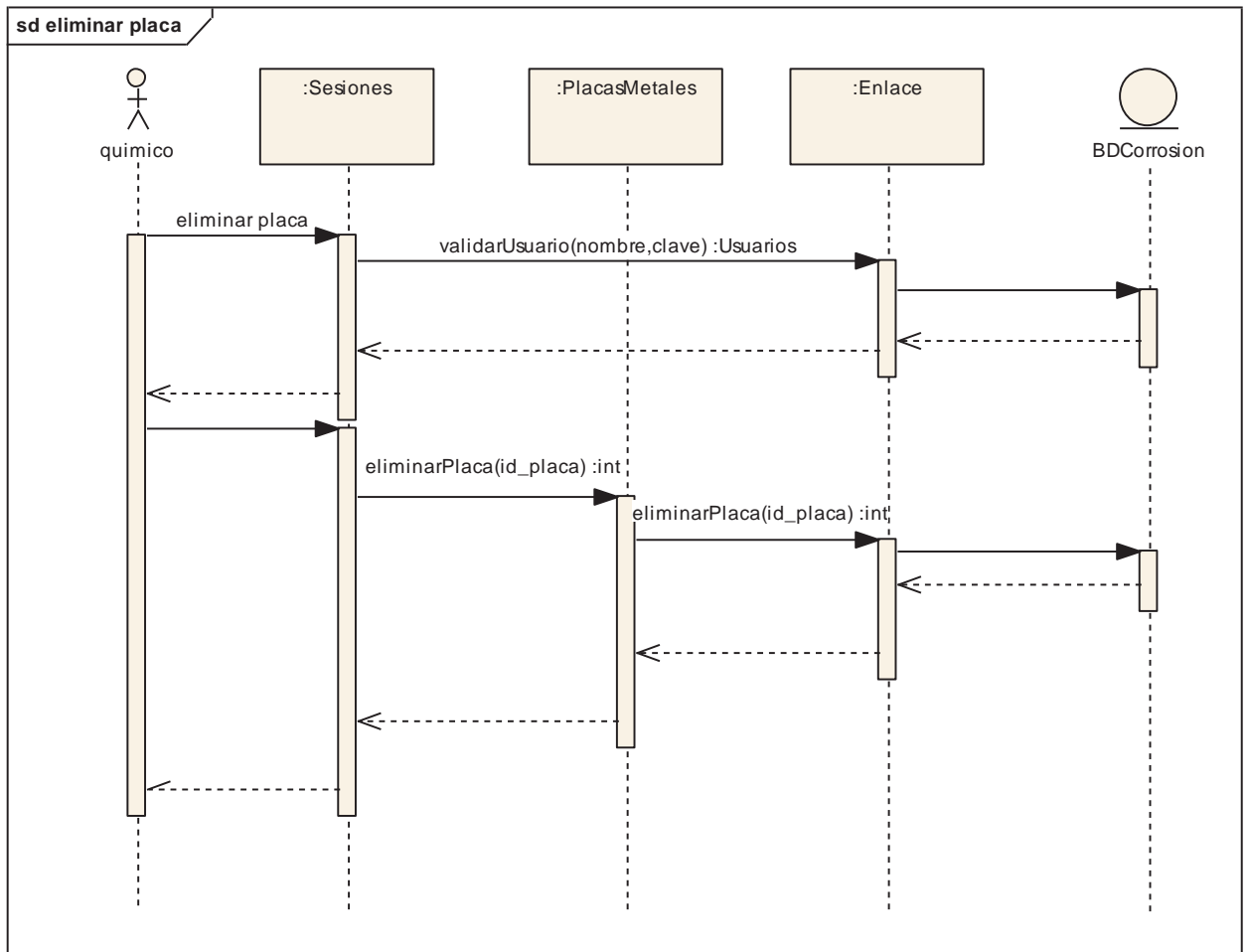
6.6.1.18 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar Placa.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se edita una placa en el sistema, sin complicaciones.



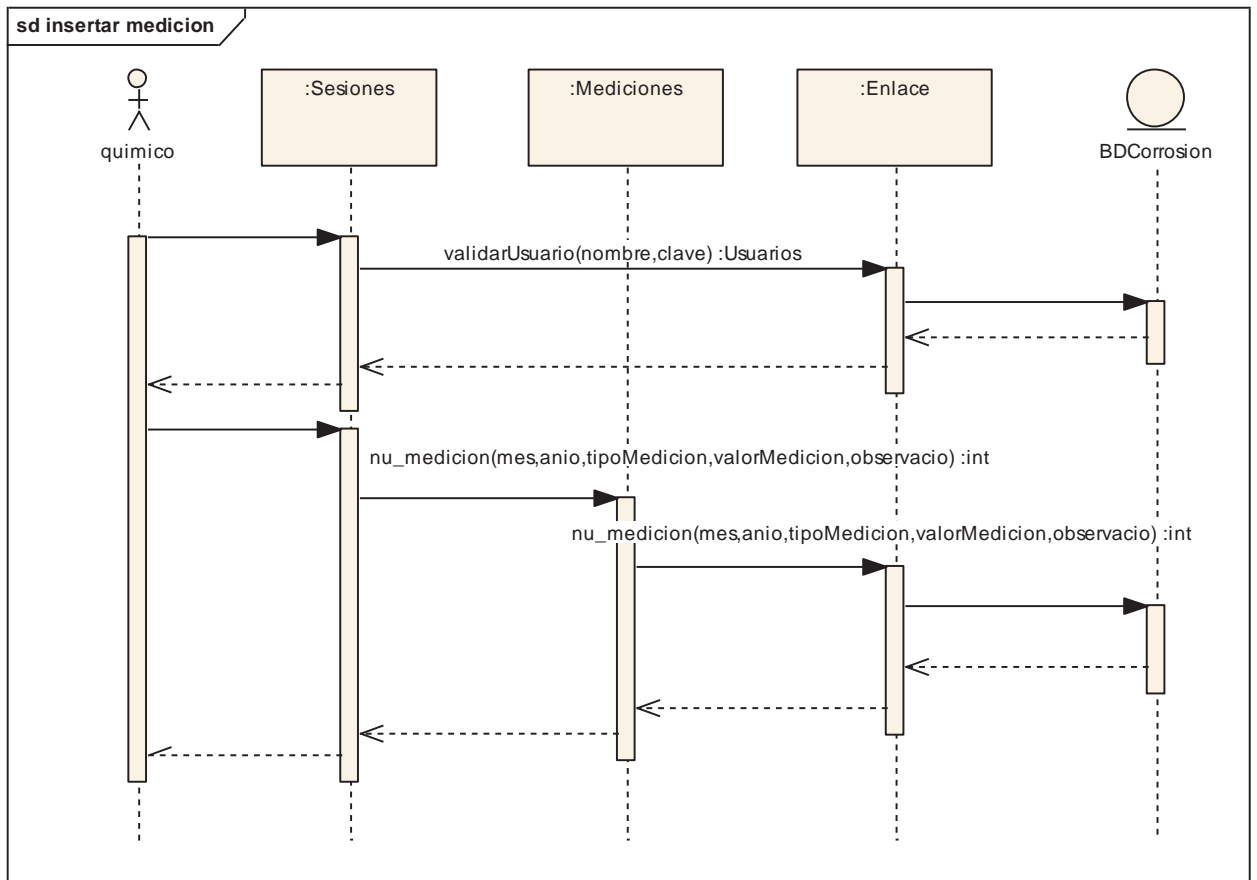
6.6.1.19 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar Placa.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se elimina una placa en el sistema, sin complicaciones.



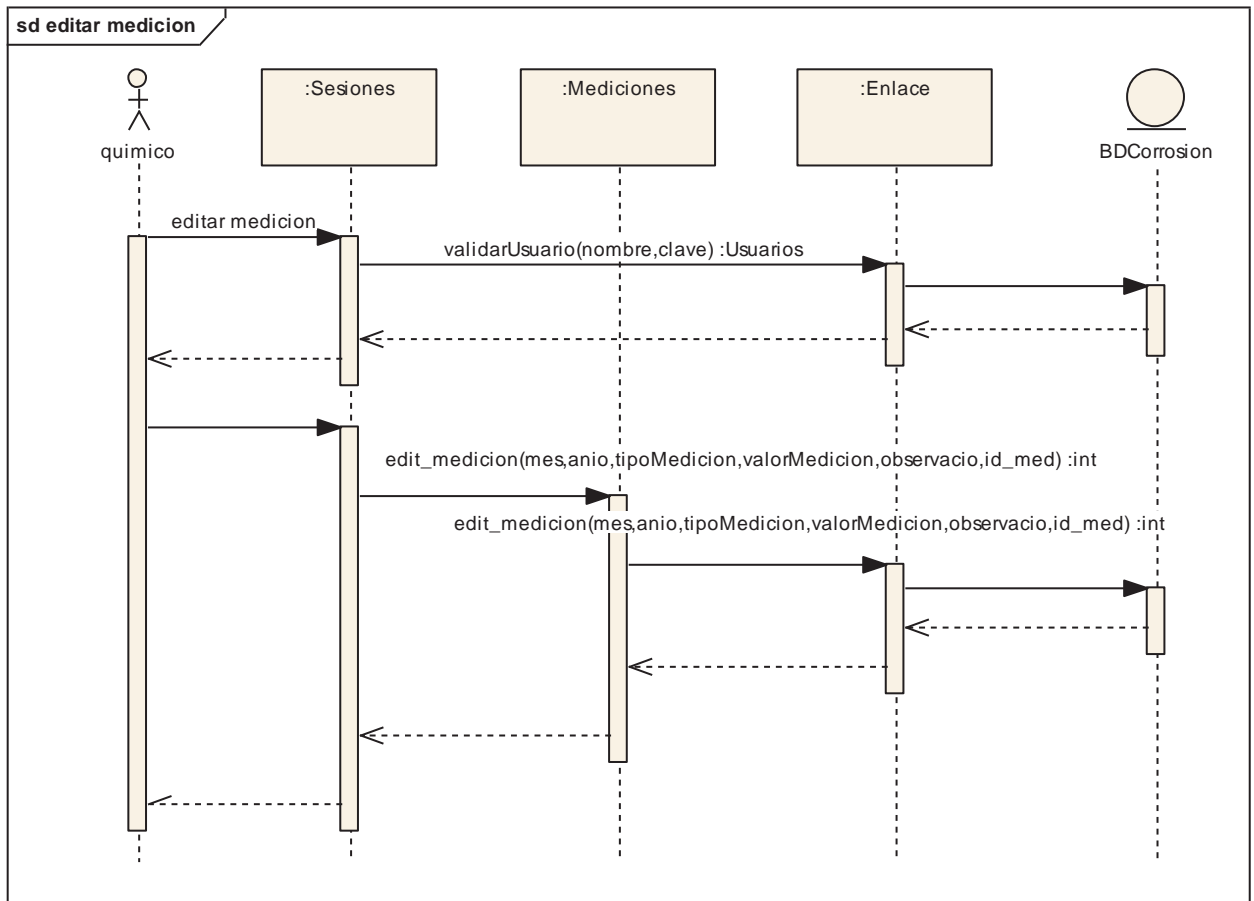
6.6.1.20 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Insertar Medición.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se ingresa una nueva medición al sistema, sin complicaciones.



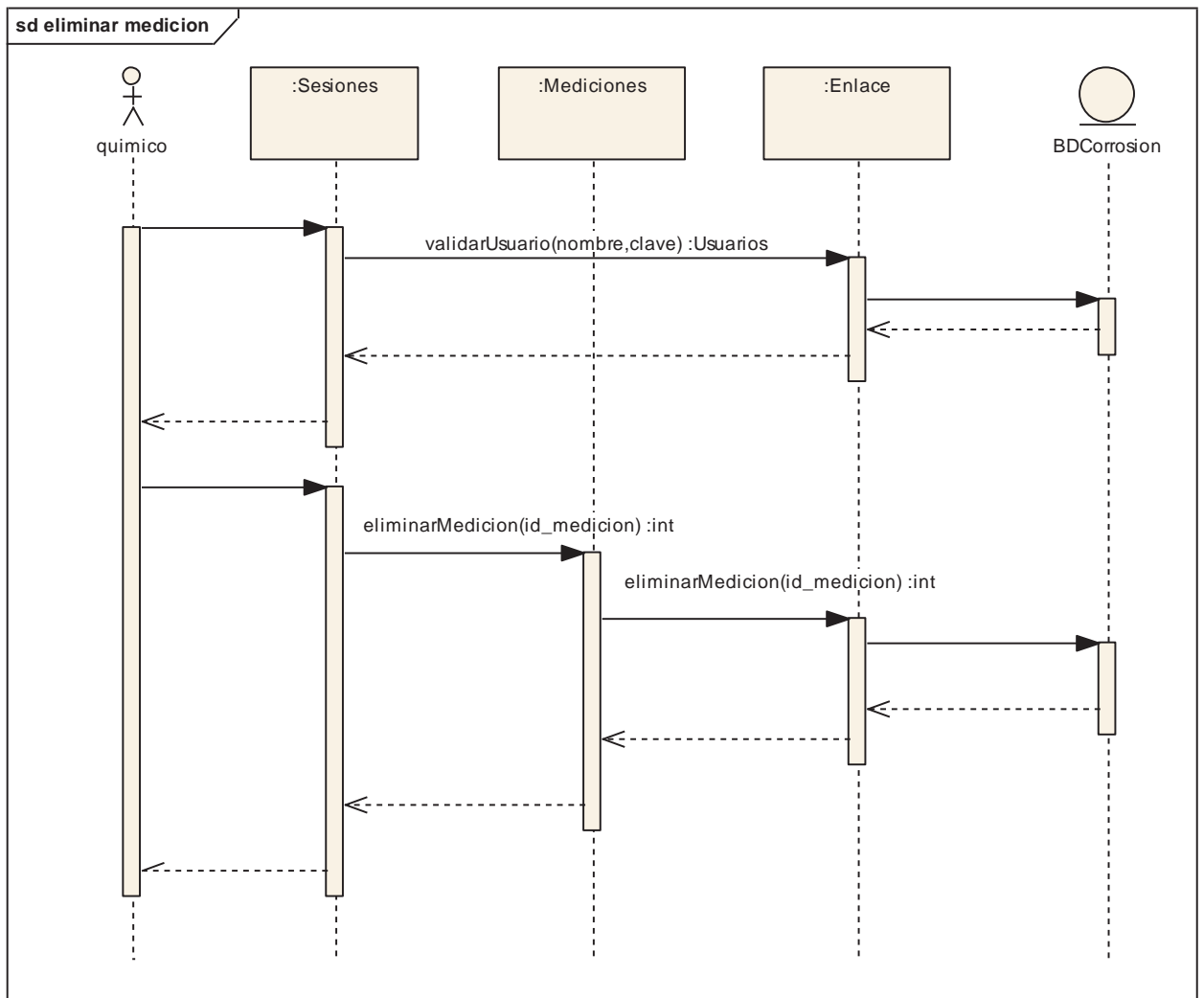
6.6.1.21 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Editar Medición.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se edita una medición de una estación, sin complicaciones.



6.6.1.22 Diagrama de secuencia: Gestionar estaciones placas y mediciones / Eliminar Medición.

El siguiente diagrama refleja el proceso en el que se elimina una medición de una estación, sin complicaciones.

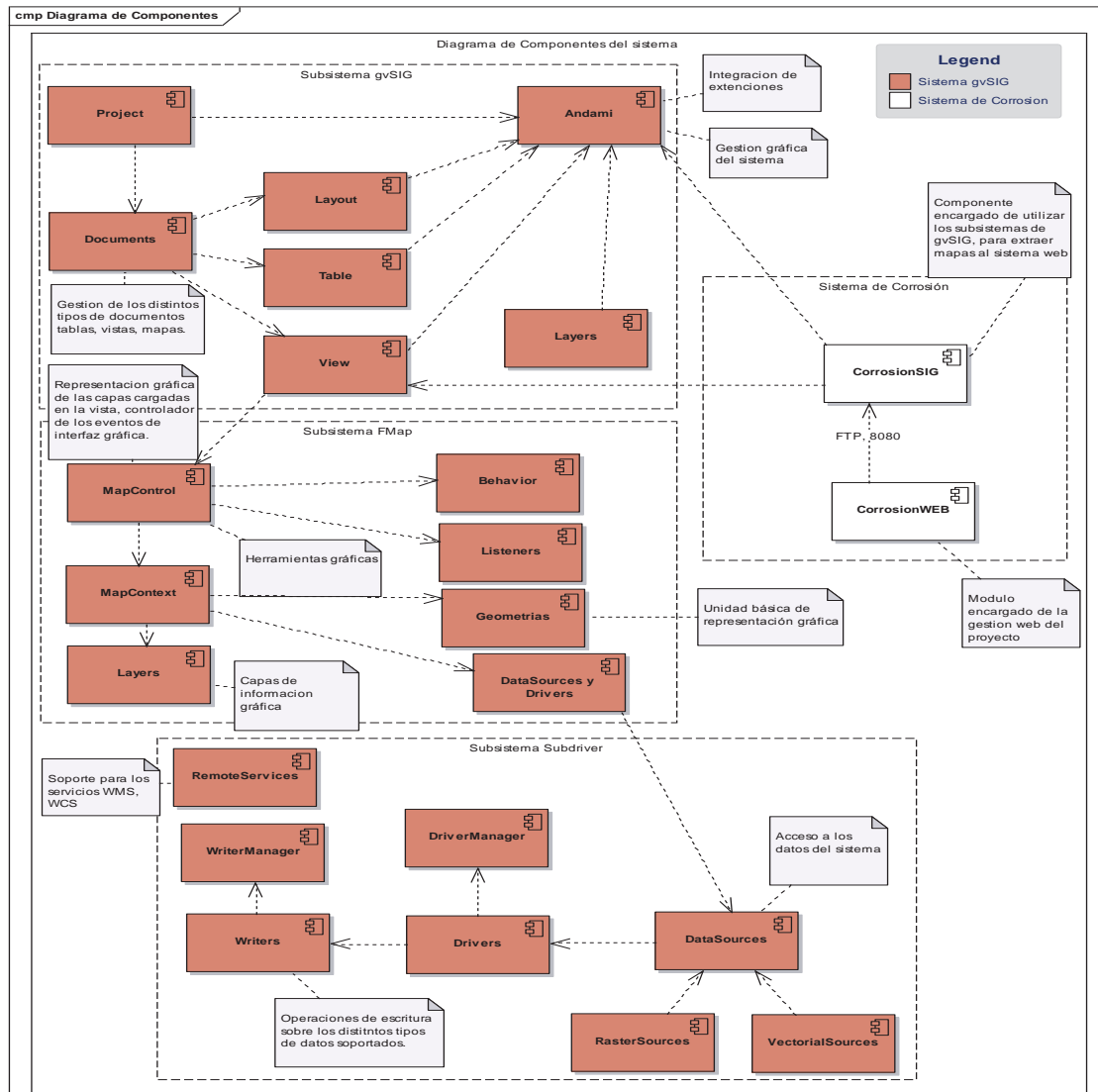


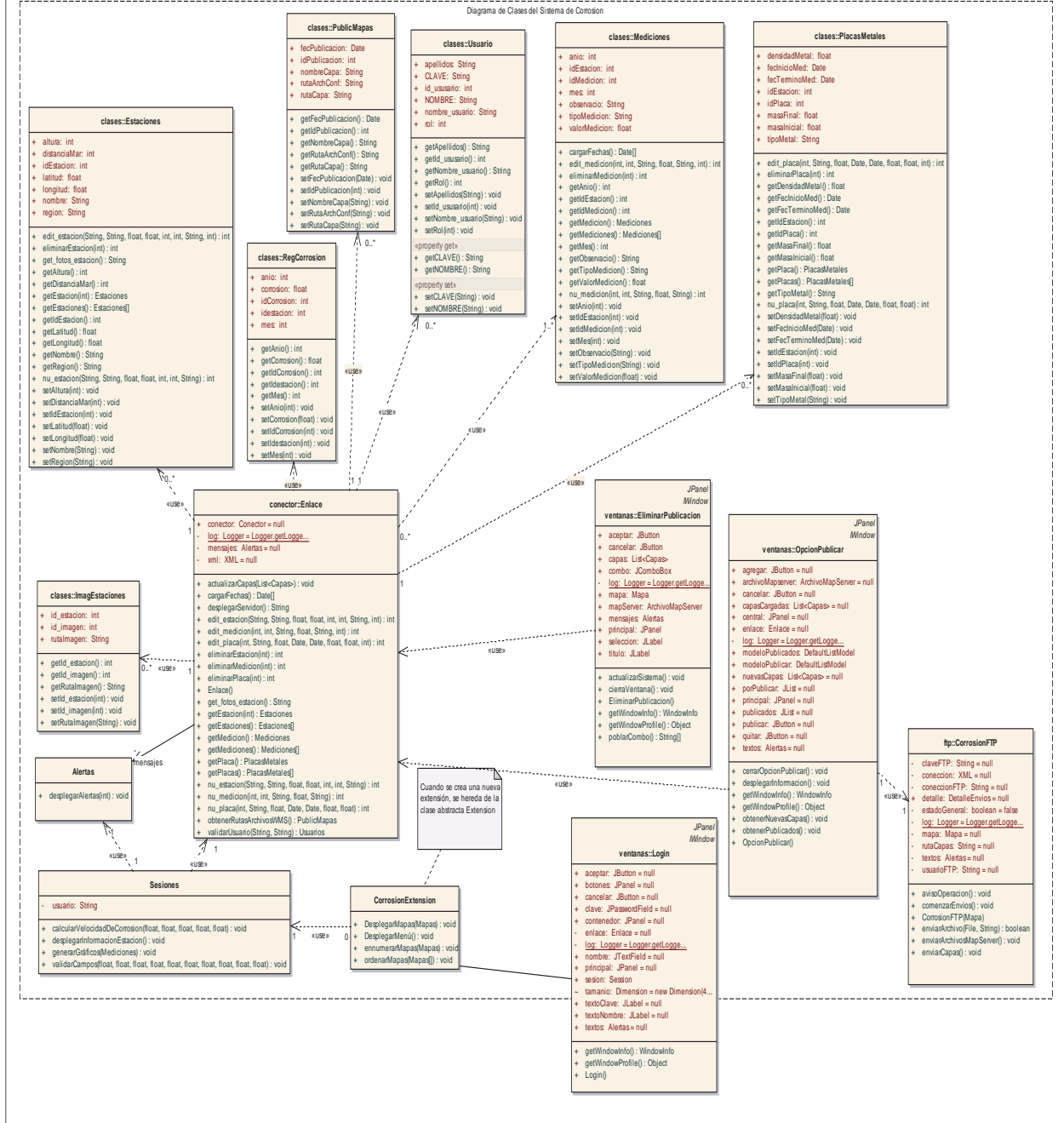
6.6.2 Diagrama de componentes

Este diagrama representa la encapsulación de todas las funcionalidades que utiliza el sistema en componentes, los que a su vez se encuentran relacionados para lograr el funcionamiento correcto de la aplicación en desarrollo. Cabe destacar que se encuentran contemplados también los subsistemas propios de la aplicación gvSIG, muchos de los cuales no han sido alterados, solamente se utilizan sus servicios.

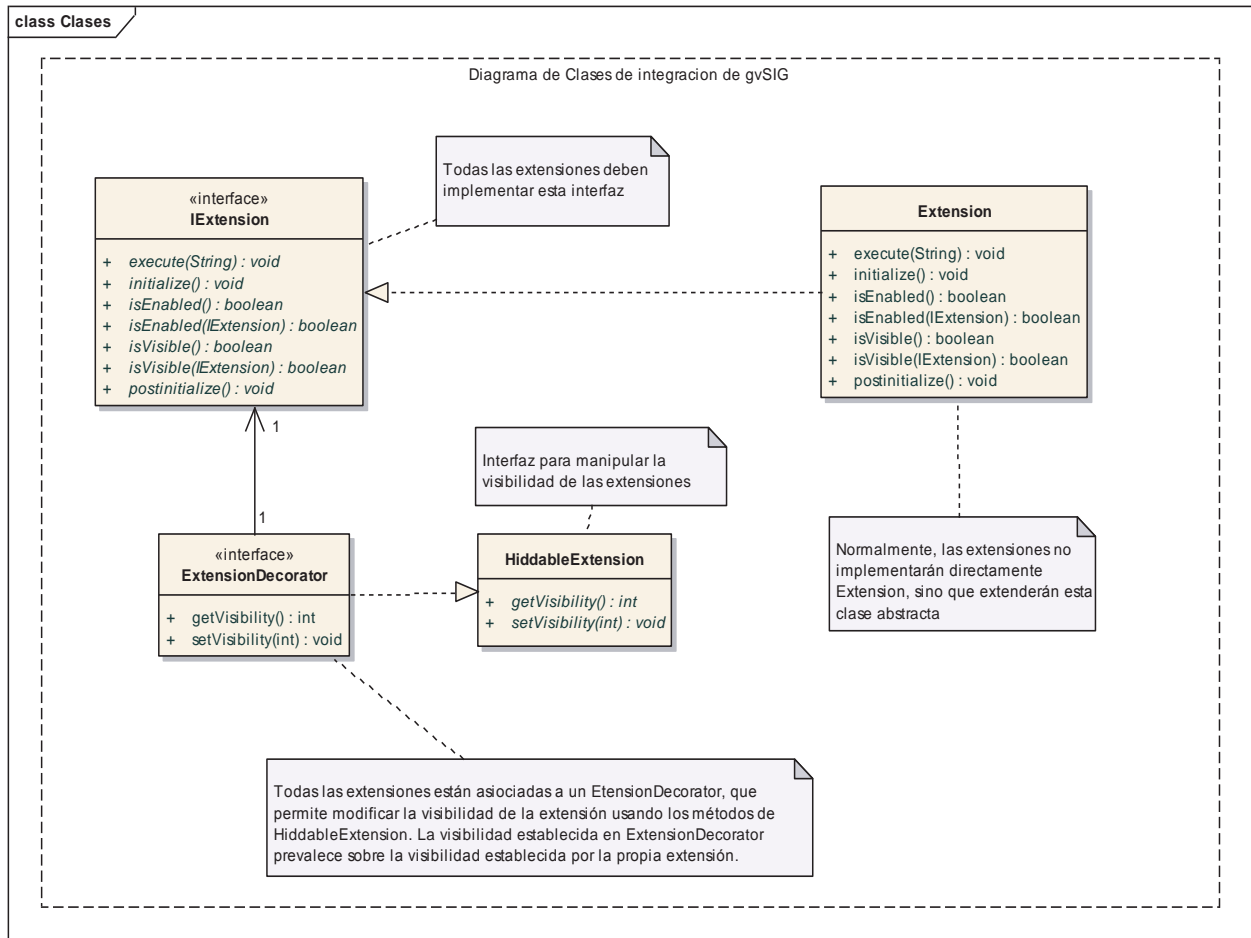
6.6.3 Diagrama de Clases

Este diagrama, representa las principales clases que permitirán el desarrollo del proyecto mediante la interacción de éstas. Este modelo se utilizará tanto para el desarrollo de la aplicación gvSIG como para el desarrollo de la aplicación web.



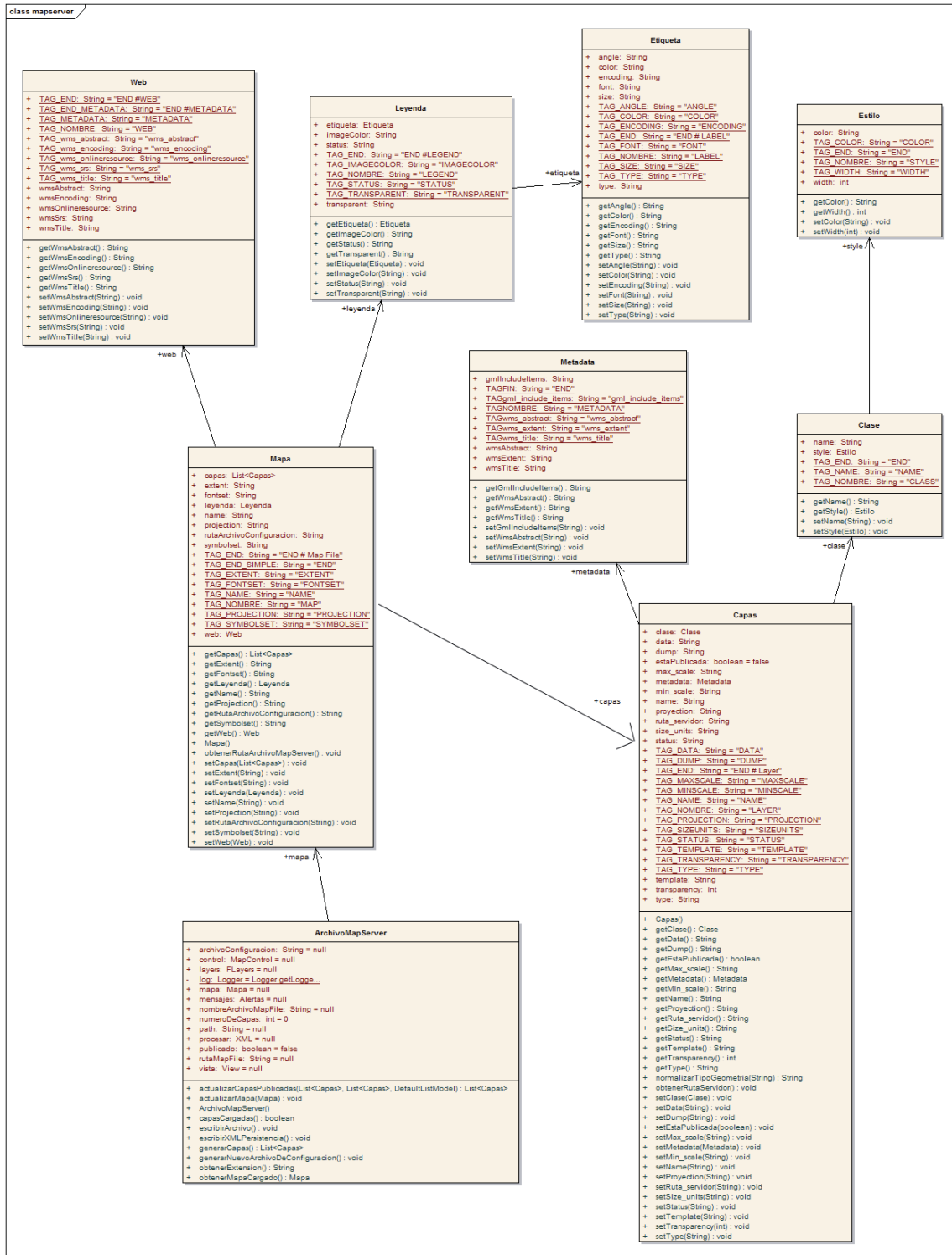


El siguiente diagrama representa una extensión del diagrama de clases anterior, ésta posee diseñada las clases necesarias para lograr la comunicación entre el sistema original de gvSIG y la extensión que se realizará para adaptar y utilizar el sistema, en el presente proyecto.



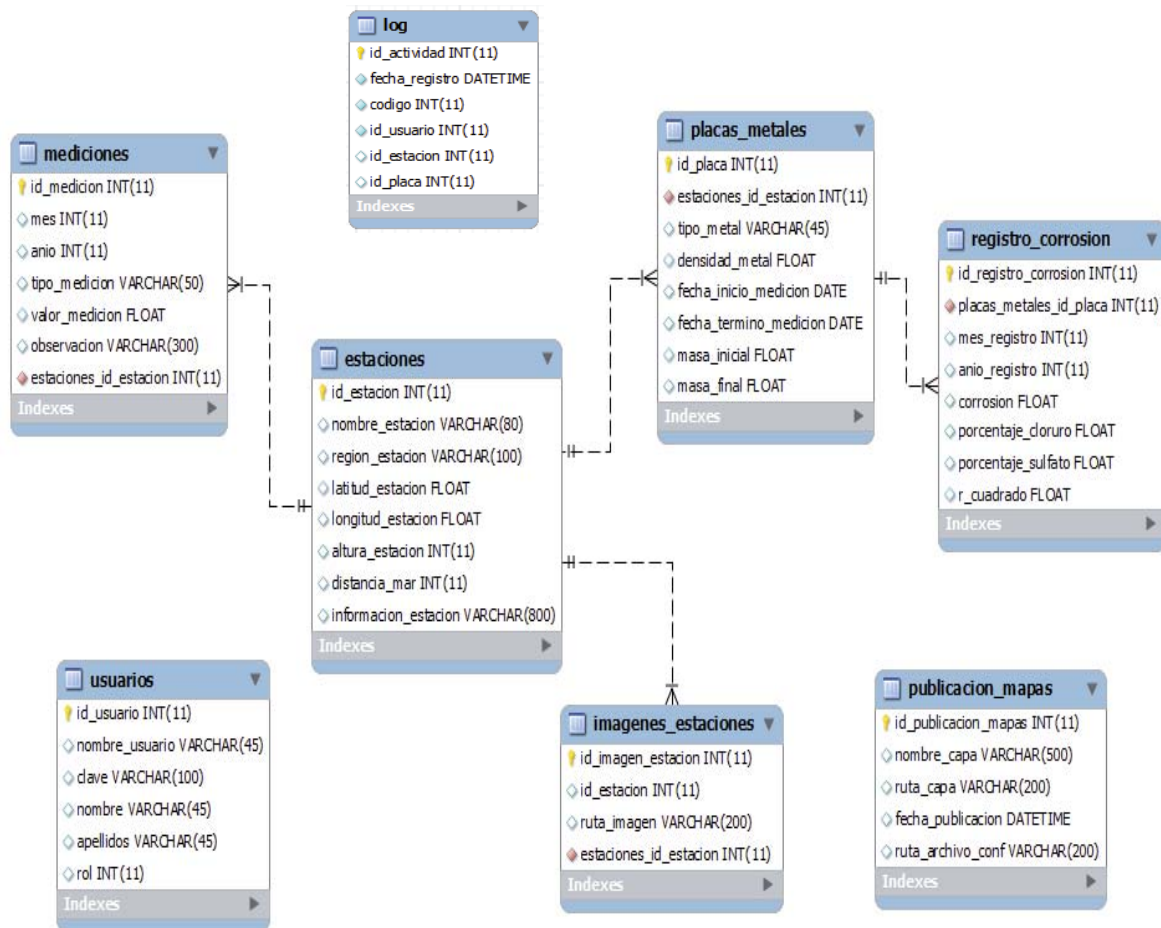
En donde la clase CorrosiónExtensión se comunica con la clase Extension. Ésta es la conexión entre la herramienta gvSIG y el sistema externo.

El siguiente diagrama de clases representa la estructura que permite generar el archivo de configuración del servidor de mapas web.



6.6.4 Modelo de Datos

Para que toda aplicación permita el buen manejo, seguridad e integridad de la información, siempre es recomendable delegar esta responsabilidad a un sistema de persistencia de datos. Es por ello que este proyecto también posee estas características. A continuación se presenta el modelo relacional que manejará la información en el sistema:



Las siguientes tablas representan las definiciones y los significados de cada uno de los componentes a almacenar en el sistema de persistencia de datos.

USUARIO					
Descripción Tabla	Almacena todos los usuarios autorizados del sistema.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato - Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
CLAVE	Clave del usuario en el sistema.	Varchar(15)	No	Si	-
NOMBRE	Nombre del usuario.	Varchar(50)	No	-	-

IMAG_ESTACIONES					
Descripción Tabla	Almacena toda la información de las imágenes asociadas a cada estación.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato - Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_IMAGEN	Identificador de la imagen.	Integer	No	Si	-
ID_ESTACION	Identificador de la estación a la cual pertenece la imagen.	Integer	No	-	Si
RUTA_IMAGEN	Ruta del servidor web, en donde se encuentra almacenada la imagen.	Varchar(150)	No	-	-

PUBLIC_MAPAS					
Descripción Tabla	Almacena la información que permite identificar los mapas publicados por el sistema.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_PUBLICACION	Identificador del mapa publicado.	Integer	No	Si	-
NOMBRE_CAPA	Nombre de la capa.	Varchar(50)	No	-	-
RUTA_CAPA	Ruta en donde se encuentra la capa.	Varchar(150)	No	-	-
FEC_PUBLICACION	Última actualización.	Date	No	-	-
RUTA_ARCH_CONF	Ruta del archivo de configuración responsable.	Varchar(150)	No	-	-

REGISTRO_CORROSION					
Descripción Tabla	Almacena los registros referentes a una medición de corrosión ingresada al sistema.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_REGISTRO_CORROSION	Identificador del registro.	Integer	No	Si	-
ID_PLACA	Identificador de la placa a la que pertenece la medición	Integer	No	-	Si
MES_REGISTRO	Mes en que se realizó el registro.	Integer	No	-	-

ANIO_REGISTRO	Año en el que se realizó el registro.	Integer	No	-	-
CORROSION	Índice de la corrosión registrada.	Float	No	-	-
PORCENTAJE_CLORURO	Porcentaje de influencia del cloruro en la medición de corrosión	Integer	No	-	-
PORCENTAJE_SULFATO	Porcentaje de influencia del sulfato en la medición de corrosión	Integer	No	-	-
R_CUADRADO	Coefficiente que pondera los porcentajes anteriores	Integer	No	-	-

ESTACIONES					
Descripción Tabla	Mantiene el registro de todas las estaciones registradas para la realización del proyecto.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_ESTACION	Identificador de la estación.	Integer	No	Si	-
NOMBRE_ESTACION	Nombre de la estación.	Varchar(100)	No	-	-
REGION_ESTACION	Región a la cual pertenece.	Varchar(100)	No	-	-

LATITUD_ESTACION	Latitud geográfica en donde se encuentra posicionada.	Float	No	-	-
LONGITUD_ESTACION	Longitud geográfica en donde se encuentra posicionada.	Float	No	-	-
ALTURA_ESTACION	Altura a la que se encuentra la estación.	Integer	No	-	-
DISTANCIA_MAR	Distancia a la que se encuentra la estación del mar.	Float	No	-	-
INFORMACION_ESTACION	Información adicional de la estación	Varchar(800)	Si	-	-

PLACAS METALES					
Descripción Tabla	Mantiene el registro de los metales que pertenecen a cada estación del proyecto.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_PLACA	Identificador de la placa.	Integer	No	Si	-
ID_ESTACION	Identificador de la estación a la que pertenece.	Integer	No	-	Si
TIPO_METAL	Nombre del metal.	Varchar(50)	No	-	-
DENSIDAD_METAL	Densidad con la que se comienzan las	Float	No	-	-

	pruebas.				
FEC_INICIO_MED	Fecha de inicio de las mediciones.	Date	No	-	-
FEC_TERMINO_MED	Fecha de término de las mediciones.	Date	No	-	-
MASA_INICIAL	Masa con la cual comienzan las mediciones	Float	No	-	-
MASA_FINAL	Masa con la cual terminan las mediciones.	Float	No	-	-

MEDICIONES					
Descripción Tabla	Registra las mediciones realizadas a cada estación.				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_MEDICION	Identificador del registro.	Integer	No	Si	-
ID_ESTACION	Identificador de la estación asociada.	Integer	No	-	Si
MES	Mes de la medición.	Integer	No	-	-
ANIO	Año de la medición.	Integer	No	-	-
TIPO_MEDICION	Tipo de medición realizada: NaCl,So2,THD	Varchar(50)	No	-	-
VALOR_MEDICION	Valor registrado por la medición.	Float	No	-	-

OBSERVACION		Varchar(150)	No	-	-

LOG					
Descripción Tabla	Almacena todos los movimientos realizados en el sistema				
Nombre Campo	Descripción	Tipo Dato – Largo	Acepta Nulos	Llave primaria.	Llave foránea.
ID_ACTIVIDAD	Identificador del registro.	Integer	No	Si	-
FECHA_REGISTRO	Fecha del registro.	Date	No	-	-
CODIGO	Código de la acción registrada.	Integer	No	-	-
ID_USUARIO	Identificador del usuario registrado.	Integer	No	-	-
ID_ESTACION	Identificador de la estación.	Integer	Si	-	-
ID_PLACA	Identificador de la placa registrada.	Integer	Si		

Capítulo 7: Prototipos del producto final

Durante el desarrollo de esta etapa del proyecto, se han desarrollado 2 prototipos, con el objetivo de plasmar en código las ideas planeadas, y validar conceptos, especialmente referidos a la experiencia del usuario con el sitio presentado.

Al analizar el maquetado del sitio se presentó la necesidad de mostrar un mapa de Chile, en el cual se incluyeran las estaciones de medición como pequeños puntos que denotarían el espacio físico donde se encuentran. Se debía elegir la posición en la cual se desplegaría el mapa, y en el primer prototipo se decidió colocarlo de manera horizontal, para ocupar menos espacio en la página, y permitir que el usuario pudiese ver todos los contenidos de la misma sin tener que navegar dentro de la página.

Al hacer click en cada 'estación', se desplegaría la información de ésta en los cuadros ubicados sobre el mapa, incluyendo el gráfico de torta, sus mediciones y pequeños mapas que muestran con mejor detalle la ubicación de la estación, incluyendo varias capas que representen: mapas de climas, de vientos, relieve, etc.

Para el desarrollo del prototipo se utilizaron las herramientas descritas en este informe, y el código fuente se escribió en HTML+Javascript+CSS. El código PHP se incluirá en el desarrollo final del proyecto, debido a que implica la implementación del modelo de datos en una base de datos y el desarrollo de los módulos pertenecientes a gvSIG, los cuales no forman parte del prototipo.

A continuación se presenta una captura de pantalla del prototipo n° 1.

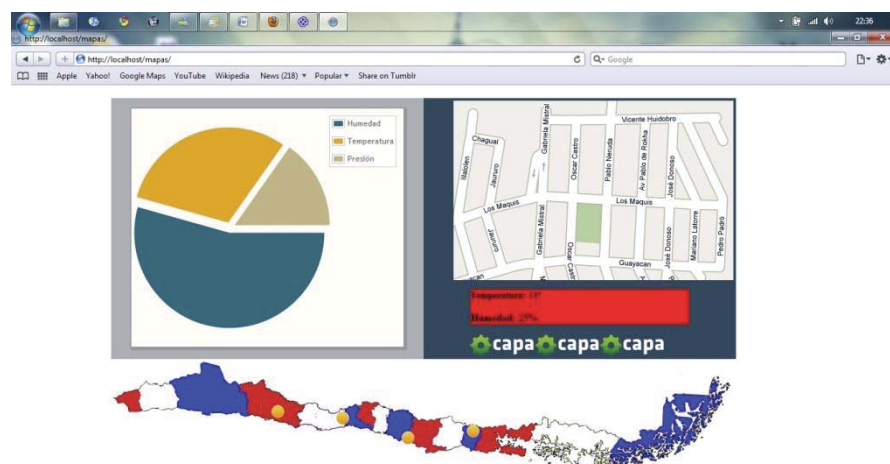


Figura 7.1 Prototipo n°1

A este prototipo se le criticó el excesivo tamaño de las imágenes y textos, aun cuando se consideró un buen prototipo, que cumplía con los requerimientos hechos y con la idea del producto final.

De todas formas, se solicitó el desarrollo de un nuevo prototipo, para probar otra disposición de los contenedores de información, y particularmente, la disposición del mapa territorial. Se solicitó que se dividiera el mapa de Chile en 2 partes, pero esta idea se descartó durante el proceso de desarrollo, por un asunto práctico: El hecho de insertar los puntos en 2 mapas distintos podría traer complicaciones respecto al posicionamiento de los puntos, puesto que el cálculo para transformar latitudes y longitudes a pixeles efectivos resulta casi imposible. Por lo anterior, se decidió colocar el mapa de Chile, en su totalidad, a la izquierda dentro de la página.

En este prototipo se contó con mayor información de referencia sobre el proyecto, y con nuevas herramientas, referentes al trato de imágenes. Se comenzó a definir además la interacción de la herramienta SIG escogida, gvSIG, dentro del producto final. Se decidió que los puntos insertados dentro del mapa, además de las imágenes relacionadas a cada estación se cargarán desde la herramienta. El resto de la información se cargará desde la base de datos.

A continuación se presentan las capturas de pantalla pertenecientes al segundo prototipo.

The screenshot displays a web page with the following content:

Mapas de corrosión atmosférica

Proyecto Innova Corfo - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

ANTECEDENTES DEL PROYECTO
Código: 09CN14-5879
Nombre: Construcción De Mapas De Corrosividad Atmosférica De Chile Para Los Metales Y Aleaciones De Mayor Interés Tecnológico, Que Permitan Seleccionar De Manera Óptima Los Materiales A Utilizar En Las Diferentes Zonas Ambientales Del País
Desarrollador: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.
Construir mapas de índice de agresividad atmosférica y de corrosividad atmosférica, basado en la agresividad ambiental, para los metales o aleaciones que, en su conjunto, constituyen los de mayor interés tecnológico: acero, cobre, aluminio y acero galvanizado, con el fin de seleccionar de manera óptima los materiales a utilizar en estructuras metálicas en diferentes zonas ambientales del país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar el territorio nacional en distintas zonas geográficas en base a la agresividad atmosférica (norma ISO 9223), considerando la información meteorológica existente (temperatura, humedad relativa, tiempo de humidificación) y la medición de contaminantes atmosféricos (cloruro y dióxido de azufre), como también, de la cantidad de lluvia caída, velocidad del viento y radiación solar.
- Identificar el efecto de la corrosión en el comportamiento mecánico de los materiales, evaluado a través de su tenacidad.
- Proponer modelos que relacionen la velocidad de corrosión de los diferentes metales y aleaciones bajo estudio, con las variables meteorológicas y de contaminación.
- Construir mapas de corrosividad atmosférica para cada metal y aleación en estudio, en base a la velocidad de corrosión obtenida en las estaciones de ensayo seleccionadas según índice de agresividad (norma ISO 9228).
- Proponer las bases para especificaciones técnicas en el control y prevención de la corrosión atmosférica.

Figura 7.2 Prototipo2 – Página de inicio

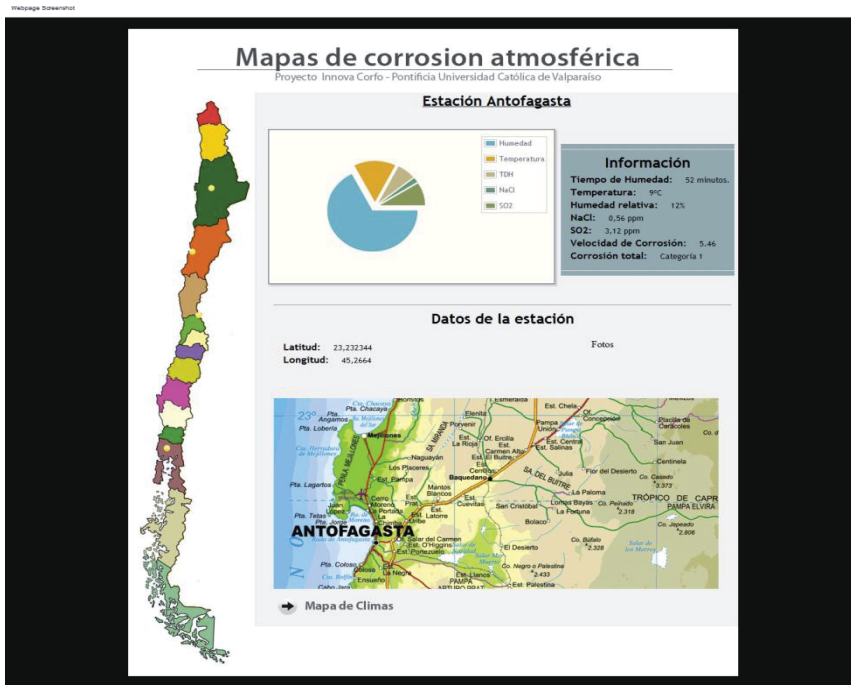


Figura 7.3 Prototipo2 – Información de una estación.

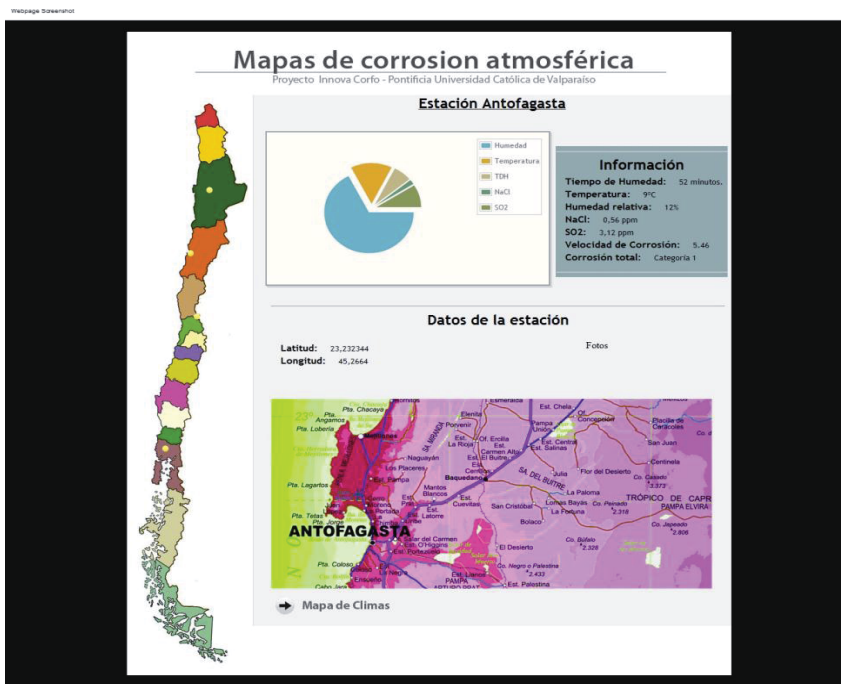


Figura 7.4 Prototipo2 – Tipos de mapas para una estación.

El 26 de agosto se desarrolló una reunión con el equipo del proyecto en el Campus Curauma de la Universidad, en la cual se presentó el diseño de un tercer prototipo. Los encargados del proyecto solicitaron que se utilizara un mapa completamente navegable, en vez de utilizar imágenes fijas para mostrar las estaciones y para mostrar las distintas capas. Por lo tanto, la conexión con el sistema de información geográfica debería permitir la publicación inmediata de los mapas desde la misma herramienta.

Estos mapas debían ser navegables, con capacidad de zoom y carga de capas, por lo que se determinó centrar esfuerzos en el desarrollo de tales características. La investigación confluyó en el descubrimiento y posterior implementación de varias herramientas nuevas (descritas en la sección 4.3.2) que permitirían cumplir con los requerimientos.

Entre estas herramientas se encontró a MapServer, una extensión para el servidor web Apache, que se encarga de la lectura de los archivos .map y de las capas .shp, generadas por el SIG, para su publicación en el servidor web. Además surgió Openlayers, una librería Javascript que combinada con GeoExt, una extensión de la librería ExtJs especialmente diseñada para la publicación de mapas, permitirían la navegación del mapa, y la posterior elección de capas por parte del usuario.

Además de las herramientas de publicación de mapas, se mantuvo el framework de Javascript JQuery, para la generación de los gráficos de torta asociados a cada medición realizada por las estaciones meteorológicas instaladas a lo largo del país.

Para mantener toda la información sobre las publicaciones de mapas, las rutas a los archivos .map y .shp, la información sobre los usuarios con permisos de acceso a los mantenedores de datos del sistema, y la información sobre las estaciones meteorológicas, las mediciones asociadas a cada estación y los cálculos de la corrosión de cada estación, se implementó una base de datos MySQL con tales fines. Al lenguaje de etiquetado HTML y las hojas de estilo CSS se les añadió el procesamiento del lado del servidor con scripts en PHP, para generar las consultas a la base de datos, mantener las variables de sesión y la recolección de la información para que las librerías de Javascript pudieran presentar la información al usuario.

Este prototipo y corresponde al más cercano al producto final, integrando de manera preliminar el sistema de información geográfica y la publicación de mapas desde la herramienta al entorno web.

De acuerdo a la elección de prototipos evolutivos, se debe acotar que aun cuando las interfaces de los tres prototipos son diferentes, los prototipos previos no se consideran como desechables pues todos contienen el mismo concepto y en buena parte, el mismo código, como por ejemplo la generación de los gráficos de torta.

A continuación se presentan las capturas de pantalla pertenecientes al prototipo n° 3:



Fig 7.5 Prototipo 3 – Página de inicio. Mapa Navegable

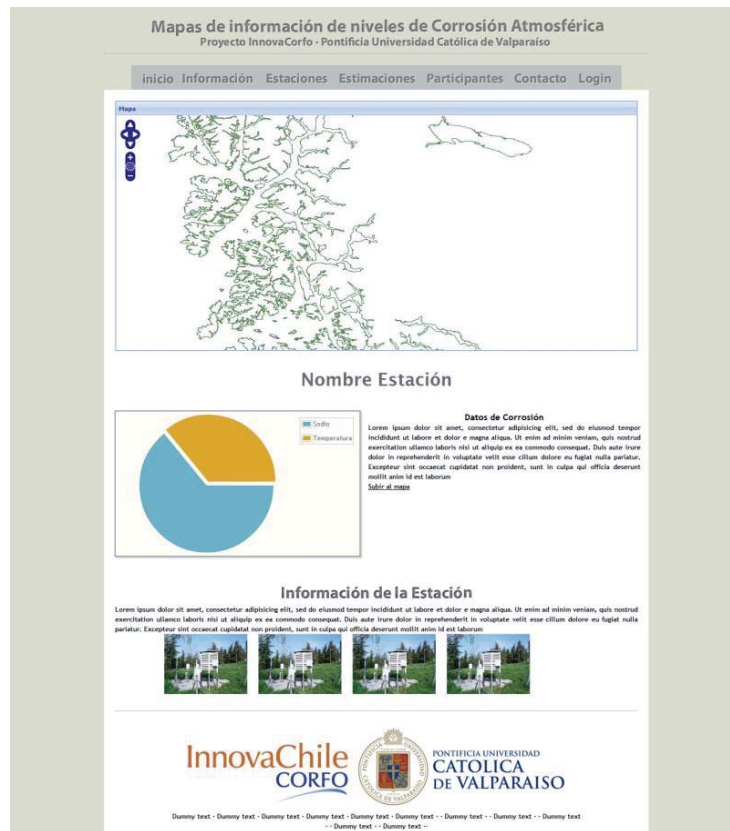


Fig 7.6 Prototipo 3 – Página de inicio. Información de una estación



Fig 7.7 Prototipo 3 – Ingreso a mantenedores de datos para personal autorizado.

Capítulo 8: Producto Final

Para la última versión del producto, es decir, la última iteración de prototipos hasta la fecha, se decidió realizar una evolución del último prototipo, manteniendo gran parte de sus funcionalidades y estilo visual.

El trabajo se desarrolló paralelamente, entre el entorno web y la extensión de gvSIG.

En el entorno web, la primera etapa consistió en desarrollar los módulos de administración para las dos entidades que manipularán datos en el sitio: Geógrafos y Químicos. Esto involucró la creación de las páginas necesarias para ingresar, editar y eliminar placas, registros de corrosión, estaciones y mediciones, validando el ingreso de nuevos datos de acuerdo a los requerimientos de la capa de datos. Gran parte del sistema de validación se realiza del lado del cliente, asegurando de esta forma que todos los procedimientos almacenados y métodos reciban los datos en el formato correcto.

Por lógica del negocio, se validó del lado del servidor la no redundancia de datos, esto es: Que no puedan haber 2 mediciones de corrosión para una misma fecha/año/estación/placa, como ejemplo.

En el transcurso de lo anterior, se refinaron nuevamente el modelo de datos y de clases, para mantener la consistencia con los métodos y funcionalidades codificadas en el sistema.

La siguiente etapa consistió en presentar todos los datos que se obtienen a través de los mantenedores en la página de inicio. Esta es la funcionalidad principal del sistema, e incluyó cargar las estaciones como una capa vectorial georeferenciada dentro del mapa - que se compone de capas que también son cargadas desde la base de datos, una vez publicadas desde gvSIG con la extensión desarrollada - , cargar el conjunto de capas y asociar cada punto (estación) a un conjunto de datos desplegados inmediatamente después del mapa.

Una vez que se elige un punto (estación) dentro del mapa, se despliegan de manera automática los gráficos de corrosión/influencia de contaminantes y la información de las mediciones de cloruro, sulfato y los cálculos de humidificación, con la posibilidad de poder revisar cálculos anteriores según el mes/año seleccionado.

Además, se despliega información adicional de la estación, incluyendo una galería de fotos. Cabe destacar que se buscó por todos los medios hacer que la experiencia de navegación para el usuario final dentro de la página más importante del sitio no involucrara refrescos de página, lo que fue logrado a cabalidad, mejorando considerablemente la usabilidad del sitio.

Por último se trataron las páginas estáticas. La sección de estaciones se enfocaba en la información de cada estación, función que ya se había desarrollado. La página de contacto

consiste en un formulario de envío de correo por el cual los usuarios podrán realizar consultas y/o información adicional a los participantes del proyecto. Las páginas de información del proyecto y de los participantes son solo contenido html estático.

A continuación, capturas de pantalla del entorno web del producto final:



Fig 8.1 Producto final – Página de inicio entorno web.

Mapas de información de niveles de Corrosión Atmosférica
 Proyecto InnovaCorfo · Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Inicio Información Estaciones Participantes Contacto Login



Estación Copiapó

[Subir al mapa](#)

Velocidades de Corrosión

Corrosividad Acero

Junio 2010



Corrosividad Aluminio

No Hay mediciones de velocidad de corrosión de Aluminio

Cloruro Sulfato Humidificación

Elige Año 2010

Mediciones de Sulfato / 2010

Junio: 5.65
 Agosto: 7.88

Corrosividad Acero Galvanizado

Junio 2010



Corrosividad Cobre

Julio 2010



Elige Estación

Información de la Estación

Copiapó se encuentra emplazado en una zona de transición climática desde el Desértico Marginal a Estepárico cálido. Las temperaturas en verano son altas durante el día llegando a los 30 o 31 °C y superando en ocasiones los 33 °C, mientras que durante la noche en esta época del año bajan hasta llegar regularmente a los 17 °C, aproximadamente. Esta situación cambia en la época Invernal, ya que las temperaturas bajan considerablemente, produciéndose durante noche temperaturas de 4 a 8 °C y en el día sube a los 20 o 25 °C, por la altura.



InnovaChile
 CORFO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
 CATOLICA
 DE VALPARAISO

Este sitio web es parte del proyecto "Construcción de mapas de información de niveles de corrosión georeferenciales", realizado por alumnos de la Escuela de Ingeniería Informática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, durante el año 2010.

Fig 8.2 Producto final – Despliegue de información de una estación.

Mapas de información de niveles de Corrosión Atmosférica

Proyecto InnovaCorfo · Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

[Inicio](#) [Información](#) [Estaciones](#) [Participantes](#) [Contacto](#) [Login](#)

Bienvenido Esteban Varas González .Tu rol en el sistema es: Químico [Cerrar Sesión](#)

Seleccione una opción:

- » [Ingresar nueva medición](#)
- » [Ingresar nueva Placa](#)
- » [Ingresar datos de corrosión](#)
- » [Ver mediciones ingresadas](#)
- » [Ver placas ingresadas](#)
- » [Ver datos de corrosión](#)
- » [Retirar Placas](#)

InnovaChile
CORFO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Este sitio web es parte del proyecto "Construcción de mapas de información de niveles de corrosión georeferenciales", realizado por alumnos de la Escuela de Ingeniería Informática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, durante el año 2010.

Fig 8.3 Producto final – Panel de Administración para el rol Químico.

Mapas de información de niveles de Corrosión Atmosférica

Proyecto InnovaCorfo · Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

[Inicio](#) [Información](#) [Estaciones](#) [Participantes](#) [Contacto](#) [Administración](#)

[Volver](#)

Sesión de Esteban Varas González. Rol en el sistema: Químico. [Cerrar Sesión](#)

Lista de datos de corrosión

» Estación Arica: 2 mediciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Sulfato Valor: 4.11 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Agosto 2010 Tipo: Sulfato Valor: 4.11 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

» Estación Putre: 2 mediciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Cloruro Valor: 19.16 mgCl/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Agosto 2010 Tipo: Sulfato Valor: 5.39 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

» Estación Pampa Tamarugal: 2 mediciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Cloruro Valor: 41.18 mgCl/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Sulfato Valor: 3.47 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

» Estación Quilpué: 2 mediciones

Fecha: Agosto 2010 Tipo: Sulfato Valor: 5.64 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Septiembre 2010 Tipo: Sulfato Valor: 3.46 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

» Estación Antofagasta: 3 mediciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Sulfato Valor: 11.52 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Junio 2010 Tipo: Cloruro Valor: 22.73 mgCl/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

Fecha: Agosto 2010 Tipo: Sulfato Valor: 7.3 mgSO₂/m² día [Editar](#) [Eliminar](#)
Observaciones: no hay observaciones

<< | < | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | > | >>

InnovaChile
CORFO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Este sitio web es parte del proyecto "Construcción de mapas de información de niveles de corrosión georeferenciales", realizado por alumnos de la Escuela de Ingeniería Informática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, durante el año 2010.

Fig 8.4 Producto final – Listado de Mediciones de contaminantes.

Por otra parte la extensión gvSIG 1.9, fue desarrollada con el objetivo de realizar una publicación de mapas en un servidor de mapas web WMS, de manera sencilla para cualquier especialista en geografía. Para ello se desarrollaron diversos componentes especializados dentro de esta aplicación, los cuales se especificarán a continuación:

Esta extensión posee una comunicación a una base de datos MySql propia, independiente de los drivers pertenecientes a la aplicación en general, con el objetivo de lograr una mayor personalización de la extensión y así evitar problemas de versiones y configuraciones.

Posee un sistema interno de seguridad, con el objetivo de mantener la integridad de los datos del proyecto, realizando validaciones de usuario, implementando el algoritmo hash MD5.

Su funcionamiento completo está bajo las normas de desarrollo para cualquier extensión desarrollada para este software, esto quiere decir que todas las configuraciones del sistema son parametrizadas mediante la implementación de documentos XML. Así como también lo son los textos que esta aplicación despliega, todos reunidos en un documento de propiedades, con el objetivo de realizar una traducción completa cuando sea necesario.

El módulo central de esta aplicación y el más importante es el encargado del procesamiento geo-referencial. Este se encarga a grandes rasgos de obtener desde los mapas, la información necesaria para crear los archivos de configuración encargados de otorgarle la funcionalidad al servidor de mapas web. Para ello se utilizan los drivers de bajo nivel de gvSIG.

Por último se encuentra el módulo encargado de realizar el envío de datos desde cualquier fuente remota con conexión a internet, hacia el servidor mediante la utilización del protocolo de comunicación FTP.

A continuación, algunas capturas de pantalla de la extensión para gvSIG:

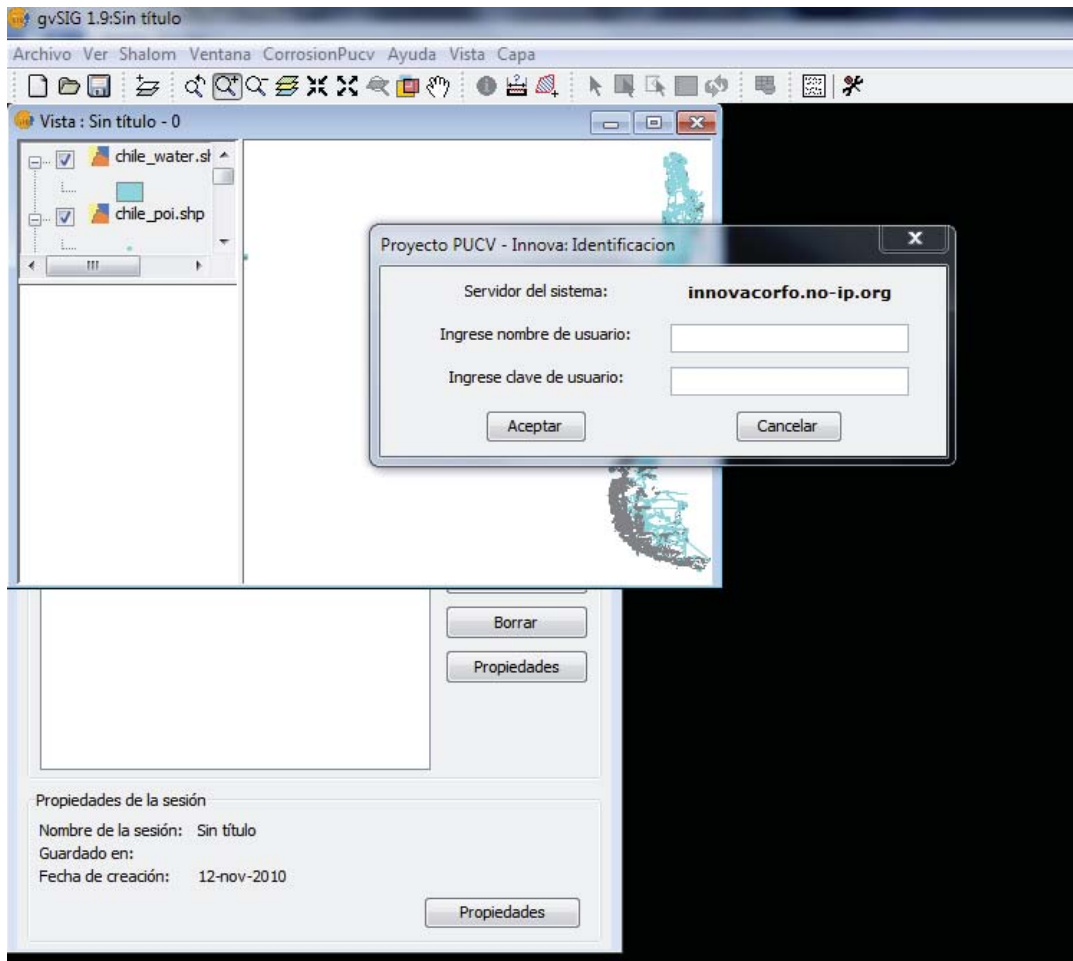


Fig 8.5 Producto final – Login de la extensión para gvSIG.

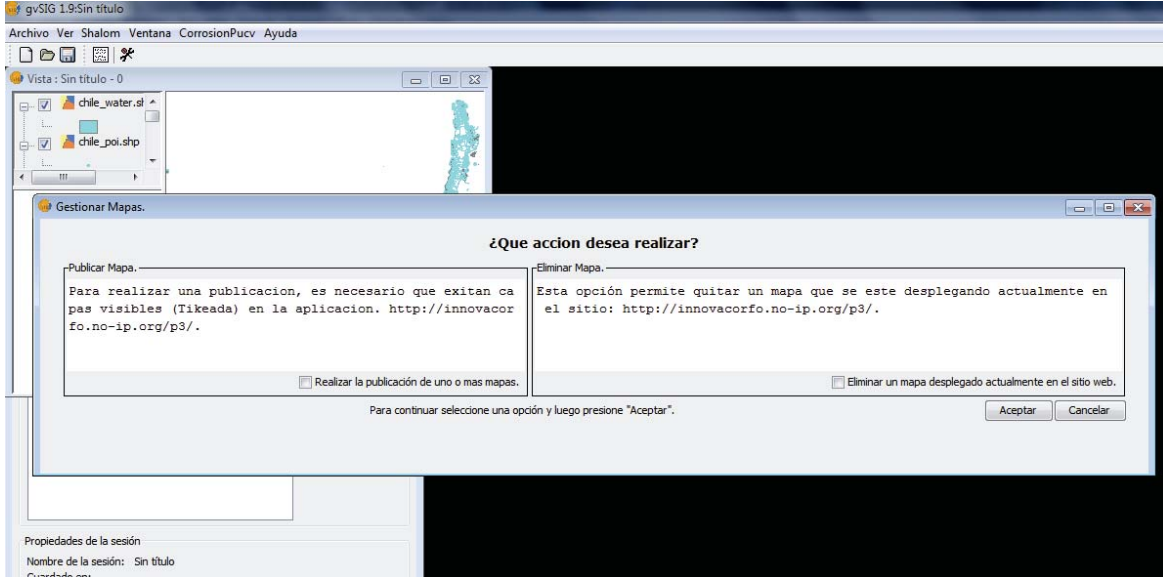


Fig 8.6 Producto final – Menú principal de gestión de mapas.

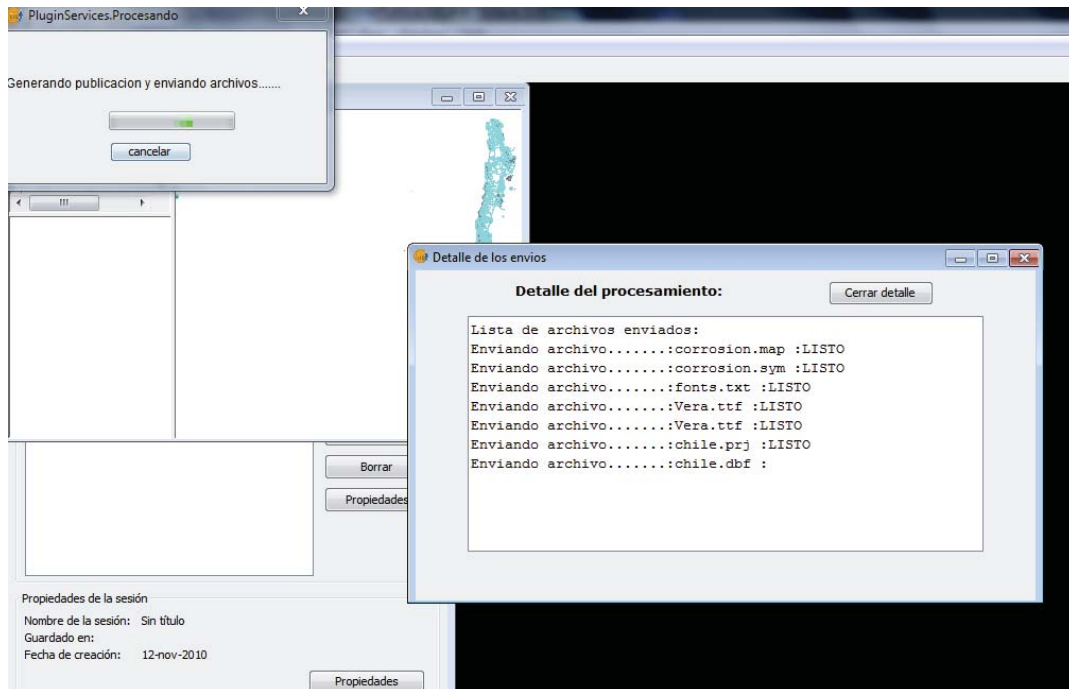


Fig 8.7 Producto final – Envío de mapas al servidor web.

Capítulo 9: Plan de pruebas

La necesidad de comprobar el correcto funcionamiento del sistema hace que sea imprescindible un plan de pruebas, con el cual se procederá a realizar una serie de ensayos que permitan obtener resultados correctos y erróneos con el fin de analizar el proceso de ejecución. Con este conjunto de pruebas será posible determinar si el software es erróneo sobre todo en casos extremos y particulares, o sea si estos fallos se producen por una mala implementación del programa o bien por un uso específico que realiza el usuario.

En el caso de la aplicación a desarrollar en este proyecto, se deben realizar pruebas intensivas en cuanto al almacenamiento de estaciones, de mediciones de corrosión y contaminantes, y especialmente a la carga del conjunto de capas desde la aplicación gvSIG hacia el servidor web de despliegue de mapas.

Otro caso de importancia es el de la interacción con la aplicación mediante la interfaz de usuario, ya que esta interfaz y los datos que ingresen por ella son imprescindibles para llevar a cabo los objetivos del proyecto. Para este caso se realizaron pruebas de caja negra para asegurar que la aplicación sea capaz de trabajar con todos los valores que puedan ser ingresados a través de la interfaz de usuario y también se debe verificar lo que la interfaz de usuario interpreta de los datos del sistema.

Por lo explicado anteriormente se da a entender que las pruebas a realizar son del tipo:

Pruebas de Caja Negra: diseñadas para considerar exclusivamente las entradas y salidas del sistema, es decir se centra principalmente en el análisis de la interfaz de usuario.

Para el diseño individual de cada prueba se especificará información que será documentada de la siguiente forma:

- El propósito de la prueba.
- Los pasos para la ejecución de la prueba.
- El resultado que se espera obtener.

Para el diseño general de las pruebas se considerará la entrada de los mapas al sistema desarrollado, como se administran éstos dentro de la interfaz de usuario y cuál es el resultado de generación del modelo en relación a los datos que refleja la interfaz de usuario.

9.1 Pruebas de Caja Negra.

También conocidas como pruebas funcionales o de entrada y salida. Las pruebas de caja negra se centran en lo que se espera de las funcionalidades del sistema, es decir, intentan encontrar casos en que alguna funcionalidad del sistema no cumple su especificación. Éstas están centradas principalmente en el análisis de la interfaz de usuario (como el teclado, pantalla o ficheros), en donde un probador se limita suministrarle datos como entrada y estudiar la salida, sin preocuparse de lo que pueda estar haciendo el software internamente.

Se realizaran las siguientes pruebas de caja negra:

Tabla 9.1: Prueba 1 de Caja Negra.

Prueba 1.	
Descripción de la prueba:	Publicar un conjunto de capas desde la aplicación gvSIG hacia el servidor de mapas.
Propósito de la prueba:	Comprobar la publicación exitosa de mapas
Pasos para la ejecución:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregar un conjunto de capas 2. Iniciar sesión en la extensión. 3. Escoger las capas a publicar. 4. Publicar las capas.
Resultados esperados:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar la página de inicio con el conjunto de capas exportadas, cargadas y visualizadas correctamente.

Tabla 9.2: Prueba 2 de Caja Negra.

Prueba 2.	
Descripción de la prueba:	Agregar una estación al sistema.
Propósito de la prueba:	Comprobar el funcionamiento del sistema de validación de campos y el posicionamiento de las estaciones en el mapa.
Pasos para la ejecución:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregar nuevos datos de estación. 2. Ingresar datos límites, o dejar campos vacíos. 3. En el mapa de la página de inicio, acceder a la estación.
Resultados esperados:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estación ingresada correctamente. 2. Estación localizada en el mapa correctamente.

Tabla 9.3: Prueba 3 de Caja Negra.

Prueba 3.	
Descripción de la prueba:	Desplegar información de una estación, revisar gráficos de torta y mediciones de contaminantes.
Propósito de la prueba:	Comprobar el desempeño de los métodos de despliegue de gráficos, mediciones e información de la estación.
Pasos para la ejecución:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elegir un punto dentro del mapa. 2. Elegir la fecha más cercana para cálculos de sulfato, cloruro y humidificación. 3. Seleccionar fecha más cercana para gráficos de torta. 4. Abrir una imagen.
Resultados esperados:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información desplegada correctamente. 2. Correcto despliegue de avisos de ausencia de información. 3. Correcto despliegue de imágenes e información de estación.

Tabla 9.4: Prueba 4 de Caja Negra.

Prueba 4.	
Descripción de la prueba:	Ingresar datos a mantenedores de mediciones, registros de corrosión y placas.
Propósito de la prueba:	Comprobar cómo se comporta el sistema al ingresar nuevos datos, analizando especialmente el sistema de validación.
Pasos para la ejecución:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar nueva medición al sistema. 2. Ingresar una placa a la estación ingresada anteriormente. 3. Ingresar un registro de corrosión a la placa ingresada anteriormente.
Resultados esperados:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los datos son ingresados correctamente 2. El despliegue de los datos en la página de inicio es el esperado.

Tabla 9.5: Prueba 5 de Caja Negra.

Prueba 5.	
Descripción de la prueba:	Eliminación de estación.
Propósito de la prueba:	Comprobar cómo se comporta el sistema al eliminar una estación del sistema
Pasos para la ejecución:	1. Eliminar la estación recientemente ingresada del sistema.
Resultados esperados:	1. La estación y sus mediciones asociadas son eliminadas correctamente. No se vuelven a desplegar en la página de inicio..

Conclusiones

Todo el trabajo e investigación anteriormente expuesta intentan ser un reflejo de lo realizado durante el transcurso del proyecto. Se considera toda la contextualización en cuanto al tema de la corrosión atmosférica, sus factores y consecuencias, y el funcionamiento de los Sistemas de Información Geográfica fue necesario debido a la necesidad de adquirir conocimientos que permitan un manejo adecuado de los conceptos, para poder llegar a determinar una solución adecuada en base a toda la información recopilada.

La investigación realizada en cuanto al fenómeno de la corrosión permite advertir la importancia de recopilar datos, procesarlos y comunicar los resultados de los estudios, para generar conciencia del tema. Resulta digno de analizar el hecho de que la corrosión de los metales pueda llegar a provocar tantos daños y costos, y que por el hecho de ser un suceso cotidiano y perceptible solo a través de un largo tiempo, no se tomen medidas adecuadas, no se promulguen planes de contingencia, y la calidad de las construcciones, rutas, carreteras, etc. se siga viendo afectada.

Dado lo anterior, adopta gran importancia la investigación sobre los Sistemas de Información Geográfica, donde cabe destacar la amplitud de sus funcionalidades y las múltiples posibilidades que ofrece a geógrafos y a expertos en otras materias para manejar datos espaciales. El estudio y la generación de mapas de corrosión atmosférica es solo una de las prestaciones que estos sistemas pueden ofrecer, y si consideramos que la gran mayoría de ellas desembocan en la toma de decisiones que conllevan al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, podemos concluir que los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta indispensable en los tiempos actuales.

En cuanto al desarrollo del proyecto mismo, la etapa de ajustes al análisis y diseño de la solución conllevó a un esfuerzo extra que pudo haberse evitado si se hubieran detectado previamente las falencias, lo que fue solventado con nuevos prototipos que calzaron con los requerimientos propuestos, y que sirvieron como base para la etapa final de desarrollo de la solución.

El proceso de desarrollo involucró tener en cuenta una serie de factores para que fuese desarrollado en los plazos especificados. Herramientas de desarrollo, conocimiento de los lenguajes de programación, puesta en marcha de servidores, son partes un poco encubiertas dentro del trabajo desarrollado, pero de gran importancia para la implementación adecuada de todos los módulos y la entrega del producto final.

A medida que el avance del proyecto fue aumentado, también creció el volumen de conocimientos, especialmente en el área de la corrosión atmosférica, la experiencia adquirida en solución de problemas, en planificación, diseño de interfaces, por solo nombrar algunos ejemplos. Todo esto lleva a la evolución de la solución que ha sido presentada en este informe.

Debido a la ausencia de un modelo estadístico que permita el cálculo automatizado de las velocidades de corrosión y de la influencia de los contaminantes, se determinó el ingreso de los porcentajes de manera ‘manual’, siendo la implementación del modelo dentro del sistema de despliegue de gráficos de torta una alternativa de desarrollo futuro del presente proyecto, una vez propuesto y evaluado por el grupo de estadísticos participantes.

Cabe recalcar la importancia de la generación de mapas de corrosividad atmosférica para Chile, considerando que es una iniciativa pionera en el país, y que por sobre todo, es necesaria para mejorar la calidad de las construcciones, vías urbanas, sectores empresariales, industrias y variados instrumentos, para así estar mejor preparados frente a eventos de la naturaleza que no pueden ser previstos por las herramientas actuales, y que pueden causar daños mucho mayores si fenómenos como el de la corrosión, que si se pueden mantener controlados, no se controlan de manera adecuada.

Referencias Bibliográficas y Bibliografía

[Mariaca *et al.*, 99] Liboria Mariaca Rodríguez , Joan Genescà , Jorge Uruchurtu , Luis Salvador Hernández, *Corrosividad atmosférica (MICAT-México)*, Editorial Plaza y Valdés, pp. 1-38, Enero 1999.

[Genescá, 99] Joan Genescà, *Más allá de la herrumbre III. Corrosión y medio ambiente*, Fondo de cultura económica, pp. 40-57, 1994.

[Tomashov, 1966] N.D. Tomashov, *Theory of corrosion and protection of metals*, MacMillan Co., N. York, 367, 1966.

[Goodchild, 2000] Michael F. Goodchild, *The current status of GIS and spatial analysis*, Journal of Geographical Systems, Springer-Verlag, pp 1-7, 2000.

[Burrough, 2001] P.A. Burrough, *GIS and geostatistics: Essential partners for spatial analysis*, Environmental and Ecological Statistics 8, pp 361-364, 2001.

[Pressman, 2005] Roger Pressman, *Ingeniería en software, un enfoque práctico*, sexta edición.

Referencias Web

- [1]. <http://www.opengeospatial.org/>
- [2]. http://help.adobe.com/es_ES/Photoshop/10.0/help.html
- [3]. <http://redgrafica.com/El-formato-GIF>
- [4]. <http://www.jpeg.org>
- [5]. <http://www.openraw.org>
- [6]. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- [7]. <http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary/c>
- [8]. <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>
- [9]. <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>
- [10]. <http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html>
- [11]. <http://postgis.refrations.net/>
- [12]. <http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/4.1/gis-with-mysql.html>
- [13]. <http://www.esri.es/index.asp?pagina=3>
- [14]. <http://www.oracle.com/global/lad/database/spatial.html>
- [15]. <http://www.gvSIG.org>

Última revisión de los sitios web de referencia: martes 9 de noviembre de 2010.