

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática

**CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE VELOCIDAD DE
CORROSIÓN ATMOSFÉRICA UTILIZANDO
HERRAMIENTAS OPEN SOURCE**

**JORGE EDUARDO LEIVA ARANCIBIA
OSCAR WILLIAMS VALENCIA ACEVEDO**

INFORME FINAL DEL PROYECTO
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN INFORMÁTICA

Noviembre 2011

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática

**CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE VELOCIDAD DE
CORROSIÓN ATMOSFÉRICA UTILIZANDO
HERRAMIENTAS OPEN SOURCE**

**JORGE EDUARDO LEIVA ARANCIBIA
OSCAR WILLIAMS VALENCIA ACEVEDO**

Profesor Guía: **Guillermo Cabrera Guerrero**

Carrera: **Ingeniería de Ejecución en Informática.**

Noviembre 2011

Gracias a mi familia por todo el apoyo y comprensión
que me brindaron durante todos estos años en la universidad.

A mi amigo y compañero de trabajo Oscar "Oz" Valencia
con el que siempre pude contar.

Y por último a todos los que estuvieron presentes en el transcurso de este trabajo,
muchas gracias.

Jorge Eduardo Leiva Arancibia

Agradezco a mi familia por su confianza y apoyo.

A mi compañero y amigo Jorge "Jalea" Leiva.

A mis amigos por su amistad y compañía.

A Dios por siempre estar conmigo y nunca abandonarme.

Oscar Williams Valencia Acevedo.

Índice

Resumen y Abstract	iii
Glosario de Términos	iv
Lista de Abreviaciones o Siglas	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tablas.....	x
1 Descripción del Proyecto	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Plan de Trabajo.....	3
1.4 Metodología de Trabajo.....	4
2 Estado del Arte.....	6
2.1 Proyectos Realizados	6
2.1.1 MICAT	6
2.2 Proyecto INNOVA CORFO 09CN14-5879	13
2.2.1 INNOVA CORFO 09CN14-5879	13
2.2.2 Metodología de INNOVA CORFO 09CN14-5879	17
2.3 Sistemas de Información Geográfica	29
2.3.1 ¿Qué es un SIG?	29
2.3.1.1 Diferencias entre un SIG y CAD.....	30
2.3.1.2 Importancia de los SIG	30
2.3.2 Componentes de un SIG	30
2.3.3 Información Geográfica en un SIG	31
2.3.3.1 Manejo de Información en un SIG	31
2.3.3.2 Agrupar Objetos en un SIG	32
2.3.3.3 Unión de Objetos y Atributos en una Categoría.....	32
2.3.3.4 Sistemas de Coordenadas	32
2.3.4 Base de Datos Geográfica.....	32
2.3.4.1 ¿Qué es una Base de Datos Geográfica?	32
2.3.4.2 Modelos para Desarrollo de una Base de Datos Geográfica.....	33
2.3.5 Análisis de Información.....	34
2.3.5.1 Modelo para diseño de un SIG	34
2.3.5.2 Edición de Información	35
2.3.5.3 Representación y Análisis de la Información	35
2.3.5.4 Información de Salida de un SIG	36
2.3.6 Aplicaciones de los SIG	37
2.3.7 SIG Open Source y Comercial	37
2.3.7.1 SIG Open Source	37
2.3.7.2 SIG Comerciales.....	39
2.4 User-Friendly Desktop Internet GIS.....	40
2.4.1 ¿Qué es uDig?.....	41
2.4.1.1 uDig como Aplicación.....	41

	2.4.1.2 uDig como Plataforma.....	42
	2.4.2 Plataformas y Versiones	42
	2.4.3 Arquitectura uDig.....	43
	2.4.3.1 RCP.....	44
	2.4.3.2 Arquitectura RCP	44
	2.4.3.3 GeoTools	45
	2.4.3.4 Arquitectura de las GeoTools.....	45
	2.4.3.5 Arquitectura de Plugins en GeoTools.....	46
	2.4.3.6 Arquitectura de Extensiones en GeoTools	48
3	Isolíneas o Curvas de nivel.....	50
	3.1 ¿Qué son las Isolíneas?.....	50
	3.2 Características Principales	50
	3.3 Tipos de Isolíneas.....	51
	3.4 Trazado de Isolíneas.....	51
4	Desarrollo	56
	4.1 Herramientas para el Desarrollo de Mapas de Corrosión.....	56
	4.2 Análisis de la Metodología a Ocupar	58
	4.2.1 Unified Process o UP.....	58
	4.3 Casos de Uso de uDig	58
	4.4 Establecimiento de las Reglas.....	65
	4.5 Creación de una Base de Datos	66
	4.5.1 Objetivo de la Base de Datos	66
	4.5.2 Estructura de la Base de Datos	66
	4.6 Mapa de Relieve.....	68
	4.7 Modificaciones Estructurales Realizadas al Proyecto.....	70
	4.8 Aplicaciones del UP al Proyecto	71
	4.9 Diagramas de Componentes y Despliegue.....	108
	4.10 Comparación de Resultados	125
5	Conclusiones.....	129
6	Referencias	131

Resumen

El problema de la corrosión se ha transformado en un tema prioritario tanto para los países dentro de Latinoamérica y como del resto del Mundo. No ajeno a esta realidad, Chile ha comenzado el desarrollo del proyecto INNOVA CORFO 09CN14-5879, que busca generar mapas de velocidad de corrosión atmosférica en todo el país. Dichos mapas aportan un enfoque gráfico para el análisis de datos y la solución a problemas específicos. Para la creación de estos mapas se ocupan una serie de herramientas open source, las cuales permiten la representación de los datos.

Este proyecto necesita generar sus componentes a partir de datos que se están obteniendo desde una serie de estaciones que se encuentran instaladas por todo el territorio chileno.

En este contexto, el presente trabajo busca construir y publicar los mapas de velocidad de corrosión atmosférica para Chile. Los mapas se crearán mediante el uso de herramientas Web y los datos provenientes desde las estaciones.

El sitio Web, que el mismo equipo de trabajo desarrolló, cuenta con la funcionalidad de poder generar los mapas de velocidad de corrosión atmosférica para los distintos metales en estudio, la opción para el ingreso de los valores que toma la velocidad atmosférica en las distintas estaciones.

Palabras clave: corrosión atmosférica, Isolíneas, mapas, velocidad de corrosión.

Abstract

The corrosion problem has become in an important topic such for countries in the Latin America and like the rest of the World. Chile do not stranger to this reality, it has begun the development of INNOVA CORFO 09CN14-5879 project, wich search to generate map of corrosion rate for all the country. This maps give a graphic approach for the data analysis and the solution to a determinated trouble. For the building of this maps it used a several open source tools, wich allows the data representation.

This project need to generate its component from the data that it is getting from a series of station that it is located for all chilean land.

In this context, the present work searchs to build and publish the corrosion rate maps for Chile. Those maps it will make by the use of Web tools and the data from the stations.

The Web site, that the work group builded it , it has the functionality to make the corrosion rate maps for the metals on study, the option for data enter of the atmospheric corrosion rate from the different stations.

Keywords: atmospheric corrosion, contours, maps, corrosion rate.

Glosario de Términos

Extensiones: Referido a los nombres de los archivos informáticos, conjunto de caracteres añadido a un nombre de archivo para definir su tipo o clarificar su significado

Geocoder US: El servicio del geocoder propuesto es un servicio que permite al usuario común de la Web obtener información procedente de varias fuentes a la hora de añadir información geo-espacial a diferentes contenidos, como paginas Web, RSS feeds, imágenes.

OpenLayers: corresponde a una librería de JavaScript open source. Permite mostrar mapas interactivos en los navegadores Web.

Open Source: Código abierto es el término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente. El código abierto tiene un punto de vista más orientado a los beneficios prácticos de compartir el código que a las cuestiones morales y/o filosóficas las cuales destacan en el llamado software libre.

Plugins (Plug-in): Programa que puede anexarse a otro para aumentar sus funcionalidades (generalmente sin afectar otras funciones ni afectar la aplicación principal). No se trata de un parche ni de una actualización, es un módulo aparte que se incluye opcionalmente en una aplicación.

Shape file: Es un archivo, almacena las características geométricas los elementos existentes en la capa. Al tratarse de un formato Vectorial, la información se almacena mediante puntos, líneas o polígonos.

Web Feature Service : Web Feature Service o WFS del Consorcio Open Geospatial Consortium o OGC es un servicio estándar, que ofrece un interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que nos ofrece el servicio WMS o analizar la imagen siguiendo criterios geográficos.

Web Map Service: El servicio Web Map Service (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica.

Lista de Abreviaciones o Siglas

AG.: Administrador General. Máximo privilegio o permiso, de todo el sitio, que posee un usuario cuando ingresa a la sección “Mantenedores” del sitio Web desarrollado.

AL.: Administrador Local. Máximo privilegio o permiso, de una estación en particular, que posee un usuario cuando ingresa a la sección “Mantenedores” del sitio Web desarrollado.

CAD: (computer-aided design) Diseño Asistido por Computadora. Son herramientas que ayudan en el diseño de planos, mapas, etc. Un ejemplo se esta herramienta es el AutoCAD.

CYTED: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

EPSG: Son códigos de identificadores numéricos, por ejemplo "4326" es el identificador EPSG de "WGS 84" el cual es un tipo de sistema de coordenadas.

GNU LGPL: Licencia de software que permite a los usuarios modificar el software. Permite el uso de programas libres con software propietario

MICAT: Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica

N.: Normal. Privilegio o permiso que posee un usuario cuando ingresa a la sección “Mantenedores” del sitio Web desarrollado.

RCP: Rich Client Platform. Plataforma de Cliente Enriquecido para el desarrollo de aplicaciones en Java.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

uDig: User-friendly Desktop Internet GIS.

Lista de Figuras

Figura 1.1 Planificación del proyecto.....	4
Figura 1.2 Esquema de pasos de datos	5
Figura 2.1 Mapa de Corrosión de Bolivia	8
Figura 2.2 Mapa de Corrosión del acero en Colombia.....	9
Figura 2.3 Mapa de Corrosión del acero en Cuba	11
Figura 2.4 Mapa de Corrosión de Argentina	13
Figura 2.5 Mapa de las estaciones de medición	14
Figura 2.6 Placas para la medición ambiental	15
Figura 2.7 Estaciones de medición ambiental	15
Figura 2.8 Organigrama del proyecto INNOVA CORFO.....	16
Figura 2.9 Estación meteorológica automática	19
Figura 2.10 Estación meteorológica convencional.....	19
Figura 2.11 Dispositivo para determinar sulfatos.....	20
Figura 2.12 Dispositivos para determinar cloruros	20
Figura 2.13 Bastidor de acero galvanizado pintado	22
Figura 2.14 Esquema del ensayo Charpy	25
Figura 2.15 Probeta de impacto estándar Charpy.....	26
Figura 2.16 Matriz	27
Figura 2.17 Imágenes SIG.....	30
Figura 2.18 Imagen de la realidad codificada en Raster y Vectorial.....	33
Figura 2.19 Interpretación de la realidad al modelo Orientado a Objetos.....	34
Figura 2.20 Esquema de modelos para diseño de un SIG	34
Figura 2.21 Logo de uDig	41
Figura 2.22 Arquitectura uDig.....	43
Figura 2.23 Arquitectura RCP	44
Figura 2.24 Arquitectura GeoTools.....	45
Figura 2.25 Arquitectura de Plugins en GeoTools	47
Figura 2.26 Arquitectura de Extensiones en GeoTools.....	48
Figura 3.1 Ejemplo de mapas de Isolíneas	50
Figura 3.2 Red irregular de triángulos.....	52
Figura 3.3 Interpolación por Spline.....	53
Figura 3.4 Interpolación por IDW	54
Figura 3.5 Interpolación por Kriging.....	55
Figura 4.1 Distorsión en Raster	57
Figura 4.2 Caso de Uso Alto Nivel	59
Figura 4.3 Caso de Uso Abrir Software	59
Figura 4.4 Caso de Uso Gestionar Proyecto.....	60
Figura 4.5 Caso de Uso Gestionar Mapa.....	60
Figura 4.6 Caso de Uso Manejar Propiedades Mapa.....	61
Figura 4.7 Caso de Uso Administrar Herramientas Mapas	61
Figura 4.8 Caso de Uso Gestionar Capa.....	62
Figura 4.9 Caso de Uso Manejar Figura en Capa.....	62
Figura 4.10 Caso de Uso Editar Información Capa.....	63
Figura 4.11 Caso de Uso Editar Estilo Capa	63

Figura 4.12 Caso de Uso Seleccionar Característica.....	64
Figura 4.13 Caso de Uso Agregar Capa	64
Figura 4.14 Modelo de la base de datos	67
Figura 4.15 Mapa de relieves de Chile	68
Figura 4.16 Mapa de relieve formado por polígonos	69
Figura 4.17 Mapa de relieve creado	69
Figura 4.18 Caso de Uso Alto Nivel del sitio Web	71
Figura 4.19 Caso de Uso Gestionar Estaciones.....	72
Figura 4.20 Modelo vista-controlador sobre carga de metal	73
Figura 4.21 Pantallazo lista de estaciones.	73
Figura 4.22 Pantallazo selección de una estación.....	74
Figura 4.23 Pantallazo selección de metal a observar	74
Figura 4.24 Caso de Uso Gestionar Login	75
Figura 4.25 Caso de Uso Gestionar Mantenedores	75
Figura 4.26 Modelo vista-controlador sobre ingreso por medio del “Login”	76
Figura 4.27 Modelo vista-controlador sobre ingreso de datos	77
Figura 4.28 Modelo vista-controlador sobre cambio password	78
Figura 4.29 Modelo vista-controlador sobre cerrar sesión	78
Figura 4.30 Pantallazo “Login”	79
Figura 4.31 Pantallazo formulario corrosión.....	79
Figura 4.32 Pantallazo para el cambio de password.....	80
Figura 4.33 Pantallazo cerrar sesión.....	80
Figura 4.34 Pantallazo de la sección “Inicio”	81
Figura 4.35 Caso de Uso Gestionar Mapas de Corrosión	81
Figura 4.36 Casos de Uso Generar Mapa Corrosión	82
Figura 4.37 Modelo vista-controlador sobre selección de una fecha	83
Figura 4.38 Modelo vista-controlador sobre generar mapa.....	84
Figura 4.39 Pantallazo seleccionar fecha	84
Figura 4.40 Pantallazo tabla de velocidades.....	85
Figura 4.41 Pantallazo mapa generado.....	85
Figura 4.42 Caso de Uso Gestionar Mantenedores con nueva funcionalidad	86
Figura 4.43 Modelo vista-controlador sobre sección “Ayudas”.....	86
Figura 4.44 Pantallazo sección “Inicio” con nuevo estilo	87
Figura 4.45 Pantallazo sección “Estaciones” con nuevo estilo	87
Figura 4.46 Pantallazo mostrando información de una estación con nuevo estilo.....	88
Figura 4.47 Pantallazo selección de fecha, sección “Mapa de Corrosión”, con nuevo estilo	88
Figura 4.48 Pantallazo tabla de velocidades con nuevo estilo	88
Figura 4.49 Pantallazo selección tipo de metal con nuevo estilo	89
Figura 4.50 Pantallazo mapa generado con nuevo estilo.....	89
Figura 4.51 Pantallazo información respecto al mapa con nuevo estilo	89
Figura 4.52 Pantallazo tabla de rangos con nuevo estilo.....	90
Figura 4.53 Pantallazo tabla con detalles de velocidad de corrosión con nuevo estilo.	90
Figura 4.54 Pantallazo “Login” con nuevo estilo.....	91
Figura 4.55 Pantallazo formulario corrosión con nuevo estilo.....	91
Figura 4.56 Pantallazo cambio de password con nuevo estilo	91
Figura 4.57 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Necesario”	92

Figura 4.58 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Recomendaciones”	92
Figura 4.59 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Información”	92
Figura 4.60 Caso de Uso Gestionar Mantenedores con nuevas funcionalidades	93
Figura 4.61 Caso de Uso Administrar Datos	93
Figura 4.62 Casos de Uso Administrar Usuarios.	94
Figura 4.63 Modelo vista-controlador sobre ingreso de datos	95
Figura 4.64 Modelo vista-controlador sobre eliminar datos.....	96
Figura 4.65 Modelo vista-controlador sobre modificar datos	97
Figura 4.66 Modelo vista-controlador sobre listar datos.....	98
Figura 4.67 Modelo vista-controlador sobre agregar usuarios	99
Figura 4.68 Modelo vista-controlador sobre eliminar usuarios.....	100
Figura 4.69 Modelo vista-controlador sobre listar usuarios	101
Figura 4.70 Modelo vista-controlador sobre activar usuarios	102
Figura 4.71 Modelo vista-controlador sobre modificar permisos	103
Figura 4.72 Pantallazo “Menú Administrar Datos”	103
Figura 4.73 Pantallazo “Agregar Velocidad de Corrosión”	104
Figura 4.74 Pantallazo “Eliminar Velocidad de Corrosión”	104
Figura 4.75 Pantallazo lista de datos a eliminar	104
Figura 4.76 Pantallazo “Modificar Velocidad de Corrosión”	105
Figura 4.77 Pantallazo formulario de datos a modificar	105
Figura 4.78 Pantallazo “Listar Velocidad de Corrosión”	105
Figura 4.79 Pantallazo tabla con velocidades de corrosión.....	106
Figura 4.80 Pantallazo “Menú Administrar Usuarios”	106
Figura 4.81 Pantallazo “Agregar Usuarios”	106
Figura 4.82 Pantallazo “Desactivar Usuarios”	107
Figura 4.83 Pantallazo lista de usuarios a desactivar	107
Figura 4.84 Pantallazo “Listar Usuarios”	107
Figura 4.85 Pantallazo “Activar Usuarios”	108
Figura 4.86 Pantallazo “Modificar Permisos”	108
Figura 4.87 Diagrama de Componentes sección “Inicio”	109
Figura 4.88 Diagrama de Componentes sección “Estaciones”	109
Figura 4.89 Diagrama de Componentes sección “Mapas de Corrosión”	110
Figura 4.90 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Login”	110
Figura 4.91 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento de opciones disponibles	111
Figura 4.92 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Datos” como AG	112
Figura 4.93 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Velocidad Corrosión” como AG	112
Figura 4.94 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Eliminar Velocidad Corrosión” como AG	113
Figura 4.95 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Velocidad Corrosión” como AG	113
Figura 4.96 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Velocidad Corrosión” como AG	114
Figura 4.97 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Usuarios” como AG	115

Figura 4.98 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Usuarios” como AG	115
Figura 4.99 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Desactivar Usuarios” como AG	116
Figura 4.100 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Permisos” como AG	116
Figura 4.101 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Usuarios” como AG	117
Figura 4.102 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Datos” como AL.....	118
Figura 4.103 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Velocidad Corrosión” como AL.....	118
Figura 4.104 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Eliminar Velocidad Corrosión” como AL.....	119
Figura 4.105 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Velocidad Corrosión” como AL.....	119
Figura 4.106 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Velocidad Corrosión” como AL.....	120
Figura 4.107 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Usuarios” como AL.....	121
Figura 4.108 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Usuarios” como AL.....	121
Figura 4.109 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Desactivar Usuarios” como AL.....	122
Figura 4.110 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Activar Usuarios” como AL.....	122
Figura 4.111 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Usuarios” como AL.....	123
Figura 4.112 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Velocidad de Corrosión” como N.....	123
Figura 4.113 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Cambiar Password” como AG., AL.,N.	124
Figura 4.114 Diagrama de Despliegue del sitio Web.....	125
Figura 4.115 Resultados al aplicar el método IDW a datos del acero.....	126
Figura 4.116 Resultados al aplicar el método IDW a datos del cobre.....	128

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Procedimientos limpieza	23
Tabla 4.1 Ventajas de los formatos	57
Tabla 4.2 Desventajas de los formatos	57
Tabla 4.3 Categorías de corrosividad	65
Tabla 4.4 Estimación de la categoría de corrosividad de una atmósfera, según ISO 9223[13,15]	65
Tabla 4.5 Colores por categoría de corrosividad.....	66
Tabla 4.6 Muestra la velocidad de corrosión del acero	126
Tabla 4.7 Muestra la velocidad de corrosión del cobre.....	127

1 Descripción del Proyecto

1.1 Introducción

Se entiende por corrosión el deterioro de las propiedades físicas y químicas de un metal, producido por la interacción de este con el medio que lo rodea. Entre ellas, se encuentra la corrosión atmosférica, industrial, galvánica, etc. El presente trabajo se enfoca en la corrosión atmosférica.

Hoy en día es importante el estudio de la corrosión, pues sus consecuencias afectan directamente a las personas. Es por esto que CORFO está tratando promover un plan de prevención de los efectos de la corrosión. El primer paso para eso es la elaboración de un mapa que dé cuenta del avance de la corrosión atmosférica.

El desarrollo de este proyecto ha sido encargado a un grupo interdisciplinario perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, además de una serie de instituciones interesadas las cuales no dudaron en mostrar su apoyo para ayudar en la realización del proyecto.

En este contexto, el presente trabajo busca elaborar el sitio que generará los mapas en línea que muestren el avance de la corrosión atmosférica.

La base de la investigación es una serie de estaciones meteorológicas instaladas a lo largo de Chile que actualmente están recogiendo datos sobre humedad relativa, precipitaciones, temperatura y algunos contaminantes que son considerados perjudiciales. Como las estaciones se encuentran en distintas zonas geográficas, esto permitirá un mejor entendimiento del fenómeno de la corrosión atmosférica.

El desafío que se presentó al equipo de trabajo fue la forma de interpretar los datos que arrojan las distintas estaciones meteorológicas, y con estos construir los mapas de velocidad de corrosión atmosférica. Es así como siguiendo el ejemplo de estudios similares realizados anteriormente en otros países, se optó en un principio, por utilizar los Sistemas de Información Geográfica(SIG), con los cuales se pretendía construir los distintos mapas. Por lo mismo, este trabajo realizó una investigación detallada acerca de los SIG, para comprender la verdadera importancia de estos sistemas, sus características, su funcionamiento y la forma en la que iban a contribuir para lograr llegar al objetivo.

Al mismo tiempo en que se realizaba la investigación, se buscaba el SIG más apropiado para la construcción de los mapas, el cual debía cumplir con una serie de requerimientos, al igual que todas las herramientas que fueron utilizadas en este trabajo. Luego de estudiar una serie de SIG, el seleccionado fue uDig , el cual fue analizado en profundidad para entender cada uno de sus funciones. De esta manera y gracias a la gran cantidad de opciones con las que cuenta uDig, se pudo alcanzar un mapa de velocidad corrosión atmosférica preeliminar. Sin embargo, aunque se logró obtener el resultado deseado con respecto a los mapas, surgieron nuevos requerimientos por parte del grupo interdisciplinario de CORFO INNOVA

CORFO 09CN14-5879, por lo que fue necesario tomar ciertas decisiones y adaptar el trabajo de título a estos nuevos requerimientos.

Se analizó la mejor forma de construir y publicar los mapas para cumplir con los nuevos requerimientos exigidos, en el caso de la construcción de mapas, se estudió el uso de las Isolíneas y en el caso de la publicación, se estudió la construcción de un sitio Web para mostrar los distintos mapas que se fueran creando. Una vez examinadas las ventajas y desventajas de estos casos se decidió que tanto la construcción, como la publicación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica serían totalmente en línea, sin la necesidad de usar los Sistema de Información Geográfica, como intermediario.

En este nuevo contexto, los mapas serán generados en un sitio Web que ya ha sido elaborado. El sitio es la culminación de toda la investigación y desarrollo que se realizó durante el trabajo de título, no sólo muestra los diferentes mapas que se han ido obteniendo, sino que también, cuenta con otras funcionalidades que harán que la manipulación de los datos, obtenidos desde las estaciones, sea más sencilla. Otras de las razones de la construcción del sitio, es que la mayoría de los usuarios están familiarizados con el uso de Internet, por lo cual se les hará más sencillo el instruirse en la aplicación, además que sólo se debe acceder al sitio para comenzar a utilizar la aplicación, sin necesidad de instalar otro software.

Cabe destacar que esta investigación acerca de la corrosión atmosférica es algo totalmente nuevo en el país, debido a que Chile no cuenta con un estudio en esta área. En este sentido, este proyecto se convierte en una iniciativa pionera no exenta de modificaciones que este trabajo ha tenido que superar.

En el capítulo 1, Descripción del Proyecto, se presentarán los objetivos del trabajo de título y de manera general la forma en la que se cumplirán los mismos.

En el capítulo 2, Estado del Arte, se encontrarán los proyectos sobre la corrosión atmosférica realizados en países como Bolivia, Colombia, Argentina, etc. También una descripción detallada del Proyecto INNOVA CORFO 09CN14-5879, la investigación realizada a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cual además incluye un subcapítulo completo acerca de uDig, un SIG, que fue de gran importancia al inicio de la investigación.

En el capítulo 3, Isolíneas, se puede observar la indagación que se hizo acerca de las Isolíneas, todo esto para encontrar la mejor forma para construir los mapas de velocidad de corrosión atmosférica.

En el capítulo 4, Desarrollo, como su mismo nombre lo indica, se observará todo el desarrollo realizado por el equipo de trabajo, las herramientas y metodología utilizada, así mismo los cambios que se presentaron y que hubo que afrontar, para poder llegar a concluir con la meta impuesta.

Y por ultimo el capítulo 5, Conclusiones, se expondrán los resultados obtenidos por el equipo de trabajo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Generar mapas de velocidad de corrosión atmosférica con herramientas open source, incluyendo la construcción de un sitio Web para el ingreso de datos desde las estaciones, la publicación y la manipulación de mapas de velocidad de corrosión atmosférica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar el problema de la corrosión.
- Investigar sobre los estudios de corrosión atmosférica que se realizaron anteriormente en otros países.
- Investigar Sistema de Información Geográfica
- Analizar el sistema open source uDig
- Implementar sitio Web para la publicación de mapas de velocidad de corrosión atmosférica.
- Investigar Isolíneas o Curvas de Nivel.
- Investigar distintos algoritmos de interpolación.
- Construcción de módulo para el trazado de Isolíneas.

1.3 Plan de Trabajo

El plan de trabajo diseñado se basa en la metodología seleccionada por el equipo de trabajo, la cual nos permite crear una planificación detallada y específica, logrando mantener un control sobre los procesos del proyecto, por ejemplo, a través de los artefactos producidos.

Los datos obtenidos desde las diferentes estaciones son ingresados por medio del sitio Web. Una vez aquí son procesados y almacenados en una base de datos. Con esta información se generan los mapas de velocidad de corrosión atmosférica, los cuales son publicados en una sección específica del sitio Web.



Figura 1.2 Esquema de paso de datos.

2 Estado del Arte

2.1 Proyectos Realizados

2.1.1 MICAT

“Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica (MICAT) es el resultado de la cooperación de 14 países de Iberoamérica para el estudio del proceso de la corrosión atmosférica de 4 metales (acero, cobre, aluminio, zinc), en diferentes ambientes ubicados en cada uno de los países en cuestión. El principal logro del proyecto fue precisamente el establecimiento de un mapa de corrosividad para los metales y el estudio integral del proceso corrosivo” [1].

Muchos países fueron parte de este proyecto y otros siguiendo el ejemplo del mismo realizaron sus propias investigaciones.

A continuación se mostrará una breve descripción de los estudios que se realizaron en Bolivia, Colombia, Cuba y Argentina.

- **Bolivia: Mapa de corrosividad de Bolivia.**

La investigación acerca de la corrosión atmosférica en Bolivia esta siendo estudiada desde 1994, sin embargo, aunque es de gran importancia, no existe un proyecto para realizar un mapa completo de corrosión en Bolivia.

Para cumplir el objetivo de construir el mapa de corrosión de Bolivia, se trabajo en varios proyectos específicos y de esta forma ir alcanzando las diferentes regiones y obtener la información necesaria para completar el mapa de corrosión.

A continuación una descripción de los proyectos que ayudaron a crear el mapa de corrosión de Bolivia

- **Proyecto PATINA:** Proyecto desarrollado para la caracterización de la atmósfera de la ciudad de La Paz e incluyendo la participación en el Proyecto PATINA del CYTED con la evaluación de recubrimientos de Aluminio, Zinc y sus aleaciones sobre planchas de acero 1994 – 2000.

“Dentro del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), se ha desarrollado la Red Temática XV-D “Protección Anticorrosivo de Metales en la Atmósfera” (PATINA), como continuación del Proyecto “Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica” (MICAT)” [2].

- **Proyecto MONOPOL:** Este proyecto analizó la corrosión atmosférica en las ciudades de La Paz y Santa Cruz. “Proyecto desarrollado en forma conjunta con la Fábrica de Pinturas MONOPOL, para la caracterización de la atmósfera de la

ciudad de Santa Cruz y la evaluación de 48 esquemas de pinturas en las ciudades de La Paz y Santa Cruz 2000 – 2004”[2].

Gracias a los resultados obtenidos, y que fueron del agrado de la fábrica de pintura involucrada, se realizaron nuevos estudios acerca de la corrosión, respaldados por esta fábrica.

- **Proyecto TROPICORR:** El proyecto estudió como los productos electrónicos eran afectados en ambientes tropicales de Bolivia. “Proyecto llevado adelante en el marco del Proyecto TROPICORR del CYTED, con trabajo desarrollado en la ciudad de Santa Cruz, para el estudio del comportamiento de materiales metálicos en el interior de un armario con efecto estufa 2002 – 2007. Se estudió el comportamiento del acero, cobre, plata, níquel y estaño en el interior de armarios metálicos, con el fin de establecer las características principales en su respuesta a la corrosión y en lo posible comparar con la respuesta en ambientes externos” [2].
- **Proyecto DURACON:** El proyecto DURACON fue dirigido a estudiar la durabilidad del concreto en condiciones ambientales, en las ciudades de la Paz, Santa Cruz y Potosí. Proyecto desarrollado en el marco del Proyecto DURACON del CYTED, para el estudio de la corrosión en armaduras de hormigón armado 2003 – 2009.
- **Proyecto UMSA–MONOPOL–ENABOLCO:** Se evaluó los recubrimientos de protectores en las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Proyecto desarrollado en conjunto con la Fábrica de Pinturas MONOPOL y la galvanizadora ENABOLCO, “para la determinación de la atmósfera de la ciudad de Cochabamba y la evaluación de esquemas seleccionados de pintura y galvanizados en las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. El proyecto se encuentra en ejecución” [2].

En la siguiente figura se observa un mapa de corrosión que afecta a Bolivia.

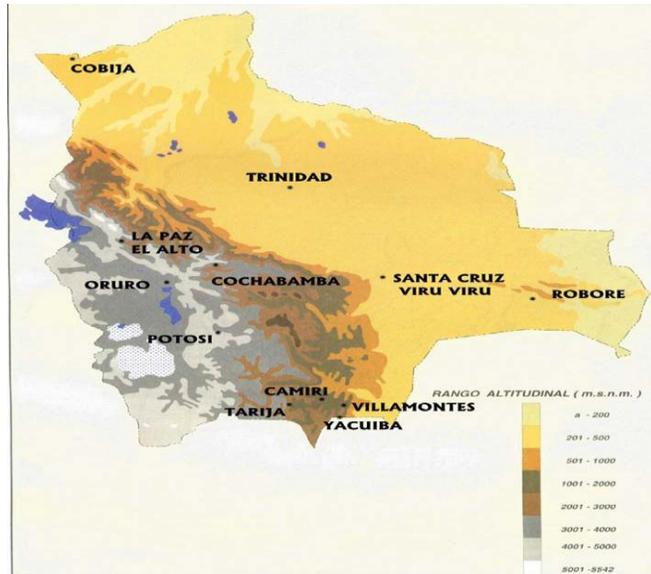


Figura 2.1 Mapa de Corrosión de Bolivia.

- **Colombia: Mapa de corrosión de Colombia.**

Desarrollado por el Grupo de Corrosión y Protección, Universidad de Antioquia, este proyecto fue financiado por COLCIENCLAS, Universidad de Antioquia y Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG)

Se contó con 114 sitios en donde se instalaron las estaciones, entre los que se encuentran las ciudades Bogotá, Medellín y Barranquilla, las que analizaron los siguientes factores ambientales:

- Precipitación
- Humedad Relativa
- Temperatura
- Latitud y Longitud
- Elevación

Los criterios elegidos para la elección de los sitios para la instalación de las estaciones fueron:

- “1. “Sitios con contenido medio y alto de cloruros (teniendo en cuenta la distancia a la costa)”.
2. “Sitios con contenidos bajos de contaminantes y alta HR (suburbanos y rurales)”.
3. “Estaciones con contenidos bajos de contaminantes y HR media”.

4. “Sitios con contenido medio de SO₂ (sitios con actividad industrial)” [3].

Los materiales en los cuales se midió la corrosión atmosférica fueron:

- Acero al carbono AISI 1020.
- Acero galvanizado.
- Aluminio.
- Cobre

El Sistema de Información Geográfica que se utilizó para confeccionar los mapas de Colombia fue el Suite ArcGis 9.2 (Geoestatistical Analyst). Gracias a este software se obtuvo varios mapas de distintas corrosiones que afectaron a las muestras en el estudio, tales como mapa de SO₂, mapa de Cl, mapa de corrosividad del acero, mapa de corrosividad del acero galvanizado.

A continuación se observa un mapa de corrosión del acero en Colombia.

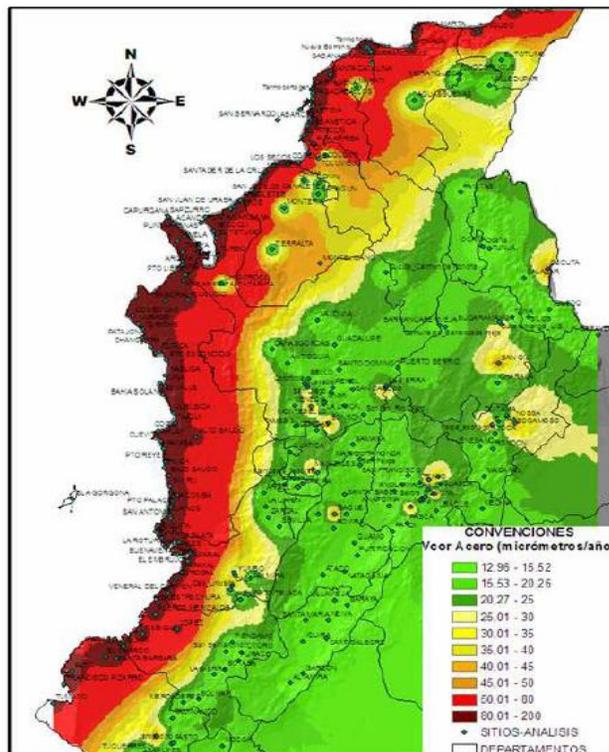


Figura 2.2 Mapa de Corrosión del acero en Colombia.

- **Cuba: Mapa de corrosión de Cuba**

El clima de Cuba es subtropical húmedo, con dos estaciones:

- La seca (invierno) de noviembre a abril.
- La lluviosa (verano) de mayo a octubre.

Los factores ambientales que se tomaron en cuenta al momento de realizar estos estudios fueron:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa del aire
- Precipitaciones
- Vientos

Se estudió la evolución del acero al carbono, zinc, cobre y aluminio al contacto con factores adversos.

“Se utilizaron 4 probetas de cada material, 3 de ellas para ensayos gravimétrico, la cuarta para se dividió en 4 partes para:

- Estudios de microscopia
- Análisis de productos de Corrosión
- Estudios Electroquímicos
- Muestra de referencia” [4].

Algunas investigaciones realizadas, en anteriores años, fueron de gran ayuda al momento de construir el mapa.

En la década del 40 se realizaron las primeras evaluaciones de corrosión atmosférica.

“A partir del 1972 en el C.I.Q. se realizaron numerosos trabajos en zonas Urbanas, Rurales y Costeras y en zonas industriales. En el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) los principales trabajos, que datan de 1972, estuvieron vinculados al estudio del comportamiento de los metales básicos (acero, cobre, aluminio, zinc y otros) en condiciones naturales y de laboratorio.

En 1987, se organizó el Grupo Nacional de Corrosión que logró coordinar los trabajos de todas las instituciones en Cuba. Se utilizaron los estudios meteorológicos del país para relacionarlo con las condiciones climáticas” [4].

Sobre la base de los resultados obtenidos según la agresividad, se ha dividido al país en 5 regiones fundamentales:

- Agresividad 1(extrema): Hasta 1 Km. de la costa norte.
- Agresividad 2: Franja de 1-3 Km. de la costa norte y 1 Km. de la costa sur.
- Agresividad 3: Zonas montañosas (500 MT) donde hay mayor humedad.
- Agresividad 4: Hasta 20 Km. de las costas donde solo influye ligeramente el aerosol marino.
- Agresividad 5: Zona a mas de 20 Km. de las costas donde deben alcanzarse los valores mínimos de corrosión.

“Organizaciones cubanas participantes en el proyecto MICAT

- Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) dirigido por la Dra. Ada Cabezas Soto, Coordinadora Nacional (21 especialistas).
- Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC); Dr. Francisco Corvo.
- Centro de Aplicación y Desarrollo de la Energía Nuclear (CEADEN); José A. Alonso.
- Laboratorio de Geología Issac del Corral; Norma R. Furet.
- Universidad de la Habana. Facultad de Física. María del Carmen Menéndez.
- Universidad de Matanzas. Facultad de Química; Dr. Carlos Echevarria.
- Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba.
- Centro de Investigaciones de la Industria Minero-metalúrgica”[4].

A continuación se observa un mapa de corrosión sobre el acero en Cuba.

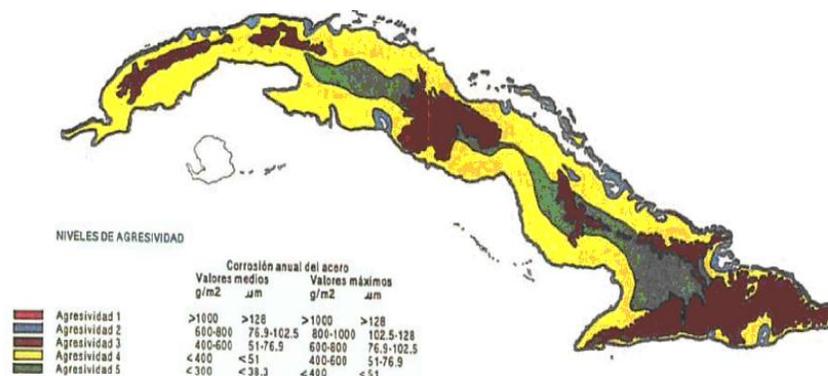


Figura 2.3 Mapa de Corrosión del acero en Cuba.

- **Argentina: Mapas de corrosividad atmosférica de Argentina.**

En este país se encuentran varias estaciones que ayudaron al momento de construir el mapa de corrosión, entre ellas tenemos:

En ambiente marino la estación para ensayos a la intemperie de CAMET.

- Estación Marina CAMET, Buenos Aires
- Estación Rural Subtropical IGUAZÚ, Misiones

En un ambiente urbano se estudio el acero:

- SAE 1010.
- Cor Ten A (laminado en caliente).
- Cor Ten A (laminado en frío).

Factores ambientales que influyeron en el estudio de las estaciones son:

- TDH (lluvia-rocío)
- Salinidad
- Humedad
- Distancia al mar
- Viento

“El Proyecto ISOCORRAG y del Estudio MICAT (1988-95) en un comienzo disponía de 5 estaciones para ensayos a la intemperie en el continente (1 del CIDEPIINT) y 1 en la Antártica.

La gran velocidad de corrosión que fue analizada sobre todos los metales en la Antártica se debía a la presencia de agua líquida por debajo de los 0 °C. Monocapas en contacto con los metales mantendrían disuelta elevada concentración de sales marinas durante el largo invierno” [5].

Antes de comenzar los estudios antes mencionados (ISOCORRAG y MICAT) en Argentina ya se contaba 28 publicaciones y 1 Tesis Doctoral en Corrosión Atmosférica.

En el año 1994 se da inicio a una nueva investigación. “Se analizó gran cantidad de las 4 aleaciones tecnológicas expuestas entre 1 y 4 años en muchos de los 75 sitios de 13 países participantes” [5].

“Fundamentalmente estudiamos mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis EDAX cientos de muestras de acero, Zn, Cu y Al, en planta y corte del equipo MICAT” [5].

Con todos estos estudios se pudo concluir que el protector de los productos de corrosión depende de su estructura, además que la composición química intervine en la propiedades tanto físicas como mecánicas del producto y por último que la contaminación modifica las propiedades de los productos en corrosión.

A continuación se muestra un mapa de corrosión influida por lluvia y rocío.

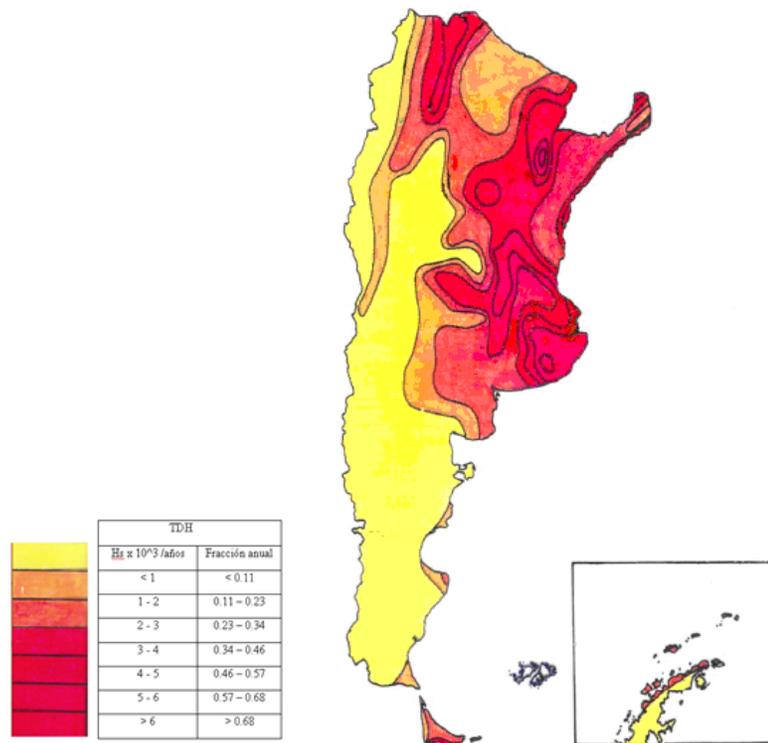


Figura 2.4 Mapa de Corrosión de Argentina.

2.2 INNOVA CORFO 09CN14-5879

2.2.1 INNOVA CORFO 09CN14-5879

Este proyecto tiene como objetivo primordial la construcción de mapas de velocidad de corrosión atmosférica de Chile.

Se encuentra financiado por INNOVA CORFO y contempla la instalación de 31 estaciones de medición a lo largo de todo Chile. Éstas controlarán la evolución del acero, cobre, aluminio y acero galvanizado que se expondrán a la contaminación y la naturaleza misma.



Figura 2.5 Mapa de las estaciones de medición.



Figura 2.6 Placas para la medición ambiental.

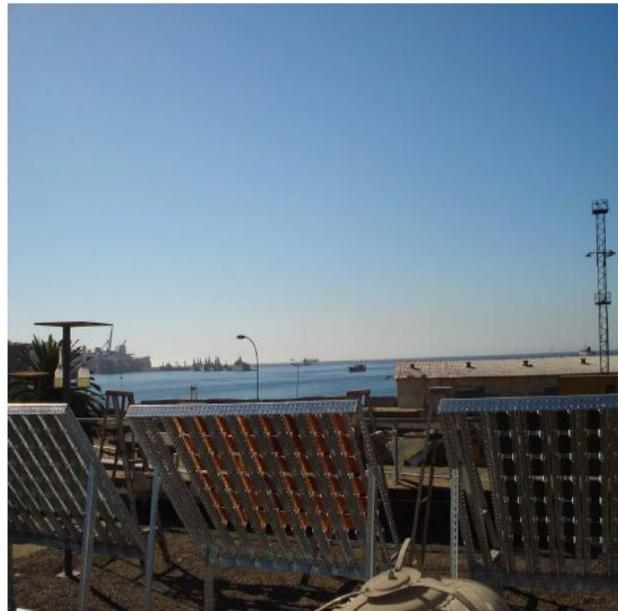


Figura 2.7 Estaciones de medición ambiental.

Chile no cuenta con una guía que indique la manera que las condiciones meteorológicas y la contaminación atmosférica afecta a diversos metales y/o aleaciones que se utilizan por ejemplo en las construcciones.

“Para llenar ese vacío, un equipo de académicos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso dirigidos por la profesora Rosa Vera del Instituto de Química, 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 proyecto que culminará después de 36 meses se adjudicó montos por \$ 338.800.000 millones de pesos” [6].

Este proyecto consta con el apoyo de diversas instituciones, tales como:

- Dirección Nacional Portuarias del Ministerio de Obras Públicas (DOP).
- Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA).
- Asociación Chilena de Corrosión (ACHCORR).
- Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.
- Galvanizadota Buenaventura BBosch.
- Puerto Ventanas S.A.

“El equipo de científicos está integrado además por los académicos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: Inés Guerrero, directora del Instituto de Estadística; Diana Delgado y Raquel Araya, profesoras del Instituto de Química; Sergio Erazo del Instituto de Geografía; Paula Rojas de la Escuela de Ingeniería Mecánica; Guillermo Cabrera de la Escuela de Ingeniería Informática y Ana María Carvajal asesora en corrosión” [6] .

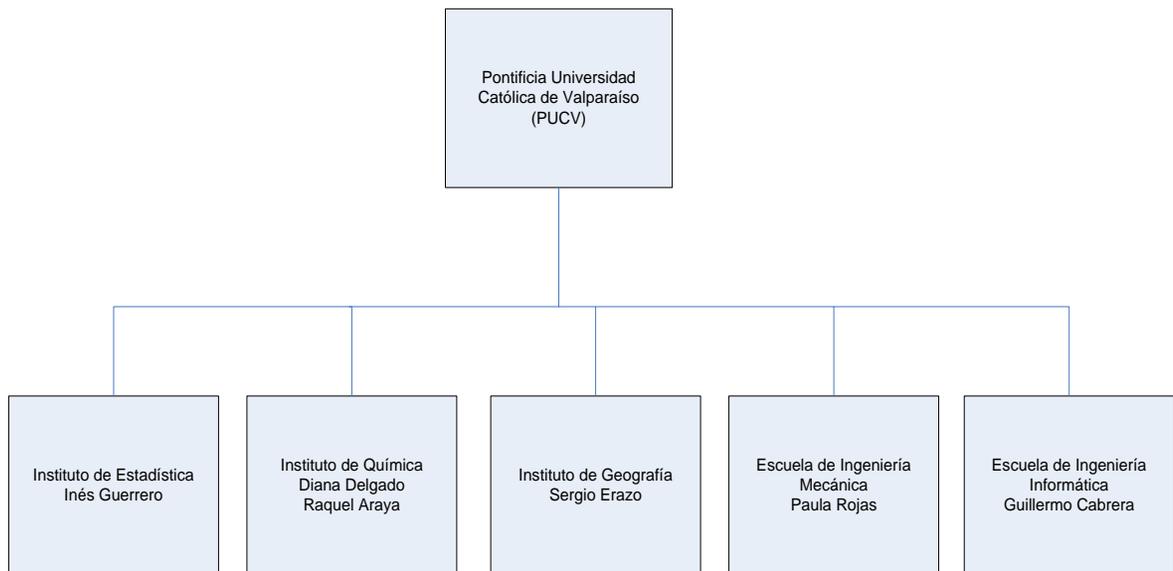


Figura 2.8 Organigrama del proyecto INNOVA CORFO.

El origen de la iniciativa parte gracias al proyecto MICAT y además del aporte por parte de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios Avanzados en el marco de los Proyecto Semilla de la PUCV.

2.2.2 Metodología de INNOVA CORFO 09CN14-5879

A continuación se exponen las actividades correspondientes a una primera etapa, que se relaciona en la puesta en marcha del proyecto.

“1.-Reunión de Inicio de actividades

El primer día de esta etapa, los investigadores participantes se reunirán para dar inicio a las actividades que se deberán realizar durante el desarrollo del proyecto. En particular, en esta reunión se asignarán los roles que deberán cumplir en la organización y realización tanto del Seminario de Apertura como del Workshop.

2.-Seminario de Apertura

Durante la primera semana de desarrollo del estudio, el equipo de trabajo de las instituciones participantes del proyecto, realizará un seminario dirigido a autoridades gubernamentales, empresariales y universitarias, a fin de sensibilizar a los asistentes respecto de la importancia de la ejecución del proyecto.

Para este efecto se diseñará una presentación en la que se dará a conocer los principales hitos del proyecto.

3.-Realización de Workshop

En esta etapa se contempla la realización de un Taller de Trabajo entre los especialistas de las instituciones participantes del proyecto (Mandante, Desarrollador, Oferente e Interesados) y los investigadores internacionales invitados para compartir experiencias en la construcción de mapas de corrosión.

4.-Determinación de las Zonas Geográficas Homogéneas

Como es sabido, cuando se plantea la construcción de mapas de corrosión, en base a la evaluación directa de la corrosividad de las atmósferas por su acción sobre los metales, el principal problema que surge es que se requiere disponer de una vasta red de estaciones de ensayo, que cubra prácticamente toda la superficie del país. En la práctica, este requerimiento es muy difícil de lograr. Sin embargo, cuando es posible estratificar el área bajo estudio, en zonas similares respecto a algún criterio que se considere influyente para la velocidad de corrosión, entonces ya no es necesario distribuir una gran cantidad de estaciones de ensayo dentro de una zona, ya que al ser homogénea respecto de algún criterio influyente para la velocidad de corrosión, se espera que ésta disminuya su variabilidad al interior de la Zona, excepto por algún otro factor no considerado, y que aumente su variabilidad entre Zonas.

Asumiendo que algunas variables meteorológicas tales como humedad relativa, temperatura, vientos, radiación solar y precipitaciones, podrían estar ejerciendo un efecto importante sobre el desgaste de los metales y aleaciones de interés para el presente estudio, en este proyecto se plantea la estratificación del territorio nacional en Zonas con condiciones meteorológicas y climáticas similares. De esa forma, para la posterior evaluación de la corrosión a través del país, sólo será necesario considerar ubicaciones de las estaciones de ensayo que cubran las diferentes Zonas.

Para identificar las Zonas homogéneas, en primer lugar se recopilarán los antecedentes de las variables humedad relativa, temperatura (máxima, mínima y media), velocidad de los vientos, radiación solar y precipitaciones disponibles en las diferentes estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del país, que cuenten con registros superiores a 10 años para las primeras y 25 años para las precipitaciones. Estos registros temporalmente responden a que para la precipitación, por su alta irregularidad, es necesario contar con datos estadísticos superiores a 25 años como lo dispone la Oficina Meteorológica Mundial. En relación a la temperatura y humedad las estaciones meteorológicas con 10 años de registro son suficientes para sacar conclusiones válidas.

Debido a que los datos, sólo suministran información en localizaciones puntuales del espacio, para completar las zonas no cubiertas por ellos, se utilizarán técnicas de interpolación espacial, que aseguren la representación de la variable en el espacio, la utilización de éstas y la elección de la más adecuada, dependerá específicamente de la distribución espacial de la muestra de datos y de la naturaleza de los mismos. Las redes de Thiessen, la restitución, la teledetección, entre otros, son métodos que, en caso de ser necesario, podrían ser utilizados para la elaboración y obtención de capas espaciales representativas de una variable.

5.- Distribución geográfica de las estaciones de ensayo

Una vez identificadas las Zonas Climáticas homogéneas del país, se seleccionarán alrededor de 30 estaciones atmosféricas que se utilizarán como estaciones de ensayo para el proyecto.

Para esta selección se tendrá en cuenta la representatividad de cada zona homogénea y de las distintas regiones del país, así como de los diferentes tipos de atmósferas, para lo cual los investigadores realizarán visitas de reconocimiento.

6.- Instalación de equipos para la obtención de información en estaciones de ensayo

En los lugares seleccionados como estaciones de ensayo, se instalarán los instrumentos de medición necesarios para el registro de las variables meteorológicas de interés, los dispositivos para medir los contaminantes atmosféricos de interés y los bastidores con las muestras metálicas que serán expuestas a las condiciones ambientales para los ensayos de corrosión, CLIMAT y de tenacidad.

Durante esta actividad se hará un registro con las principales características, de estructura y funcionamiento, de la estación de ensayo, como por ejemplo, si es automática o convencional, ya que dependiendo de esta condición la periodicidad de los registros es diferente: las estaciones automáticas entregan registros constantes las 24 horas del día y sus datos son almacenados en un computador, en cambio las estaciones convencionales registran la información, habitualmente cada hora, y los resultados deben obtenerse visitando el recinto. Aunque el funcionamiento del instrumental y registro de los datos es distinto, la validez de ellos no es cuestionable, ya que ambos sistemas están en concordancia con las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (W.H.O) en cuanto a las normas de instalación y/o tolerancias de error del instrumental meteorológico, aplicándose el Programa de Instrumentos y Métodos de Observación (PIMO).



Figura 2.9 Estación meteorológica automática.



Figura 2.10 Estación meteorológica convencional.

7.-Recopilación y Evaluación de variables meteorológicas y contaminantes atmosféricos.

La recopilación de la información registrada en los equipos de medición de variables meteorológicas y los dispositivos para la medición de los contaminantes atmosféricos (cloruro y dióxido de azufre), se realizará mensualmente. Para este efecto, personal de apoyo de corrosión visitará aquellas estaciones de ensayo en las cuales no se logre coordinar el envío de las muestras por parte del encargado de la estación. En las restantes el envío se realizará por un medio de transporte adecuado a la ubicación geográfica de ella.

Con la información meteorológica recopilada desde las estaciones seleccionadas, se confeccionarán las cartas de isotermas, isoyetas y todas aquellas necesarias para la mejor comprensión de las condiciones meteorológicas locales y regionales las que servirán de base para la construcción de los mapas.

Las variables medidas de temperatura y humedad relativa permitirán determinar el tiempo de humectación (TDH), el que se calcula considerando el tiempo a lo largo de un año en que la humedad relativa (HR) es igual o supera el 80% y simultáneamente la T es mayor

que 0°C. Este valor corresponde al tiempo real en que la superficie del metal o aleación se encuentra humedecida.

Paralelamente, durante esta actividad, en todas las estaciones de ensayo se registrarán mensualmente las velocidades de deposición de los principales agentes corrosivos, dióxido de azufre y cloruros, siguiendo la metodología descrita en las normas ISO 9225.

Para la medición de SO₂ se utiliza la metodología de la candela de peróxido de plomo, en la cual el SO₂ se deposita en una gasa impregnada en PbO₂ formando sulfato de plomo, este último compuesto se solubiliza en Na₂CO₃ al 5% y luego el ion sulfato se determina gravimétricamente precipitándolo como BaSO₄; este resultado se expresa como mgSO₂/m² día.

Para la medición de cloruros atmosféricos se utiliza la metodología de la candela húmeda, que consiste en enrollar una tira de gasa alrededor de un tubo de vidrio, los extremos de la gasa se encuentran sumergidos en una solución al 20% de glicerina en agua destilada. Los cloruros depositados se determinan por valoración mercurimétrica en presencia de los indicadores difenilcarbazona y azul de bromofenol; los resultados se expresan como mgCl-/m² día.



Figura 2.11 Dispositivo para determinar sulfatos.



Figura 2.12 Dispositivos para determinar cloruros.

8.-Construcción del Mapa de Agresividad Ambiental

Para la construcción del Mapa de Agresividad Ambiental, en primer lugar se procederá a la clasificación de la atmósfera asociada a cada una de las estaciones de ensayo, teniendo en cuenta las normas ISO 9223 y 9224. Esta normativa establece cinco categorías de agresividad atmosférica las cuales se definen en función del TDH y de los niveles de contaminación por SO₂ (nominación P) e iones cloruro (nominación S).

Por lo general, en los sectores geográficos que poseen un microclima, no se dispone de una estación meteorológica desde donde se puedan extraer las variables que son necesarias para la clasificación de la agresividad del ambiente. Esto justifica la necesidad de contar con un método alternativo que permita estimar adecuadamente dicha clasificación. Es el caso de la metodología denominada CLIMAT (Classification of Industrial and Marine Atmospheres), la cual, como su nombre lo indica, se ha utilizado como método de clasificación de la agresividad de atmósferas rurales (ICA), marinas (IMA) e industriales (ICI). Esta técnica, rápida, confiable y reproducible, consiste en la realización de un ensayo “alambre sobre tornillo” mediante el cual se adquiere información sobre la agresividad atmosférica, debida a la combinación de distintos fenómenos que contribuyen al proceso de corrosión: la corrosión general de la superficie del alambre expuesta a la atmósfera, la corrosión en los resquicios existentes entre el alambre y el tornillo y la corrosión galvánica entre dos metales.

De acuerdo a la Norma ASTM G116, para la aplicación de esta técnica, un material anódico (alambre) se enrolla en un material catódico en forma de tornillo. A continuación, se expone el ensamble a la atmósfera, por un período de 90 días, al término del cual se determina la pérdida de masa del alambre. En todos los casos se utiliza aluminio como material anódico y, como material catódico, se usa hierro para monitorear ambiente marino (Al-Fe) y cobre para monitorear ambiente industrial (Al-Cu). La pérdida de peso experimentada por el alambre después de tres meses de exposición en los sistemas mencionados, expresada en porcentaje respecto del peso inicial, se denomina Índice de Corrosividad atmosférico (ICA).

En este proyecto se plantea la realización de ensayos CLIMAT en forma paralela a la evaluación de los variables de clasificación de la agresividad atmosférica. Estos ensayos se llevarán a cabo en una muestra de 3 estaciones de ensayo, para validar la equivalencia de resultados, y en otras 3 estaciones en zonas con microclimas, a fin de ampliar la base de datos que permitirá la construcción del mapa de agresividad ambiental.

Además, debido a que la corta duración de este test permite evaluar la variación atmosférica estacional y a que las condiciones ambientales en un determinado lugar pueden variar según la estación del año, se ha decidido realizar el ensayo en cada período estacional, por lo cual se dispondrá de información que permita comparar el efecto estacional sobre el ICA.

Una vez identificadas las categorías de agresividad ambiental correspondientes a cada una de las estaciones de ensayo y zonas de microclimas donde se realizó el CLIMAT, se procederá a integrar esta información a los mapas de base del SIG para confeccionar la base de datos alfanumérica con la cual se realizará el análisis espacial que permitirá la construcción del mapa de agresividad ambiental. Al igual que para el caso del mapa de Zonas Geográficas Homogéneas, para completar la información correspondiente a zonas no cubiertas por las

estaciones de ensayo o por el CLIMAT, se utilizarán las técnicas de interpolación espacial, que aseguren la representación de la variable en el espacio, disponibles en el SIG.

Las técnicas de SIG, específicamente las operaciones análisis (extracción, superposición, algebra de mapas, proximidad, vecindad, etc.), son las que permitirán evaluar el espacio en busca de las condiciones de agresividad ambiental en el área de estudio. Los análisis efectuados sobre las variables espaciales, proporcionan el mapa de resultado que pone en evidencia la localización de los espacios que cumplen con los diferentes niveles de la condición evaluada.

La utilización de las técnicas de SIG en el desarrollo de un proyecto, permiten, mediante la integración con otras bases de datos espaciales, la elaboración de servicios de mapas referidos en forma dinámica desde la Web.

9.-Evaluación de la Velocidad de Corrosión.

En cada una de las estaciones de ensayo, se instalará un bastidor de acero galvanizado pintado, para prevenir el deterioro y garantizar la durabilidad de él. La función del bastidor es mantener las muestras que se van a exponer a la atmósfera en una posición de un ángulo de inclinación de 45° respecto a la horizontal y aisladas entre sí, debe tener a lo menos un metro de altura, para evitar que la vegetación existente en el terreno y las salpicaduras motivadas por precipitaciones atmosféricas intensas afecten a las probetas expuestas, norma ISO/DIS 8565.



Figura 2.13 Bastidor de acero galvanizado pintado.

En los ensayos de corrosión atmosférica para determinar velocidad de corrosión (V_c) se utilizarán probetas planas de 10 cm x 10 cm y un espesor mínimo de 2,0 mm. para que las muestras sean suficientemente rígidas. Los ensayos en cada estación, se realizarán por triplicado y las muestras se evaluarán cada tres meses (norma ASTM G50).

Previo a la exposición a la atmósfera de las probetas estas deben ser desengrasadas con etanol o acetona y podrán ser pulidas con lija de CSi N° 400-600 si es necesario. Posteriormente se enjuagan con abundante cantidad de agua de pureza elevada, se secan con aire frío y se guardan en desecadora. Las probetas limpias y secas deben ser medidas y pesadas con precisión, norma ASTM G1-03.

Procedimientos químicos de limpieza para remover los productos de corrosión

Tabla 2.1 Procedimientos limpieza.

Material	Solución	Tiempo (min)	T (°C)	Observación
Aluminio y sus Aleaciones	- 50 mL de H ₃ PO ₄ (d= 1,69 g/cm ³) + 20 g de CrO ₃ y aforando a un litro con agua destilada de elevada pureza.	5-10	90-95	Si los productos de corrosión permanecen continuar el lavado con HNO ₃ .
	- HNO ₃ sp. (d= 1,42 g/cm ³)	1 - 5	20-25	
Cinc y sus aleaciones	- 200 g de CrO ₃ en agua destilada sp. Aforar a 1L.	1	80	La contaminación del ácido crómico por los productos de corrosión para evitar un excesivo ataque del metal base.
	- 100 g de NH ₄ Cl con agua destilada sp. Aforar a 1L.	2-5	70	
Cobre y sus aleaciones	- 500 mL de HCl (d= 1,19 g/cm ³) con agua destilada sp. Aforar a 1L.	1-3	20-25	Deairear la solución con nitrógeno puro, minimiza la disolución del metal.
	- 54 ml. De H ₂ SO ₄ (d=1.84 g/cm ³) en agua destilada sp. Aforar a 1L.	30-60	40-50	
Hierro y Acero al Carbono	- 500 mL de HCl (d= 1,19 g/cm ³) + 3,5 g de hexametilén tetraamina con agua destilada sp. Aforar a 1L.	10	20-25	

El deterioro del metal en el tiempo se evaluará por medidas de pérdida de peso, según la norma ISO8407. Para la determinación del peso inicial y final de cada probeta se utilizará una balanza con una precisión de ± 0.001 g. Para obtener la pesada final se debe asegurar haber eliminado completamente los productos de corrosión y para ello se utilizan soluciones estándar dependiendo del tipo de metal, norma ASTM G1-03. Este tratamiento de ciclos de limpieza se repite hasta la completa eliminación de los productos de corrosión, lo cual significa hasta peso constante de la probeta. Para el caso del aluminio se utiliza además limpieza con ultrasonido, técnica muy eficaz para eliminar productos de corrosión presentes en picaduras. Determinada la pérdida de peso, la velocidad de corrosión (C) se obtiene mediante la ecuación:

$$C = \frac{(W_i - W_f)}{(A \cdot T \cdot D)}$$

Donde W_i es la masa inicial de la probeta (g), W_f es la masa final de la probeta (g), t es el tiempo de exposición (años), A es el área de la probeta (cm²) y D es la densidad del metal o aleación (g/cm³). Para el caso de materiales que presenten corrosión por picaduras se evaluara además el número de picaduras por unidad de área y la profundidad de picadura según norma estándar ASTM G 46 [11].

Por otra parte, el análisis de los productos de corrosión obtenidos para cada tipo de metal o aleación se realizará por difracción de rayos-X (DRX), utilizando un instrumento SIEMENS D 5000 con radiación α de CuK y monocromador de grafito 40KV/30mA con un rango de barrido de 0,5-70°. La morfología y composición elemental de los productos de corrosión

formados en el tiempo, como también el tipo de ataque por corrosión en las muestras (general o localizado) se observará por microscopía electrónica de barrido (MEB) utilizando un equipo JEOL 5410 asociado a un analizador EDAX 9100 para caracterización elemental.

Además, se realizarán ensayos acelerados en una cámara ambiental (norma ASTM B-117) que contiene en su interior niebla salina y gas de SO₂, estos contaminantes se pueden inyectar por separado o juntos dependiendo del ambiente que se quiera simular, marino, industrial o ambos. Este ensayo se realizará en determinados períodos buscando validar sus resultados con los obtenidos en los ensayos naturales.

Por otra parte, también tenemos modelos estadísticos que consideran los factores que influyen durante la ocurrencia del proceso de corrosión, y para determinar el grado de corrosión de un metal en una determinada zona, la forma más habitual de obtención de información sea a través de la exposición de muestras del metal estudiado en estaciones de corrosión. Con el fin de identificar un modelo que relacione la velocidad de corrosión atmosférica del cobre, obtenida mediante exposición atmosférica en estaciones en la provincia de Las Palmas, con las distintas variables que intervienen en el proceso corrosivo, los investigadores utilizaron el modelo (1).

$$\log(P) = a + b \cdot \log(t) \quad (1)$$

Este modelo, conocido como de la Ley Potencial, reproduce, de forma genérica, el proceso electroquímico que se desarrolla en la corrosión atmosférica.

Además, para tener en cuenta las particularidades de la zona geográfica objeto del estudio, también se trabajó con el modelo que incluye la influencia de los contaminantes descritos y de la humedad.

$$\log(P) = a + b \cdot \log(t) + k_1 \cdot [\text{Cl}^-] + k_2 \cdot [\text{SO}_2] + k_3 \cdot [\text{TDH}] \quad (2)$$

En estos modelos:

P representa a la velocidad de corrosión en $\mu\text{m/año}$,

a, b, k₁, k₂ y k₃ son constantes,

[SO₂] es la concentración de dióxido de azufre en $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$,

[Cl⁻] corresponde a la concentración de cloruros en $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$,

TDH es el tiempo de humectación (horas/año), t representa al tiempo de exposición, en años.

También se puede tomar el mismo proceso de corrosión atmosférica como una suma de procesos (individuales) de corrosión que tienen lugar cada vez que se forma la capa de electrolito sobre el metal. Si t_i es la duración de cada periodo individual de humectación superficial y v_i la velocidad media de corrosión en ese periodo, la corrosión total al cabo de n periodos será:

$$C = \sum_{i=1}^n v_i t_i$$

Los valores de t_i incluyen tanto los periodos de alta HR como los de precipitación directa de lluvia, rocío, niebla, etc. El valor de v_i puede variar según las circunstancias, a causa de los diferentes grados posibles de humectación y de contaminación atmosférica.

La suma de tiempos parciales de humectación constituye el llamado tiempo de humectación (TDH), durante el cual es posible la corrosión metálica. Se ha encontrado una buena correlación entre el TDH y el tiempo en que la HR supera un determinado nivel de humedad, por lo general, superior al 80%. De acuerdo con el TDH, se han construido mapas de corrosividad atmosférica de algunos países o regiones.

10.-Determinación de la tenacidad de los metales y aleaciones

Estudios previos en corrosión atmosférica de los proponentes de este proyecto han demostrado que la propiedad mecánica de tracción cambia para la probeta de acuerdo a su condición: antes y después de ser expuesta al ambiente por un determinado tiempo, disminuyendo su resistencia estructural a medida que aumenta el tiempo de exposición. Por tanto un estudio de corrosión atmosférica debe considerar valorar alguna propiedad mecánica y en esta propuesta se medirá tenacidad que es la propiedad relacionada con el trabajo necesario para causar la ruptura de un material, conocido como ensayo Charpy.

El ensayo consiste en determinar la cantidad de energía absorbida por los materiales antes y después de su exposición a los diferentes medios en estudio y por diferentes intervalos de tiempo.

En este ensayo, la resistencia al impacto o energía absorbida al romper la probeta, es igual a la diferencia entre la energía del péndulo antes y después del impacto.

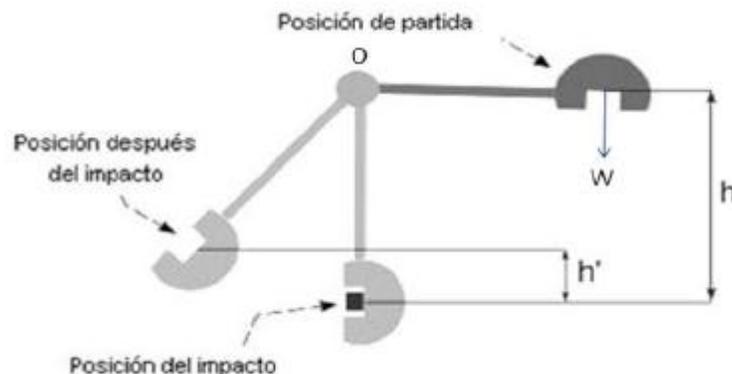


Figura 2.14 Esquema del ensayo Charpy.

La energía absorbida por la probeta, ΔE , se calcula mediante la ecuación:

$$\Delta E = W \cdot R(\cos B - \cos A) - \text{perdidas}$$

Donde:

h: Altura de la caída del centro de gravedad del péndulo.

h': Altura de elevación del centro de gravedad del péndulo después del impacto.

A: Ángulo de caída, que es el formado en la posición de partida con respecto al eje de la posición de impacto.

B: Ángulo de elevación, que es el formado entre el eje de la posición de impacto y la después del impacto.

R: Distancia del centro de gravedad del péndulo al eje de rotación O.

W: Peso del péndulo

Para determinar las pérdidas, el ensayo se realiza sin probeta y de esta forma se verifican las posibles pérdidas del equipo. Finalmente, la energía absorbida dividida por el área de la probeta es el valor de tenacidad.

Con respecto a la fabricación de probetas para los ensayos, se prepararán las probetas Charpy estándar (10 mm x 10 mm x 55 mm) de cada material, antes de su exposición, según las especificaciones del ensayo de flexión por impacto. La preparación de las probetas, es decir su mecanizado será realizado en los Talleres de la Escuela de Ingeniería de Mecánica, PUCV, y los ensayos se realizarán empleando péndulo oscilante donde, la resistencia al impacto o energía absorbida al romper las probetas es igual a la diferencia entre la energía del péndulo antes y después del impacto.

El péndulo utilizado posee capacidades energéticas que van desde 50, 100, 150, 200 hasta 250 Julios, lo que permite cubrir un amplio espectro de materiales desde medianamente tenaces hasta muy tenaces.

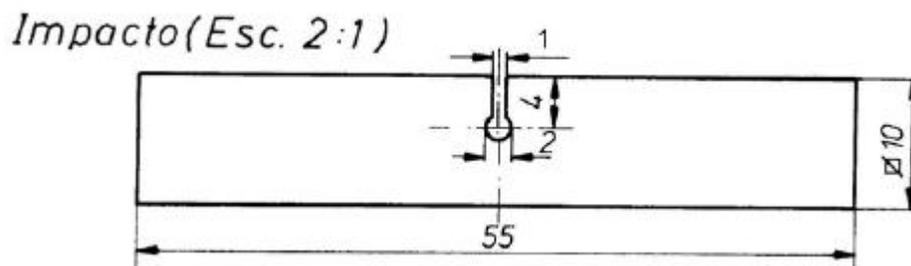


Figura 2.15 Probeta de impacto estándar Charpy.

11.-Modelación de la velocidad de corrosión

Cuando se plantea la construcción de mapas de corrosión, en base a la observación directa de la pérdida de peso de un material, se debe tener en cuenta que se requiere disponer de una gran cantidad de estaciones de ensayo, para cubrir toda la superficie del área geográfica de interés. Es claro que este requerimiento es muy difícil de lograr en la realidad.

Una alternativa de solución a este problema surge desde el área de la construcción de modelos predictivos, ya que si, mediante alguna técnica científicamente válida, se logra obtener un modelo que ajuste bien al comportamiento de la velocidad de corrosión (Vc) en función de variables meteorológicas y de contaminación ambiental, entonces para la construcción de los mapas es posible complementar la información generada experimentalmente con aquella estimada a partir de un modelo que, por lo general, requiere de información de variables que son más fáciles y rápidas de medir.

Teniendo en cuenta que la velocidad de corrosión se determina como una función de la pérdida de masa del metal a través del tiempo de exposición a la agresividad del ambiente en el que está expuesto, es razonable pensar que los modelos a utilizar para predecir la Vc de un determinado metal deben considerar como variables predictoras al menos a las variable tiempo de exposición (t), TDH, contaminación por SO2 y por iones cloruro. Esta es la situación que se ha manejado hasta el momento. Sin embargo, a fin de considerar las particularidades geográficas de la zona objeto del estudio y los antecedentes de expertos en relación a posibles influencias de otras variables climáticas, los modelos a estudiar en el presente proyecto también considerarán como variable predictora la cantidad de lluvia caída, dado que esta condición atmosférica es registrada en todas las estaciones consideradas en el estudio.

Uno de los tipos de modelos que se estudiarán son los de regresión múltiple con p variables predictoras, X_1, X_2, \dots, X_p , considerando como variable de respuesta Y a la velocidad de corrosión. La estructura general de este modelo, basado en n observaciones multivariadas, para el caso lineal se puede representar matricialmente de la forma:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

O equivalentemente.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & x_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_n \end{bmatrix}$$

Figura 2.16 Matriz.

Donde e_i corresponde al error aleatorio no observable asociado a la i-ésima respuesta y_i , para cada $i=1, \dots, n$.

En aquellos casos en que la relación entre la variable de respuesta y algún predictor sea de tipo no lineal, se aplicarán las transformaciones que correspondan. Por otra parte, en aquellos casos en que se detecte multicolinealidad, se utilizará el procedimiento regresión componente principal.

Para los análisis se utilizarán software estadísticos SPSS-X o MINITAB, licencias autorizadas del Instituto de Estadística de la PUCV.

12.- Construcción de Mapas de Corrosión Atmosférica

Los mapas de corrosión atmosférica se estructurarán para cada metal en las distintas zonas consideradas en la investigación, siguiendo la metodología cartográfica tradicional en donde se procederá a definir el tipo de proyección, datum, huso y sistema de coordenadas. Se procede a ingresar la base de datos, que posibilitará el manejo e incorporación de las variables, las cuales permitirán la confección final de la cartografía propuesta en el proyecto.

Una vez que se tienen los registros de cada estación meteorológica, se relacionan matemáticamente los parámetros atmosféricos con la corrosión. Basados en las ecuaciones resultantes, es posible realizar aproximaciones a la extrapolación de datos puntuales. Esto se logra con el adecuado manejo de sistemas de información geográfica.

La base de datos georreferenciada que permitirá la construcción de cada mapa, incluirá tanto la velocidad de corrosión obtenida experimentalmente en cada estación de ensayo, como valores estimados a partir del modelo estadístico resultante, para zonas geográficas en que no se instalarán estaciones de ensayo.

13.- Elaboración de Atlas de Corrosividad

Como parte de la etapa de desarrollo del presente proyecto, se construirá un Atlas de Corrosividad, el cual corresponde a un documento que incluirá, para cada metal en estudio, el mapa nacional de corrosividad ambiental y los correspondientes mapas regionales, generados a través de la metodología propuesta. Este documento contendrá además el mapa nacional y los correspondientes mapas regionales de agresividad ambiental. Este documento, en versión digital, se encontrará disponible para los usuarios en el espacio desarrollado para el proyecto, en la página Web de ACHCORR.

14.- Reuniones de trabajo

Durante el desarrollo del proyecto, los profesionales del equipo de trabajo realizarán reuniones de trabajo al menos una vez al mes, en las cuales, fundamentalmente, se discutirá el estado de avance del proyecto, se programarán las actividades a realizar dentro del mes, se harán presentaciones internas de los trabajos a publicar y se elaborarán los informes de avance y el informe final que serán presentados a CORFO.

15.- Presentaciones a Congresos

Los resultados parciales y finales logrados en el proyecto se presentarán en congresos especializados en los temas considerados en el estudio (Corrosión, Estadística, Materiales, Construcción de Mapas).

16.- Publicación de resultados

Los resultados se enviarán a revistas especializadas en el tema, tales como Revista de la Construcción, BIT, Corrosion Science, Revista de Metalurgia, para su evaluación y posterior publicación.

17.- Propuesta de Especificaciones Técnicas

El equipo de investigadores del proyecto elaborará una propuesta de especificaciones técnicas para la prevención y control de la corrosión atmosférica. Para este efecto se realizará una revisión bibliográfica de normas internacionales existentes, si las hay, éstas se adaptarán para cumplir los protocolos de la Organización Mundial de Comercio; de no haberlas, se consultarán normas regionales, de otros países o de empresas del rubro. El documento elaborado, será entregado a consideración de un Comité Técnico de ACHCORR para su tramitación ante el Instituto Nacional de Normalización.

18.- Elaboración de Informes

Se elaborarán tres informes para ser entregados a CORFO al término de cada año de desarrollo del proyecto. Dos de ellos contendrán los avances del proyecto a la fecha de su entrega y el último contendrá la totalidad de los resultados” [21].

2.3 Sistemas de Información Geográfica

Se realizó un estudio sobre los Sistemas de Información Geográfica ya que en otros proyectos anteriores, como lo es por ejemplo MICAT en Colombia, se ocupó uno de estos para el desarrollo de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica y por este motivo se decidió comenzar con este estudio.

2.3.1 ¿Qué es un SIG?

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), “es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” [7].

Los SIG pueden crear mapas tomando información, que posean componentes geográficos, desde archivos o bases de datos. Gracias a esto se puede observar patrones, relaciones y tendencias que otorga una nueva perspectiva y dinámica de la información, pudiendo editarla, seleccionarla y eliminarla para un mejor análisis y posterior toma de decisiones.

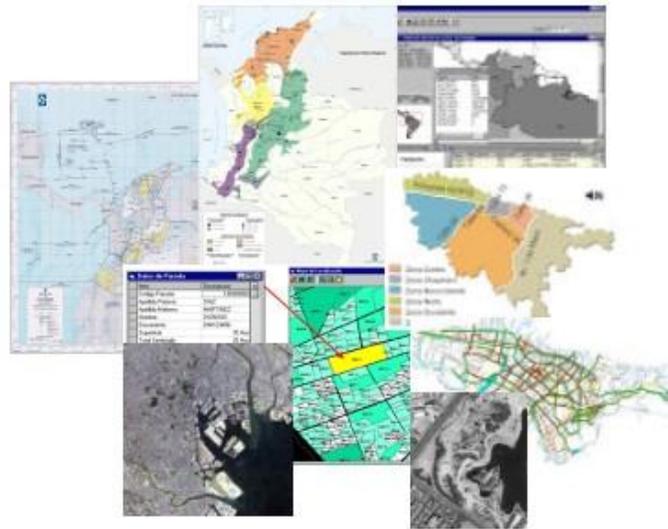


Figura 2.17 Imágenes SIG.

2.3.1.1 Diferencia entre SIG y CAD.

Surge de inmediato la interrogante sobre que diferencias existe entre un SIG y un CAD, ya que a primera vista pareciera que fuesen la misma cosa.

Los SIG se diferencian de los CAD en que este último se orienta sólo a la manipulación y representación de los atributos gráficos olvidando los no gráficos. Otra diferencia es que los SIG pueden generar datos tomados como base de otros ya existentes a diferencia del CAD que sólo modifica y añade nuevos datos. Y por último en los SIG se pueden realizar consultas y análisis, mientras que en los CAD no se logra esto.

2.3.1.2 Importancia de los SIG.

Con los fenómenos naturales y artificiales que ocurren en nuestros días, es normal que deseemos poder conocer de una manera gráfica los efectos producidos por estos fenómenos, ya sean terremotos, sequías, contaminación, corrosión atmosférica, etc., porque de esta manera es más fácil observar, entender y sacar conclusiones.

Cuando se requiere una solución que reúna distintos tipos de información que sólo puede ser relacionada geográficamente. Sólo los SIG poseen las capacidades de manipular y almacenar información por medio de la geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias de la información, con el objetivo de ayudar en la mejor toma de decisiones.

2.3.2 Componentes de un SIG

Un Sistema de Información Geográfica se encuentra compuesto de una serie de componentes básicos, tales como:

- **Equipos (Hardware):** Aquí opera el Sistema de Información Geográfica, ejecutado desde servidores hasta computadores personales conectados a una red o en forma local.
- **Programas (Software):** Proveen herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y mostrar la información de manera gráfica. Los principales componentes de los Programas son:
 - Herramientas para manejar la entrada y manipulación de la información geográfica.
 - Sistema que se encargue de manejar la base de datos (DBMS).
 - Herramientas para la búsqueda geográfica, análisis y posterior visualización.
 - Interfaces gráficas para el usuario (GUI) para acceder de manera fácil a las herramientas.
- **Datos:** Pueden ser adquiridos o desarrollados. Los SIG integran los datos espaciales con otros recursos de datos. Además pueden utilizar las bases de datos para manejar dicha información geográfica.
- **Recurso humano:** Es el personal que opera, desarrolla y administra el sistema, además establece planes para ser aplicados a problemas que se desean solucionar por medio de los SIG.
- **Procedimientos:** Son los planes y reglas del negocio, establecidas por la organización que opera el SIG.

2.3.3 Información Geográfica en un SIG

2.3.3.1 Manejo de Información en un SIG

Un objeto o elemento representado en un SIG, relacionado a la superficie, posee una dimensión, alto-ancho-largo, y una posición dentro del espacio relativo a la superficie. A esto se le puede asociar unos atributos que pueden ser:

- **Atributos Gráficos:** Corresponde a la representación de objetos sobre una ubicación en la superficie, normalmente esta representación se efectúa con puntos, líneas o polígonos.
- **Atributos No gráficos o alfanuméricos:** Corresponden a las descripciones o características que determinan ese objeto gráfico.

2.3.3.2 Agrupar Objetos en un SIG

También es conveniente saber que un conjunto de mapas relacionados se le conoce como “categoría”. A un conjunto de categoría se le denomina “tema”, un conjunto de temas se le llama “índice temático” o “geo-índice del proyecto”.

La relación de los objetos al interior de una categoría se hace por lo menos con dos componentes, uno gráfico y otro no gráfico. Al objeto gráfico el software le otorga un número de identificación y el mismo número al componente gráfico, con esto el sistema establece una relación entre dos componentes.

2.3.3.3 Unión de Objetos y Atributos en una Categoría

Los objetos que se encuentran el interior de una categoría están caracterizados por una ubicación única, por medio de los atributos gráficos que se relacionan con unas coordenadas geográficas, y por un conjunto de descripciones, que serían los atributos no gráficos.

A todos los objetos se les asigna un número identificador. El modelo de datos logra relacionar los dos tipos de atributos y las relaciones se producen desde el punto de vista posicional como topológico.

Los datos topológicos indican la ubicación de un objeto respecto a otro y los datos posicionales indican donde está el objeto.

Los SIG ocupan un geo-índice del proyecto para ver las categorías, una vez aquí acceden a los objetos y por ende a los atributos gráficos y no gráficos, y así poder cargar los mapas para ser visualizados.

2.3.3.4 Sistemas de Coordenadas

Los sistemas de coordenadas son un sistema de referencia usado para localizar y medir elementos geográficos. Un ejemplo de esto son las “coordenadas cartesianas” que son empleadas para representar en una superficie plana, los que son caracterizados en puntos en término de distancias respecto a los ejes.

2.3.4 Base de Datos Geográfica

2.3.4.1 ¿Qué es una Base de Datos Geográfica?

El concepto de base de datos es esencial en un SIG y constituye la principal diferencia entre un SIG y un sistema de dibujo o cartografía computacional, los cuales sólo generan buena información geográfica.

“Una Base de Datos Geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la

asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales” [8].

2.3.4.2 Modelos para el Desarrollo de una Base de Datos Geográfica

El desarrollo de una base de datos geográfica conlleva una simplificación de la realidad para adaptarla a un modelo de datos. Existen tres modelos básicos:

- **Vectorial:** Este modelo considera que el mundo real se encuentra dividido en un conjunto de objetos (puntos, líneas, polígonos) a los cuales se le puede otorgar propiedades o características. Estos objetos son codificados según sus límites (polígonos) o posición en el espacio (líneas y puntos). También son definidos por pares de coordenadas que se relacionan a un tipo de sistema cartográfico.
- **Raster:** Este modelo a diferencia del anterior considera que la realidad se divide en una serie de celdas o píxeles, asignándole a cada una un valor para cada una de las variables consideradas.

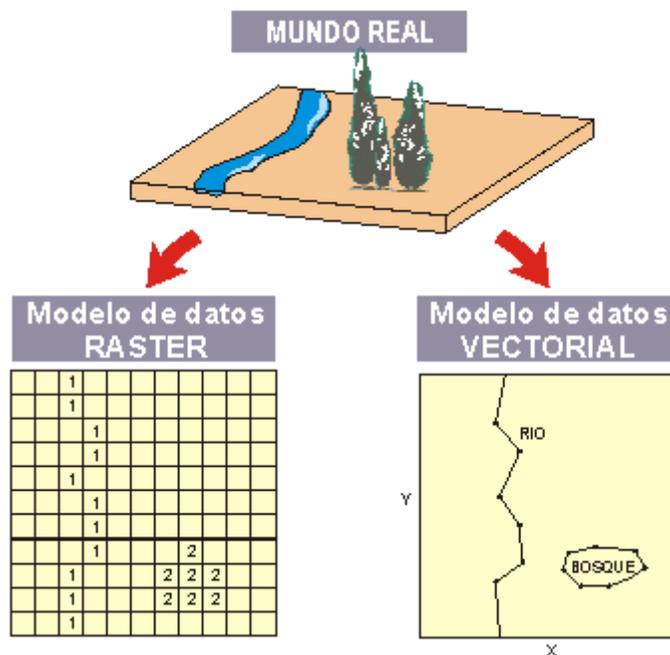


Figura 2.18 Imagen de la realidad codificada en Raster y Vectorial.

- **Orientado a Objeto:** Este modelo es completamente diferente a los dos anteriores ya que cambia la génesis de la estructura de la base de datos geográfica. La realidad la interpreta a partir del mismo objeto geográfico y las relaciones que tiene con otros objetos. Así los objetos se procesan y se juntan en clases entre las cuales se produce herencia.

Otra característica es el carácter “dinámico” de los datos, al contrario de los otros modelos que poseen un carácter “estático”.

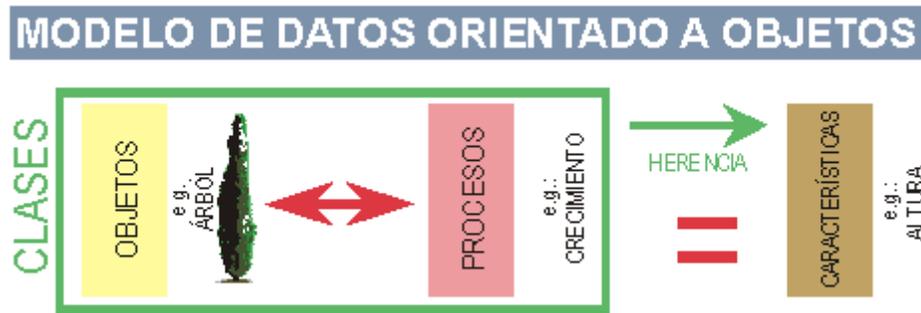


Figura 2.19 Interpretación de la realidad al modelo Orientado a Objetos.

2.3.5 Análisis de Información

2.3.5.1 Modelo para el Diseño de un SIG

El análisis de la información conlleva a manipular objetos que existen en la realidad, los cuales poseen características y relaciones con otros objetos. Los cuales son representados por un modelo de objetos y relaciones que corresponden al mundo real.

Para que se cumpla el objetivo anterior en plenitud se desarrollan una serie de modelos que permiten que los objetos de la realidad puedan ser manipulados por un software.

Para pasar desde la realidad a datos que un computador o software pueda procesar, se desarrollan normalmente tres modelos: el modelo conceptual, modelo físico y el modelo lógico, como lo muestra la Figura 2.20.

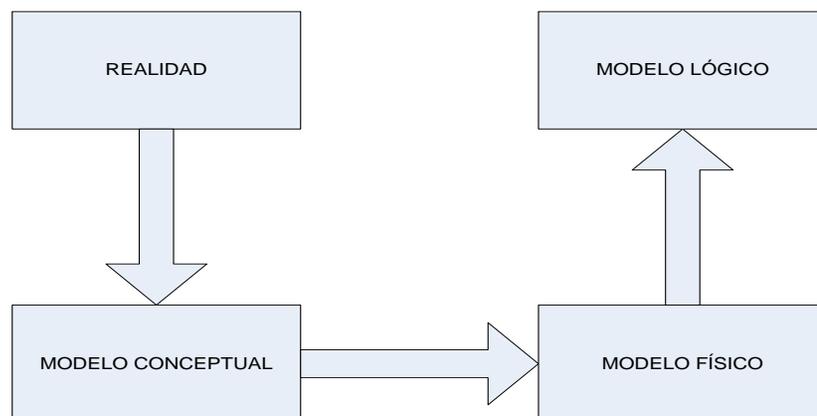


Figura 2.20 Esquema de modelos para diseño de un SIG.

- **Modelo Conceptual:** Son las entidades y objetos. Esta etapa es donde se traspa la realidad a entidades (objetos de la superficie de la tierra) con sus respectivas características (atributos) y relaciones espaciales. Para la obtención de este modelo se desarrollan una serie de pasos:
 - Análisis de la información.
 - Determinar entidades y atributos.

Para el desarrollo del modelo conceptual existen algunos métodos:

- **Modelo Entidad Relación (MER):** Garantiza organización de las entidades con sus relaciones en un sólo esquema de representación tal cual como es la realidad.
 - **Entidad Asociación (EA):** Permite la visualización de la información en un conjunto de entidades y asociaciones (también conocidas como relaciones). Las cuales son descritas listando la entidad abstracta y sus atributos, los que representan objetos conectados con líneas.
- **Modelo Lógico:** Define si es Raster, Vectorial u Orientado a Objetos. En la etapa actual se crean las estructuras de la base de datos, en la cual se almacenarán los datos alfa numéricos, incluyendo como base el modelo conceptual obtenido en la etapa anterior. Detallando la descripción de las entidades para que los usuarios puedan hacer consultas sobre los datos.
 - **Modelo Físico:** Se refiere a la estructura de datos y algoritmos. El modelo físico es realizado con los dos modelos anteriores. Se determina la forma para almacenar los datos.

2.3.5.2 Edición de Información

Es una de las funciones más relevantes dentro de los SIG, las características que se deben incluir son:

- Componentes para editar entidades gráficas, por ejemplo escala, posición, color, etc.
- Componentes para editar datos descriptivos, por ejemplo actualización de datos, modificar atributos, etc.

2.3.5.3 Representación y Análisis de Información

Estos dos procesos ocasionan nueva información, además de la existente, con el objetivo de dar solución a algún problema específico.

Estos procesos se clasifican en:

- **Análisis espaciales:** Son cálculos u iteraciones que se realizan sobre las entidades gráficas, por ejemplo áreas, longitud, perímetros, etc.
- **Generalización cartográfica:** Son caracterizaciones de un mapa, que permiten un modelo final más entendible.

Entre las principales tipos de análisis que un SIG realiza son:

- **Contigüidad:** Encontrar áreas determinadas dentro de una región predispuesta.
- **Coincidencia:** Observación de puntos, líneas, polígonos y áreas, las cuales se superponen.
- **Conectividad:** Estudiar redes de conducción formadas por entidades.
- **Enrutamiento:** El movimiento del elemento por la red.
- **Radio de acción:** Alcance del movimiento, correspondiente al elemento, al interior de la red.
- **Apareamiento de direcciones:** Ensamble de información de direcciones a las entidades gráficas.
- **Análisis digital del terreno:** Estudio de información, correspondiente a la superficie, para modelar fenómenos geográficos continuos.
- **Operación sobre mapas:** Operaciones por medio de expresiones lógicas y matemáticas con el objetivo de analizar y modelar atributos geográficos.
- **Geometría de coordenadas:** Procedimientos geométricos para administrar coordenadas, a través de operaciones lógicas y aritméticas. Algunos ejemplos son rotación, cambio de escala, proyecciones en los mapas, etc.

2.3.5.4 Información de Salida de un SIG

La salida de información desde un SIG es muy importante ya que sirve para que los encargados de la toma de decisiones puedan realizar su trabajo con mayor responsabilidad y seguridad ante un problema específico. Para representar esta información de salida existen dos tipos de medios posibles:

- **Digital:** Normalmente ocupada cuando se pasa información desde un sistema a otro. No se genera de forma gráfica para que el usuario pueda analizarla.
- **Analógica:** Esta información es la que se pone a disposición del usuario para su análisis. Encontramos dos tipos de información analógica:

- **Analógica Textual:** La cual es información en forma de tablas, principalmente se hace referencia a la que se encuentra almacenada en la base de datos.
- **Analógica Gráfica:** Corresponde a la información que se expresa por medio de gráficos, mapas, diagramas, etc.

2.3.6 Aplicaciones de los SIG

La utilidad de los SIG como herramienta es muy poderosa y por eso diversos sectores, ya sean públicos como privados, los ocupan para su conveniencia.

Algunos sectores donde el SIG se ha adaptado se nombran a continuación:

- **Gestión medioambiental:** Proporciona aplicaciones para facilitar el análisis del impacto de la contaminación por ejemplo. Estas aplicaciones se pueden conectar con otras que suministren la información para su estudio.
- **Cartografía automatizada:** Acá se produce la digitalización de planos que pueden ser de gran utilidad a empresas y organismos públicos.
- **Gestión de recursos geológicos-mineros:** Permite generar capas geológicas las cuales influyen en áreas de explotación de los minerales, ubicación de elementos adicionales, como por ejemplo tendido eléctrico, entre otros.

2.3.7 SIG Open Source y Comercial

2.3.7.1 SIG Open Source

A continuación se realiza una lista con algunos de los SIG bajo licencia de software libre u open source:

- **GRASS(Geographic Resources Analysis Support System):** “Comúnmente conocido como GRASS, es un Sistema de Información Geográfica (SIG) bajo licencia GPL (software libre). Usado para el manejo y análisis de datos geoespaciales, procesos de imágenes, producción de gráficos/mapas, modelados y visualización espacial. Actualmente GRASS es usado para propósitos académicos y comerciales alrededor del mundo, así como también para muchas agencias gubernamentales y compañías de consulta ambiental. GRASS es un proyecto oficial Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)” [9].
- **GSvSIG:** “GvSIG es una herramienta orientada al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable, siendo capaz de acceder a los formatos más usuales de forma ágil tanto Raster como Vectoriales. Integra datos tanto locales como remotos a través de un origen WMS, WCS o WFS.

Está orientada a usuarios finales de información de naturaleza geográfica, sean profesionales o de administraciones públicas (ayuntamientos, diputaciones, consejerías o ministerios) de cualquier parte del mundo (actualmente dispone de interfaz en castellano, valenciano, inglés, alemán, checo, chino, euskera, gallego, griego, francés, italiano, polaco, portugués, portugués-brasileño, rumano, ruso, serbio, swahili y turco) , siendo, además, gratuita.

Dada su naturaleza de software libre (Open Source) pensamos que es de gran interés para la comunidad internacional de desarrolladores y, en concreto, para los ambientes universitarios por su componente I+D+I. De hecho se ha hecho un especial hincapié en la extensibilidad del proyecto de forma que los posibles desarrolladores puedan ampliar las funcionalidades de la aplicación fácilmente, así como desarrollar aplicaciones totalmente nuevas a partir de las librerías utilizadas en GvSIG (siempre y cuando cumplan la licencia GPL)”[10].

- **Kosmo:** “El proyecto Kosmo es la primera Plataforma SIG Libre Corporativa, distribuida bajo licencia GNU/GPL.

En él se hace uso intensivo y se desarrollan y/o integran las herramientas necesarias para satisfacer las necesidades de la mayoría de los usuarios, y para ello se implementa:

- **Kosmo Server:** Servidor de Cartografía Raster y Vectorial.
- **Kosmo Desktop:** SIG de escritorio con potente capacidad de consulta, edición y análisis
- **Kosmo Cliente Ligero:** Navegador cartográfico para conexión con Servicios basados en estándares OGC.
- **Kosmo Móvil:** Software SIG para dispositivos móviles.

Su diseño y arquitectura están basados en la gestión y análisis de la información territorial a través de Bases de Datos Espaciales, dotándolo así de carácter Corporativo.

El proyecto está en pleno desarrollo y el primero de sus componentes -Kosmo-Desktop- sigue en continua evolución, estando ya disponible para aquellos que requieran de una funcionalidad avanzada en un SIG de escritorio potente.

Hay que destacar que al día de hoy ya se encuentra implementado en numerosos sistemas de producción altamente exigentes en sus requisitos, tanto de estabilidad como de funcionalidad”[11].

- **JUMP:** “OpenJump es un Sistema de información Geográfica (SIG) código abierto (GNU), desarrollado en el lenguaje de programación JAVA. Es

mantenido y desarrollado por un grupo de voluntario de alrededor del mundo. OpenJump comenzó como JUMP GIS diseñado por Vivid Solutions.

La versión actual maneja archivos shapefiles y GML. Tiene un soporte limitado para exposición de imágenes y un buen soporte para los datos recuperados desde los servicios Web WFS y WMS. Puede ser usado como un visor de datos SIG. Sin embargo es bastante sólido al momento de editar datos geométricos y atributos” [12].

2.3.7.2 SIG Comerciales

Se presenta una lista con algunos de los SIG comerciales más conocidos:

- **GeoMedia:** “GeoMedia es el nombre de una tecnología SIG de nueva generación que Intergraph creó en el año 1996. Los criterios básicos que se tuvieron en cuenta desde su génesis fueron:
 - Funcionamiento en ambiente Windows.
 - Acceso en tiempo real y sin necesidad de conversión a todos los formatos GIS y CAD del mercado.
 - Almacenamiento de información gráfica y alfanumérica en Bases de Datos.
 - Programación con lenguajes estándares del mercado.
 - Evolución hacia plataforma Web y dispositivos móviles.” [13].
- **ArcGIS:** “ArcGis es una colección integrada de productos software SIG. Provee una plataforma base y estándar para el análisis, manejo y mapeo de datos espaciales.

Puedes usar los productos ArcGIS a través de la interfaz en tu escritorio, vía servidores y dispositivos móviles. Si eres un desarrollador, ArcGIS te provee de las herramientas para construir tu propia aplicación” [14].

- **MapInfo:** “MapInfo es una poderosa aplicación para el análisis geográfico basada en Microsoft® Windows®. Diseñado para una fácil visualización ente los datos y la geografía, MapInfo ayuda a los analistas de negocio, los planificadores, los profesionales de SIG, incluso los usuarios no-SIG a obtener nuevas informaciones sobre los mercados, compartiendo información de los diferentes mapas y gráficos, para mejorar la toma de decisiones” [15].
- **Latino Gis:** “Latino Gis es un software de sistemas de información Geográfica (SIG desarrollado con la plataforma base Latino Objects, el cual ofrece una flexibilidad al desarrollador para potenciar la funcionalidad del SIG.

El software se coloca en el centro de las soluciones y aplicaciones SIG y geoingeniería en general. La tecnología se ha diseñado para la preparación de proyectos corporativos a gran escala de empresas que en su estrategia profesional deseen mantener un nivel de productividad óptimo e integrado de sus aplicaciones.

Latino SIG, ofrece una amplia variedad de herramientas para la cartografía y para la creación y explotación de un sistema de información sobre datos geográficos.

Las herramientas desarrolladas le permiten introducir, validar, manipular, analizar y visualizar información geográfica, pudiendo manipular una combinación variada de datos de tipo Vectorial, tabular y de celdas (Raster).

La principal virtud del sistema consiste en la integración y acercamiento de las herramientas de un CAD con las funcionalidades de un SIG. En este contexto el software presenta una capacidad de generación y edición de grandes volúmenes de información geo-espacial combinado con el manejo de base de datos y una poderosa herramienta de análisis espacial representada en una sencilla interfaz” [16].

- **SuperGIS:** “SuperGIS es un poderoso software SIG de escritorio para editar, consultar, gestionar, analizar información espacial. Incluye funciones de consulta y edición, como también varias funciones de análisis, SuperGIS provee las mejores herramientas para usuarios en cualquier campo.

SuperGIS es fácil de manipular incluso para un usuario no-técnico. Para usuarios avanzados, pueden usar herramientas avanzadas y agregar herramientas para un análisis más profundo como lo son topología, 3D, estadística espacial, información espacial, funciones de GPS, manipulación de dato y muchos más. SuperGIS ayuda a todos los usuarios para tomar mejores decisiones y resolver problemas geográficos de forma eficiente. Los desarrolladores pueden personalizar SuperGIS con lenguajes de programación.” [17].

2.4 User-friendly Desktop Internet GIS o uDig

Para desarrollar el estudio sobre los Sistemas de Información Geográfica, se llevó a cabo la elección de un SIG en este caso uDig, ya que cuenta con las funcionalidades necesarias para realizar mapas y además posee una licencia open source que nos garantiza tener mayor información respecto a los elementos que conforman esta herramienta, a diferencia de que si fuese alguna otra herramienta comercial.

2.4.1 ¿Qué es uDig?

User-friendly Desktop Internet GIS (uDig), “es un Sistema de Información Geográfica Open Source de escritorio construido con Eclipse en base a la Plataforma de Cliente Enriquecido. La licencia de uDig es GNU LGPL” [18].



Figura 2.21 Logo de uDig.

Este software desarrollado, en la primavera del 2004, por la empresa “Refractions Research”, quienes ganaron un premio patrocinado por “GeoConnections” (organización de ayuda para la investigación geo-espacial en Canadá), este dinero fue invertido para financiar el proyecto uDig. Esta empresa también ha desarrollado por ejemplo PostGis. Una de las características de esta compañía es que mantiene las normas desarrolladas por el Open Spatial Consortium (OGC).

uDig cuenta con la participación adicional de GeoTools, Eclipse Foundation y Apache Software Foundation. Otra característica de este sistema open source es que sirve tanto como aplicación o como plataforma de desarrollo.

2.4.1.1 uDig como Aplicación

Trata a las capas de los mapas de la misma manera, así logra integrar una gran variedad de formatos geo-espaciales, desde archivos, bases de datos y servicios. Algunos ejemplos:

- Formato de Archivos
 - Shape.
 - GML.
 - GeoTIFF.
 - JPEG/GIF/PNG.
- Base de datos espacial
 - PostGis/PostgreSQL.
 - Oracle Spatial.
 - DB2.

- ArcSDE.
- Servicios
 - OpenGis Web Map Service.
 - OpenGis Web Feature Service.
 - WFS-T soporta leer/escribir.
 - Nasa OneEarth.
 - Geocoder US.

uDig tiene como formato de salida Shape file (.shp) para los archivos que son almacenados desde uDig.

2.4.1.2 uDig como Plataforma

uDig posee una arquitectura modular en donde los componentes se conectan. Se posee la idea de reutilización evitando grandes esfuerzos sabiendo que los software abiertos pueden proporcionar funcionalidades.

Las herramientas que aporta uDig como plataforma son:

- **Plataforma de Cliente Enriquecido:** Proporciona la funcionalidad de los plugins y la capacidad de poder ampliarlos, la capacidad de poder ocupar algunos o todos los componentes que vienen en la plataforma.
- **XML/GML framework:** Permite una carga en memoria de los mapas haciéndolos más fáciles de leer. Almacena las características de los mapas en estos lenguajes.
- **GeoTools:** proporciona las funcionalidades base para los datos geo-espaciales.

2.4.2 Plataformas y Versiones

uDig es soportado por tres tipos de plataformas como lo son:

- Windows
- Linux
- MAC OS/X

Para cada una de las plataformas existen versiones del software y del ambiente de desarrollo para que los usuarios que deseen crear puedan elegir su plataforma preferida.

También está considerado el soporte de la arquitectura de los procesadores como lo son X86(Intel) y X86-64(AMD64, de AMD).

Las versiones liberadas de uDig (según el sitio Web oficial del software) son:

- 1.0.6
- 1.1.0
- 1.1.1
- 1.2-RC2

Ésta última versión se encuentra aún bajo desarrollo, con la ayuda de la comunidad GeoTools, pero ha sido liberada para el uso de los usuarios que deseen conocerla y/o editarla.

2.4.3 Arquitectura uDig

uDig es construido alrededor del concepto de plugins con base en Plataforma de Cliente Enriquecido.

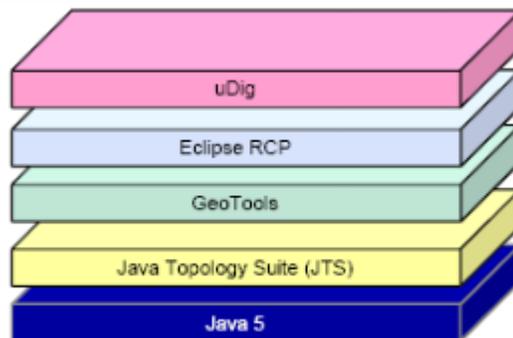


Figura 2.22 Arquitectura uDig.

La imagen muestra la arquitectura de uDig en donde la capa:

- **uDig:** Se refiere a la aplicación, la cual se forma principalmente de plugins y extensiones, que son proveídos desde la plataforma Eclipse RCP y la librería GeoTools.
- **Eclipse RCP:** Corresponde a la plataforma en donde está desarrollada la aplicación.

- **GeoTools y Java Topology Suite (JTS):** Son el conjunto de librerías en Java, normalmente JTS es considerado dentro de las GeoTools.
- **Java 5:** Hace referencia el lenguaje en que está “montado” o ambiente de desarrollo, el número 5 corresponde a la versión pero este puede variar.

2.4.3.1 RCP

“El conjunto mínimo de plugins necesarios para construir una aplicación de cliente enriquecido es conocido colectivamente como la **Plataforma de Cliente Enriquecido**” [19]. En la cual se pueden desarrollar aplicaciones de open source, aunque se puede desarrollar casi cualquier aplicación cliente.

2.4.3.2 Arquitectura RCP

Los elementos que componen la base de la Plataforma de Cliente Enriquecido se muestran en la siguiente Figura 2.23.

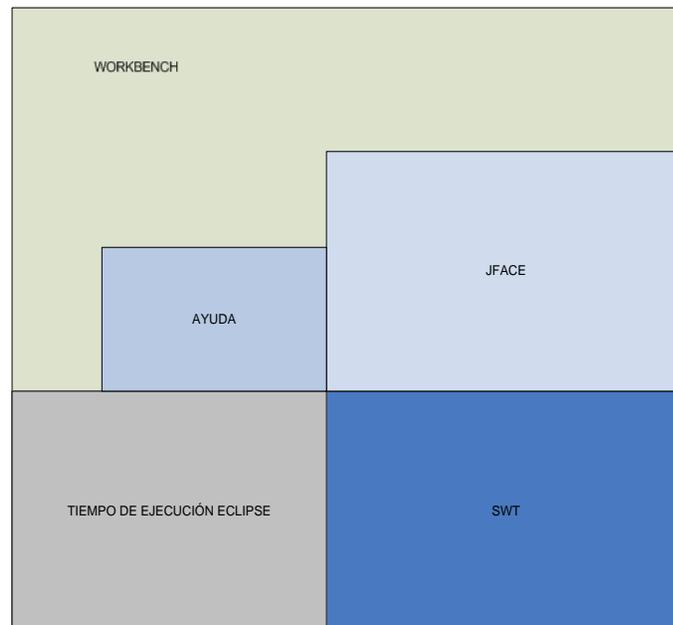


Figura 2.23 Arquitectura RCP.

En donde:

- **Tiempo de ejecución Eclipse:** Permite arranque y funcionamiento de la plataforma, interactuando por ejemplo extensiones, plugins, etc.
- **SWT:** Conjunto de herramientas “widget”, proporciona acceso eficiente y portabilidad a la interfaz de usuario.

- **JFace:** Es la interfaz de usuario, posicionada sobre el SWT.
- **Ayuda:** Soporte con contenido dinámico.
- **Workbench:** Se ubica sobre los otros elementos, proporcionando escalabilidad, ambiente multi-ventanas, editor de perspectivas, etc.

2.4.3.3 GeoTools

“GeoTools es una librería Java Open Source que provee herramientas para datos geo-espacial” [20].

El objetivo de esta librería es la manipulación de datos geo-espaciales.

Se desarrolla bajo las normas o estándares de la OGC (Open Geospatial Consortium).

Esta librería de Java es ocupada por un gran número de proyectos, tales como aplicaciones de escritorio, servidores Web, etc.

2.4.3.4 Arquitectura de las GeoTools

Esta librería Java se encuentra estructurada en capas las cuales poseen módulos dependientes. Cada uno de estos módulos tiene una función específica. A continuación se muestra en la imagen la arquitectura de la librería GeoTools:

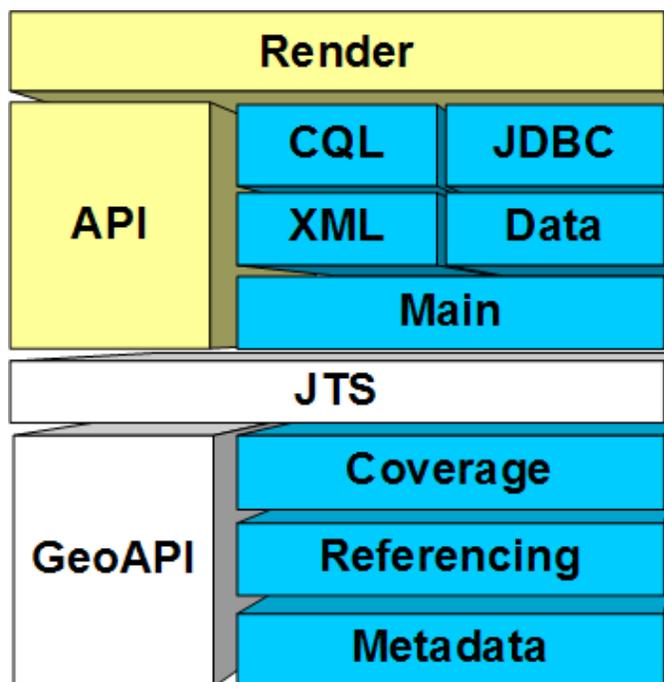


Figura 2.24 Arquitectura GeoTools.

En donde:

- **Render:** Esta capa permite dibujar los mapas.
- **API:** Muestra la interfaz pública (la que observamos como usuarios).
- **CQL:** Common Query Language, parecido a la sentencia “where” de SQL.
- **JDBC:** Conector a las bases de datos, permite la lectura de información espacial desde éstas.
- **XML:** Ayuda el análisis y codificación de la información geoespacial.
- **Data:** Para la lectura de datos espaciales.
- **Main:** Ofrece implementar filtros, característica, etc., para las GeoAPI y GeoTools. Además permite uso de constructores y clases útiles.
- **JTS:** Provee la implementación de la geometría.
- **GeoAPI:** Interfaces para sistema de referencias en coordenadas, geometría, etc.
- **Coverage:** Para leer información Raster.
- **Referencing:** Contiene las implementaciones de los sistemas de referencias en coordenadas, conversión y transformación de servicios.
- **Metadata:** Descripción de los datos espaciales, ejemplo identidad, descripción, etc.

2.4.3.5 Arquitectura de Plugins en GeoTools

Una de las grandes características que posee esta librería es el uso de los plugins, los cuales son módulos que pueden ser desarrollados por cualquier persona que tenga conocimiento del tema.

Los plugins integrados a las GeoTools permite otorgarles más opciones y/o funcionalidades., con esto complementando la librería GeoTools.

En la siguiente imagen se observan algunos plugins que fueron integrados a algunas capas de las GeoTools.

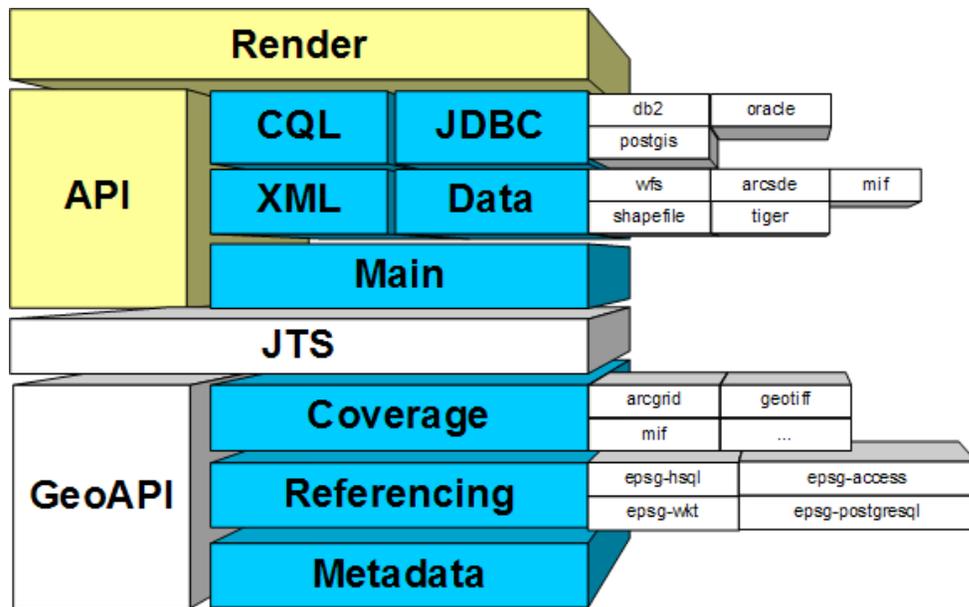


Figura 2.25 Arquitectura de Plugins en GeoTools.

En donde:

- **db2:** (Capa JDBC) Permite trabajar sobre bases de datos DB2 de IBM.
- **oracle:** (Capa JDBC) Permite trabajar sobre bases de datos Oracle de Oracle Corporation.
- **postgis:** (Capa JDBC) Permite trabajar sobre bases de datos PostGis de PostGres.
- **shapefile:** (Capa Data) Permite leer/escribir los archivos Shapefile.
- **wfs:** (Capa Data) Permite leer/escribir desde servidores WFS (Web Feature Server) de Internet.
- **arcsde:** (Capa Data) Permite la comunicación con ArcSDE de ArcGis.
- **mif:** (Capa Data) Permite leer/escribir con el formato MIF.
- **tiger:** (Capa Data) Permite la carga automática de datos.
- **arcgrid:** (Capa Coverage) Permite trabajar con el formato Arcgrid (Raster).
- **geotiff:** (Capa Coverage) Permite trabajar con el formato geotiff (Raster).
- **mif:** (Capa Coverage) Permite trabajar con el formato Mif (Raster).

- **epsg-hsql:** (Capa Referencing) Permite el trabajo con EPSG oficial de las bases de datos.
- **epsg-wkt:** (Capa Referencing) Permite el trabajo con EPSG no oficiales.
- **epsg-acces:** (Capa Referencing) Permite el trabajo con EPSG oficial enviado por Access.
- **epsg-postgresql:** (Capa Referencing) Permite el trabajo con el EPSG oficial cargado en Postgresql.

2.4.3.6 Arquitectura de Extensiones en GeoTools

Las extensiones tienen como objetivo proveer servicios adicionales. Estas extensiones son construidas “sobre” la librería GeoTools.

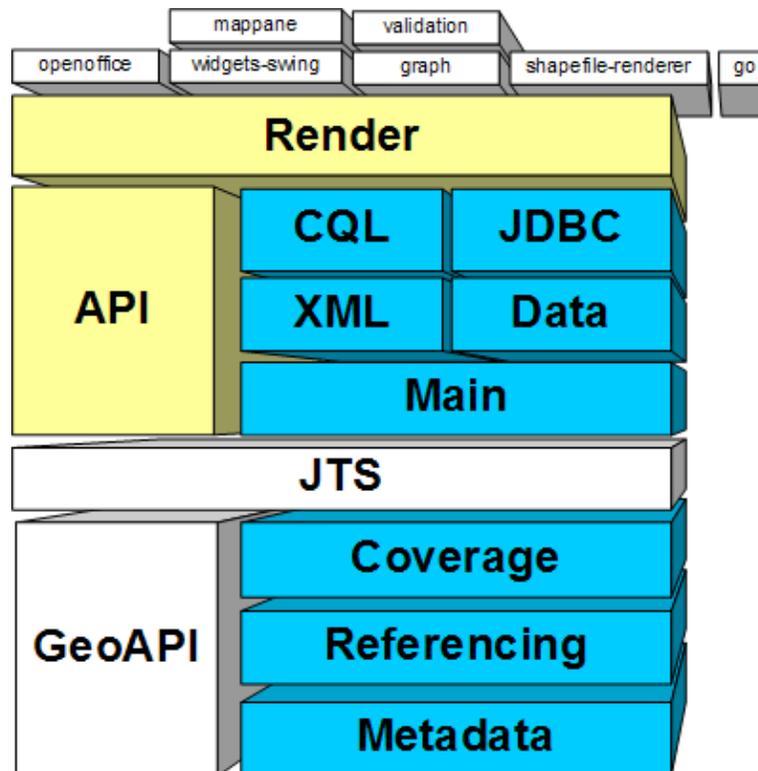


Figura 2.26 Arquitectura de Extensiones en GeoTools.

En donde:

- **openoffice:** Permite ocupar funcionalidades que provee el OpenOffice.
- **widgets-swing:** Permite la creación cuadro de diálogos, barra de estado, etc., usando el framework Swing.

- **mappane:** Permite uso de “widgets-swing” para la aplicación.
- **validation:** Usado para definir y aplicar restricciones a los datos espaciales.
- **graph:** Permite crear redes con los datos espaciales, encontrar el camino más corto entre dos puntos, etc.
- **shpfile-renderer:** Permite una rápida renderización de los Shapefile.

3 Isolíneas o Curvas de Nivel

Se realiza el estudio a las Isolíneas por la necesidad que sugiere un requerimiento del proyecto, específicamente, el desarrollar mapas de velocidad de corrosión atmosférica de manera dinámica y para tal efecto se sugirió y decidió, por parte de los encargados del proyecto, de que se ocuparán Isolíneas o Curvas de Nivel ya que en un primer intento o primera visión del proyecto se realizaron trabajos sobre un mapa estático.

3.1 ¿Qué son las Isolíneas?

Las Isolíneas son curvas que se obtienen tras unir o enlazar puntos con los que un determinado fenómeno alcanza el mismo valor. Su aplicación en la representación de fenómenos geográficos no refleja fielmente la realidad, sino que una aproximación a las variaciones de dichos fenómenos en una zona geográfica determinada.

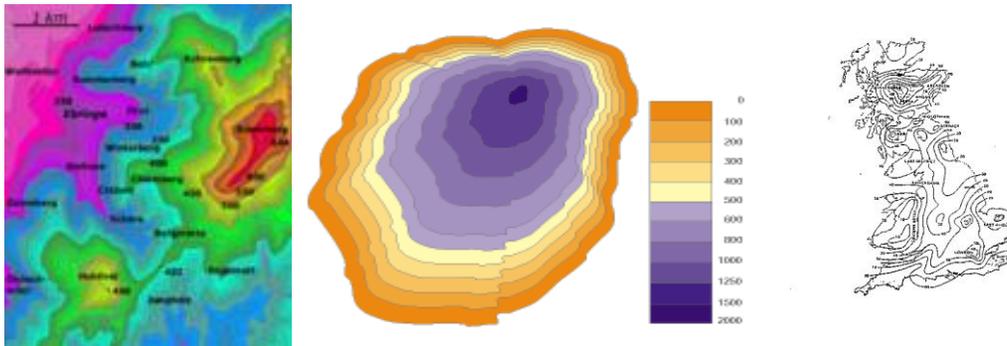


Figura 3.1 Ejemplo de mapas de Isolíneas.

3.2 Características Principales

Algunas de las principales característica que poseen las Isolíneas se listan a continuación:

- Deben ser líneas cerradas, aunque esto no suceda dentro de las líneas del dibujo.
- Cuando se acercan entre si indican un declive más pronunciado y viceversa.
- La dirección de máxima pendiente del terreno queda en el ángulo recto con la Curva de Nivel.
- Las Isolíneas no se cruzan entre sí.

3.3 Tipos de Isolíneas

A algunas Isolíneas se les suele dar un nombre específico, que comienza por el prefijo iso (del griego *ισος* (isos), que significa *igual*) según la naturaleza de la variable que se mantiene constante, aunque en muchos campos se habla simplemente de Curvas de Nivel: la Isotermas es una línea de temperatura constante; la Isopleta es una línea de presión constante; y la Isogona es una línea a lo largo de la cual un ángulo se mantiene constante (del griego *ισογονιος* = iguales ángulos).

El uso de nombres específicos está muy extendido en Meteorología, en que se usan en un mismo mapa o diagrama (generalmente, Isobaras e Isotermas) para presentar una imagen de los principales factores que afectan al tiempo.

3.4 Trazado de Isolíneas

Para el trazado de las Isolíneas de un fenómeno determinado se emplea la interpolación espacial, este proceso consiste en la estimación de los valores que alcanza una variable Z en un conjunto de puntos definidos por un par de coordenadas (X, Y), partiendo de los valores de Z medidos en una muestra de puntos situados en el mismo área de estudio.

De forma general se explican algunos de los métodos que con más frecuencia se emplean en el trazado de Isolíneas, más específicamente las técnicas que fueron investigadas para poder aplicarlas al desarrollo del proyecto, entre las que se encuentran:

- **Red irregular de triángulos (TIN):** La red triangular se forma tomando como vértice de los triángulos los puntos de datos originales. De forma intuitiva, esta solución parece acertada si se analiza que es bastante similar a la técnica de interpolación lineal aplicada por los especialistas en el trazado manual de las Isolíneas. Su exactitud depende del fenómeno que se analiza, de la distribución de los puntos de datos y de la triangulación que se obtenga.

Se conocen varios algoritmos para obtener una triangulación a partir de un conjunto S de puntos sobre un plano. El más utilizado obtiene la triangulación a partir del diagrama de Voronoi, el cual consiste en formar un polígono alrededor de cada punto "P" que pertenece a "S", garantizando que todos los puntos que pertenecen al polígono de "P" están más cerca de éste que de cualquier otro punto de "S". A este polígono se le denomina polígono de Voronoi de "P". Los triángulos se obtienen trazando segmentos de líneas rectas entre los pares de puntos cuyos polígonos de Voronoi comparten una arista.

Han sido propuestos muchos criterios de lo que constituye una buena triangulación para el trazado de Isolíneas, algunos de los cuales plantean maximizar el ángulo mínimo de cada triángulo o minimizar la suma de las longitudes de las aristas de cada triángulo.

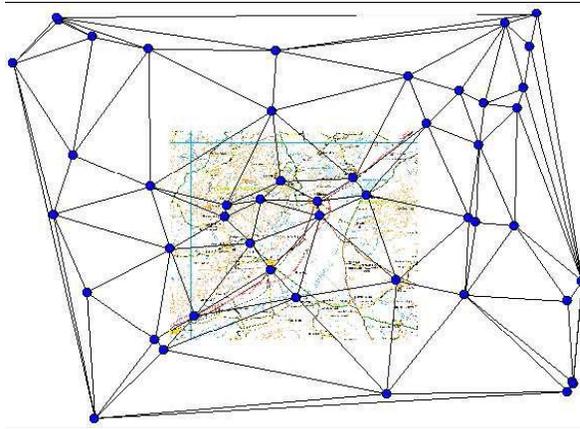


Figura 3.2 Red irregular de triángulos.

- **Superficies de tendencia por mínimos cuadrados:** La forma más simple de describir las variaciones graduales de un fenómeno es modelarlas por regresión polinomial. La idea es ajustar una superficie polinomial por mínimos cuadrados a través de los puntos de datos.

Considerando que el valor del fenómeno que se analiza ha sido medido en “n” puntos sobre la zona de trabajo, las variaciones de éste pueden ser ajustadas por una superficie polinomial de la forma:

$$Z(X, Y) = \sum_{f+S \leq P} (b_{rs} X^r Y^s)$$

Donde el entero “P” es el grado de la superficie. Los coeficientes se calculan de forma tal que se minimice el valor de:

$$\sum_{i=1}^n (Z_i - Z(X_i, Y_i))^2$$

Donde Z_i es el valor fenómeno en el punto con coordenadas (X_i, Y_i) y $Z(X_i, Y_i)$ es la evaluación de la superficie polinomial en ese punto.

Para conocer el valor estimado de un punto desconocido, basta con evaluar en la superficie ajustada.

- **Serie de Fourier:** Las Series de Fourier pueden ser usadas para describir las variaciones de un fenómeno mediante una combinación lineal de senos y cosenos. Sin embargo, estas series han sido casi totalmente abandonadas como instrumentos para la interpolación, pues en general las características de la mayoría de los fenómenos son demasiado complejas para mostrar estrictamente periódicas, por lo que se prefieren otros métodos de interpolación.

- **Spline:** El método de Spline ajusta funciones polinómicas en las que las variables independientes son “X” e “Y”. En general producen resultados muy buenos con la ventaja de poder modificar una serie de parámetros en función del tipo de distribución espacial de la variable.

El método de Spline consiste en el ajuste local de ecuaciones polinómicas en las que las variables independientes son “X” e “Y”. La forma de la superficie final va a depender de un parámetro de tensión que hace que el comportamiento de la superficie interpolada tienda a asemejarse a una membrana más o menos tensa o aflojada que pasa por los puntos de observación.

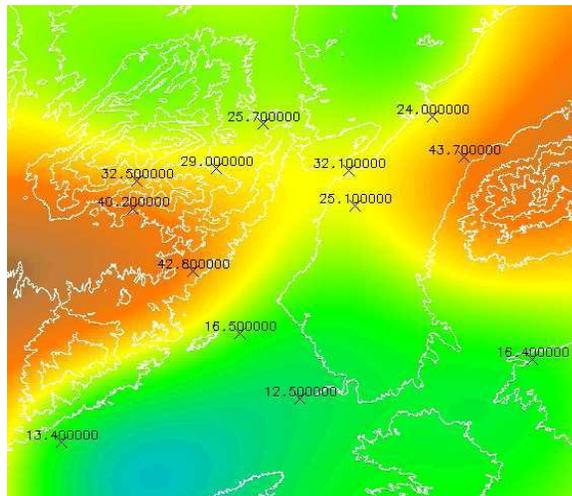


Figura 3.3 Interpolación por Spline

- **Ponderación de la Distancia Inversa (IDW):** Uno de los métodos de interpolación del valor de un punto desconocido más utilizados, es calcular el valor promedio a partir de los puntos de datos que se encuentran en una vecindad local al punto desconocido. Sin embargo, puede notarse que la influencia que, sobre el valor promedio interpolado en el punto desconocido, tiene un punto de datos más cercano a éste es mayor que la de uno más alejado, por lo que es natural sentir que la estimación debe ser ponderada por una función de la distancia entre los puntos de datos y el punto desconocido.

La ponderación más utilizada es el inverso de la distancia al cuadrado, mediante la cual, el valor estimado para el punto desconocido es expresado como:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$

Donde “n” es la cantidad de puntos dentro de la vecindad, “Z” es el valor del fenómeno en el punto de datos “i” y “d” es la distancia del punto de datos “i” al punto desconocido.

El tamaño de la vecindad tiene un efecto definido en la estimación del valor de los puntos desconocidos. Vecindades pequeña enfatizaran en las variaciones de corto rango y vecindades grandes reducirán estas variaciones a favor de efectos de rango mayor. A pesar de esto, el tamaño es usualmente establecido para que en la estimación intervengan una cantidad determinada de puntos de datos.

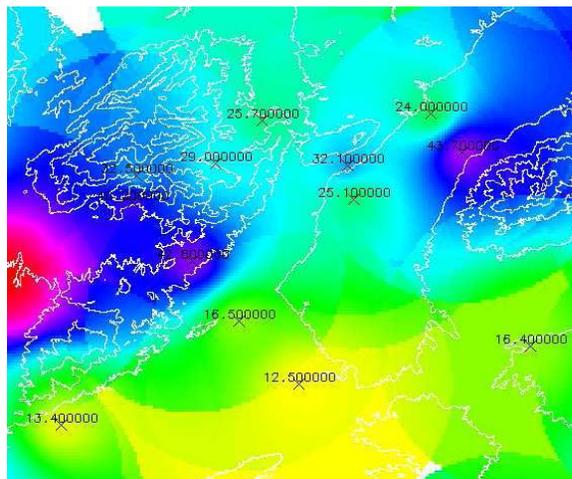


Figura 3.4 Interpolación por IDW.

- **Kriging:** Método desarrollado en el marco de la teoría geo estadística, se trata de un método muy extendido, pero es bastante complejo matemáticamente y muy exigente en cuanto a la calidad de la muestra de puntos y las mediciones realizadas de la variable que se interpola. Si esta no es adecuada son preferibles los modelos de medias ponderadas que son los más utilizados tradicionalmente debido a la sencillez de su manejo y a su robustez. Los programas de SIG suelen disponer de herramientas para su utilización o bien de modos de integrar programas específicos de geo estadística.

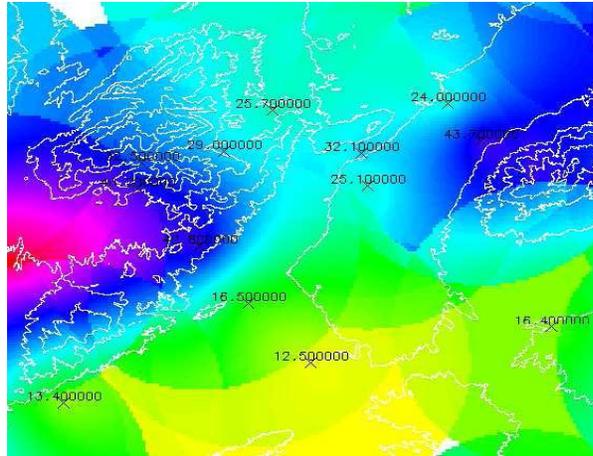


Figura 3.5 Interpolación por Kriging.

Luego de conocer las características de los métodos de interpolación para el trazado de Isolíneas, se decidió en un comienzo por el uso de interpolación por Spline, la razón de esta decisión fueron algunos resultados obtenidos en una versión de prueba del SIG ArcGis que cumplían con las expectativas del equipo de trabajo. Sin embargo, luego de estudios más a fondo y algunas pruebas realizadas en los tiempos de respuesta, se debió tomar nuevas medidas, desembocando finalmente en la opción del método IDW para la construcción de los mapas, ya que por ejemplo poseía tiempos de respuesta menores al igual que la complejidad en la implementación.

4 Desarrollo

4.1 Herramientas para Desarrollo de Mapas de Corrosión

Las herramientas elegidas corresponden a estudios y pruebas realizadas para cumplir el objetivo del proyecto. Éstas básicamente se basan en la creación de mapas, almacenamiento y muestra de información.

Para la generación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica se utilizó el SIG uDig, el cual, fue ocupado en una primera parte del trabajo, dando buenos resultados respecto a los objetivos del trabajo de título, sin embargo, después de una reunión con las personas del proyecto INNOVA, surgieron nuevos requerimientos los cuales influyeron, según el estudio realizado a uDig, de manera negativa en la elección de este SIG, ya que no lograba generar los resultados esperados. Por ende, se prefirió por la elección de otra herramienta, más específicamente la librería gráfica de PHP, conocida como GD, que logró completar satisfactoriamente los requerimientos surgidos. Es decir, la generación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica recae en el propio sitio Web desarrollado en dicho lenguaje.

Se decidió la elección de PostGis como base de datos para el almacenamiento de la información correspondiente. Las razones son:

- Se encuentra bajo licencia open source, lo que significa que es gratis y no se necesita pagar por usarla.
- Se han obtenido buenos resultados con la utilización de esta herramienta.

También se decidió ocupar la herramienta GeoServer, el cual “es un servidor de software de código abierto escrito en Java que permite a los usuarios compartir y editar los datos geospaciales. Diseñado para la interoperabilidad, que publica los datos de cualquier fuente importante de datos espaciales usando estándares abiertos” [23].

Por ende, esta herramienta nos permite administrar mapas, ya sean desde la base de datos o cualquier otro lugar de almacenaje, para su publicación y/o edición.

Para la publicación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica se emplea una herramienta llamada OpenLayers, que facilita ubicar un mapa dinámico en una página o sitio Web, corresponde a un JavaScript que es cargado por la página Web que necesite publicar un mapa.

En resumen, con estas dos últimas herramientas, la primera un servidor para el manejo de los mapas y la segunda un javascript que publica mapas en la Web, permiten alcanzar en su mayoría el cumplimiento del objetivo general de este proyecto.

En otro punto, se analizó el uso del formato Raster o Vectorial para la generación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica, se realizó una investigación que dio como resultado:

Ventajas

Tabla 4.1 Ventajas de los formatos.

Vectorial	Raster
Estructura de datos compacta por lo que se ahorra almacenamiento	Estructura de datos simple
Eficiente manejo de topología	Fácil y eficiente sobreposición
Permite mayor capacidad de análisis de redes	Buen almacenamiento de imágenes digitales
Alta precisión en preparación de mapas	Formato óptimo para variaciones altas de datos.

Desventajas

Tabla 4.2 Desventaja de los formatos.

Vectorial	Raster
Estructura de datos compleja	Ineficiente para almacenar debido al tamaño de los archivos
Dificultad para operaciones de sobreposición	Errores en perímetro y forma
No compatible con imágenes satelitales	Dificultad en análisis de redes

La principal desventaja que posee Raster es el sufrimiento de la distorsión. Como lo muestra la figura a continuación.

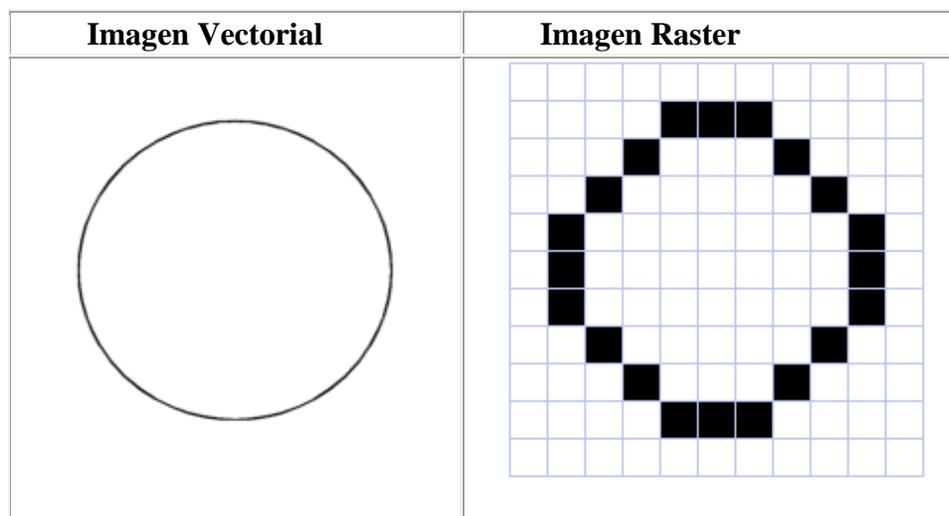


Figura 4.1 Distorsión en Raster.

La imagen muestra un buen ejemplo de lo que sucede cuando se realiza un acercamiento o expansión, en los dos tipos de datos que estamos estudiando.

Como conclusión se obtuvo que para la generación de los mapas, el tipo de formato vendrá afectado por el tipo de herramienta ocupada para la generación del mapa. En un primer punto, si se posee un SIG para la generación y publicación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica se optará por un formato Vectorial o Raster ya que el SIG maneja ambos formatos de manera eficiente, en cambio, si la generación es por medio de otra herramienta menos robusta, se prefiere un formato Raster, por ejemplo si la creación de un mapa dinámico recae en un sitio Web, como es el caso de este trabajo de título, es recomendable el formato Raster ya que es compatible con formatos de imágenes que un navegador Web puede manipular con amplio dominio.

4.2 Análisis de la Metodología a Ocupar

4.2.1 Unified Process o UP

Una las principales características que posee esta metodología es que está dirigida por los casos de uso, es decir utiliza UML en lo que se refiere al análisis y captación de requerimientos, esto nos facilita la tarea respecto a todo lo que se refiere a los primeros pasos dentro del desarrollo del software.

Además nos brinda las virtudes asociadas a un proceso incremental e iterativo. Con esto se podrán observar como avanzamos en la creación del software, debido a que nos brinda una serie de herramientas visuales con las cuales se observa dicho avance.

Una ventaja adicional que nos brinda UP es el hecho de que sea incremental pues nos permite dar una mayor cantidad de tiempo a la investigación del tema y nos brinda la oportunidad de tomar las decisiones que nos permitan realizar el trabajo de manera correcta.

Otras de las ventajas, por la cual se decidió utilizar esta metodología para el trabajo de título, son las pruebas que se deben realizar al software, asegurándose que el comportamiento requerido es el correcto y que todo lo solicitado este presente. Y es debido a todas las razones nombradas anteriormente, es que el equipo de desarrollo del trabajo de título se decidió por la utilización de esta metodología.

4.3 Casos de Uso de uDig

Este estudio se realizó en una primera parte de la investigación y antes de que surgieran requerimientos que descartara, por parte del equipo de desarrollo del trabajo de título, el uso de este SIG. Como parte de este estudio se crearon Casos de Uso de las funcionalidades más importantes, con el objetivo de tener una visión del programa más detallado y comprensible a la vez.

Los Casos de Uso que se muestran a continuación fueron desarrollados mientras se instruía de la funcionalidad de uDig y se muestran las principales.

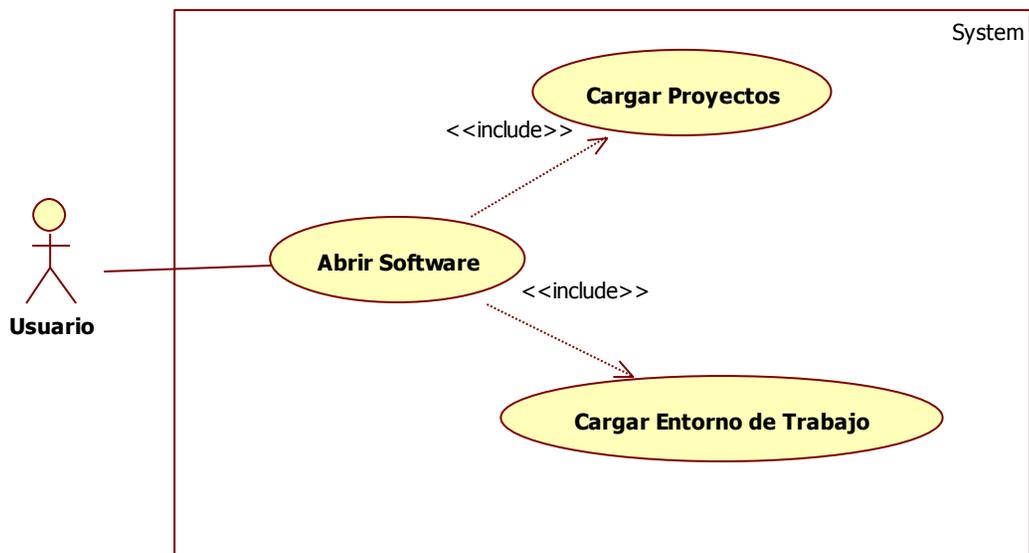


Figura 4.2 Caso de Uso Alto Nivel.

Se muestra de manera abstracta el inicio de la aplicación mostrando los elementos requeridos para una carga correcta de la aplicación.

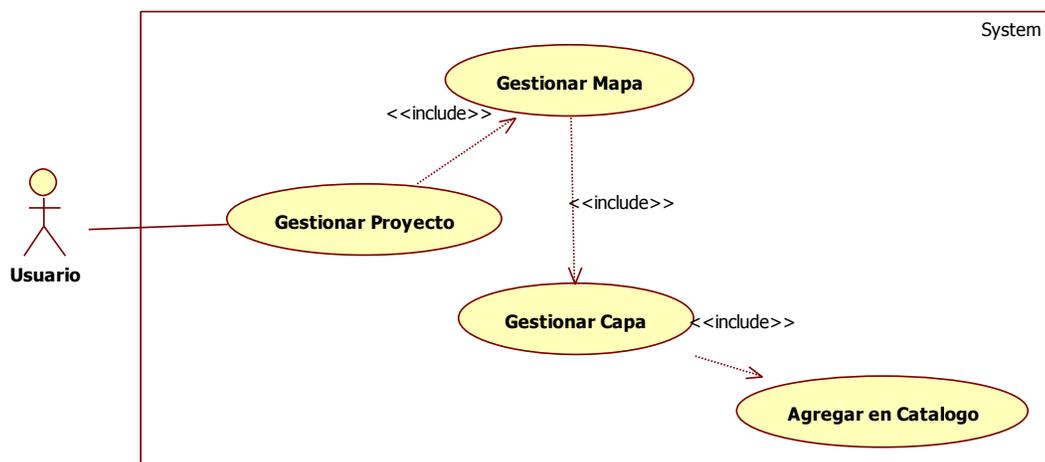


Figura 4.3 Caso de Uso Abrir Software.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.2 y muestra, una vez cargada la aplicación, las principales funcionalidades que posee respecto al manejo de mapas.

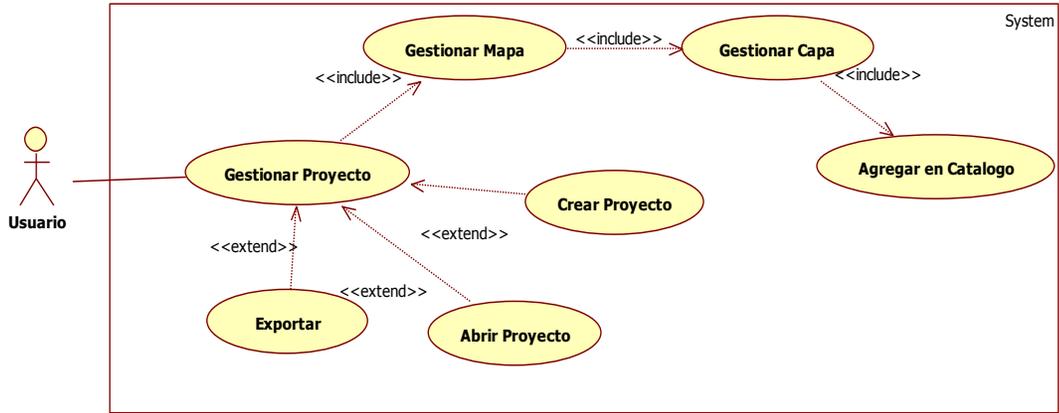


Figura 4.4 Caso de Uso Gestionar Proyecto.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.3, corresponde al módulo Gestionar Proyecto. Muestra todas las opciones disponibles para el manejo de un proyecto que contenga diferentes mapas que el usuario haya agrupado. Entre las principales opciones cuentan con agregar nuevos mapas al proyecto, exportar los mapas a diferentes repositorios de almacenaje.

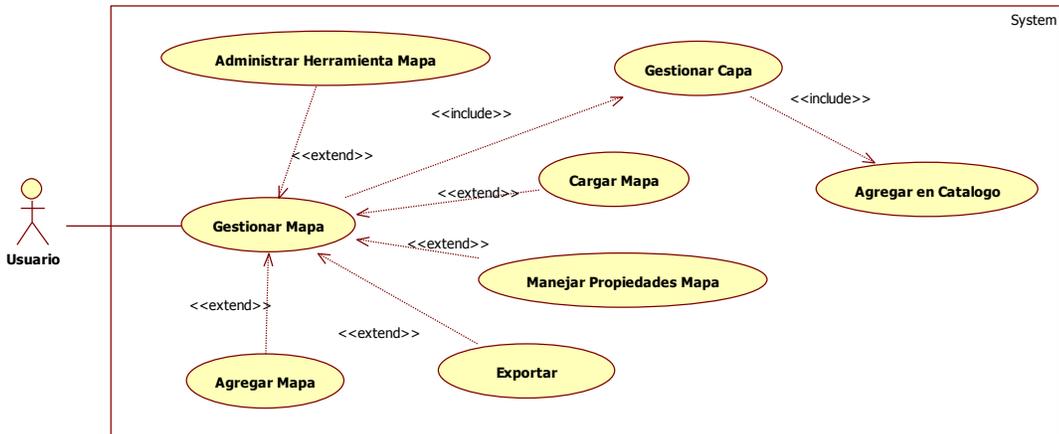


Figura 4.5 Caso de Uso Gestionar Mapa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.3, corresponde al módulo Gestionar Mapa. Muestra las opciones necesarias para manejar un mapa, principalmente la posibilidad de agregar nuevas características y datos a los mapas existentes dentro de un proyecto.

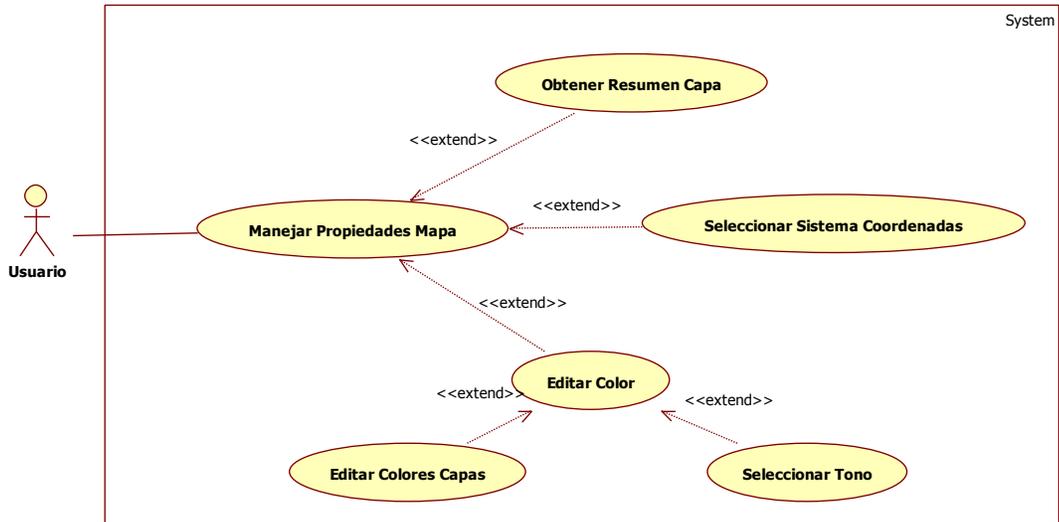


Figura 4.6 Caso de Uso Manejar Propiedades Mapa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.5, corresponde al módulo Manejar Propiedades Mapa, en donde se observa las posibilidades de administrar características de un mapa.

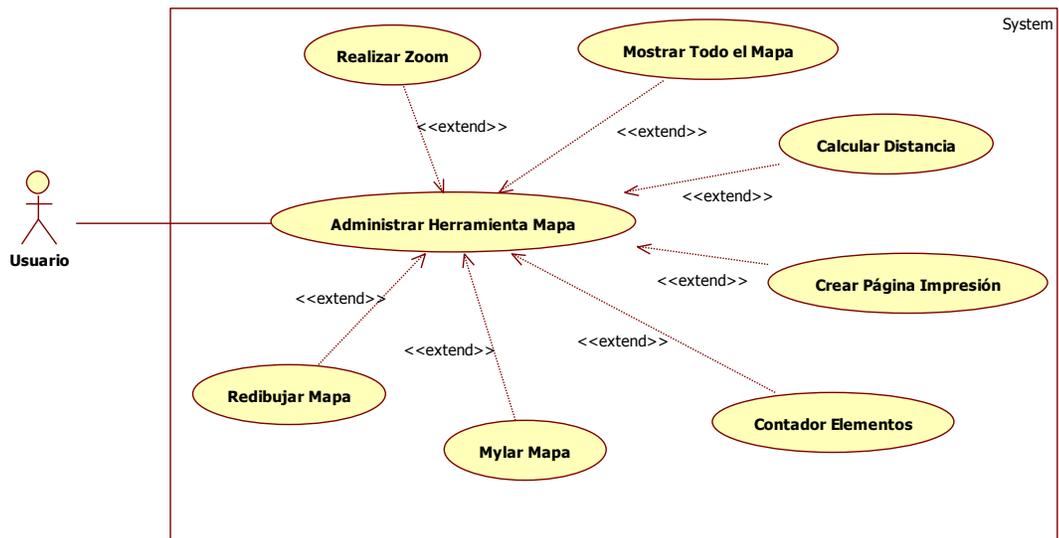


Figura 4.7 Caso de Uso Administrar Herramientas Mapas.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.5, corresponde al módulo Administrar Herramienta Mapa, se muestran las herramientas que pueden ser ocupadas sobre un mapa.

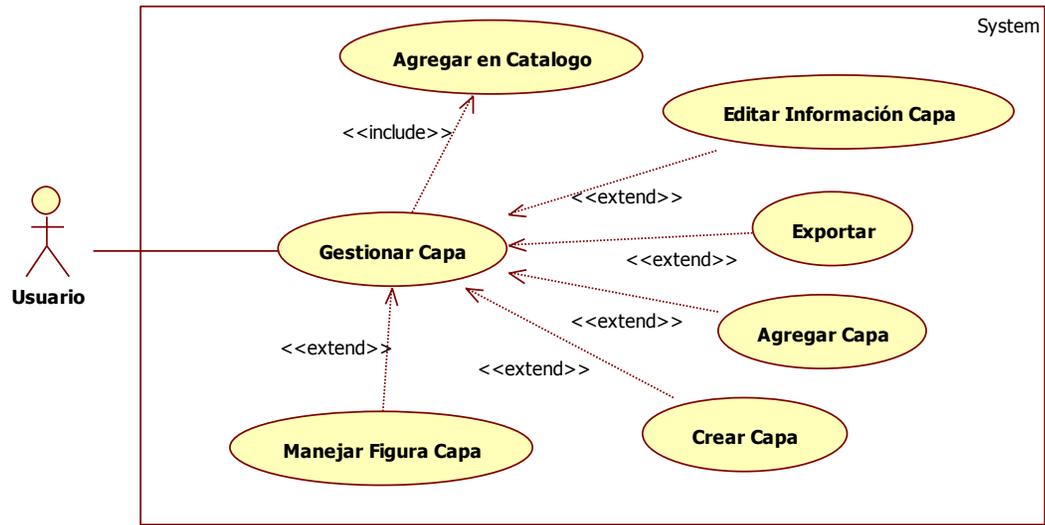


Figura 4.8 Caso de Uso Gestionar Capa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.3, corresponde al módulo Gestionar Capa. Muestra las principales opciones que posee la aplicación respecto al manejo de las capas.

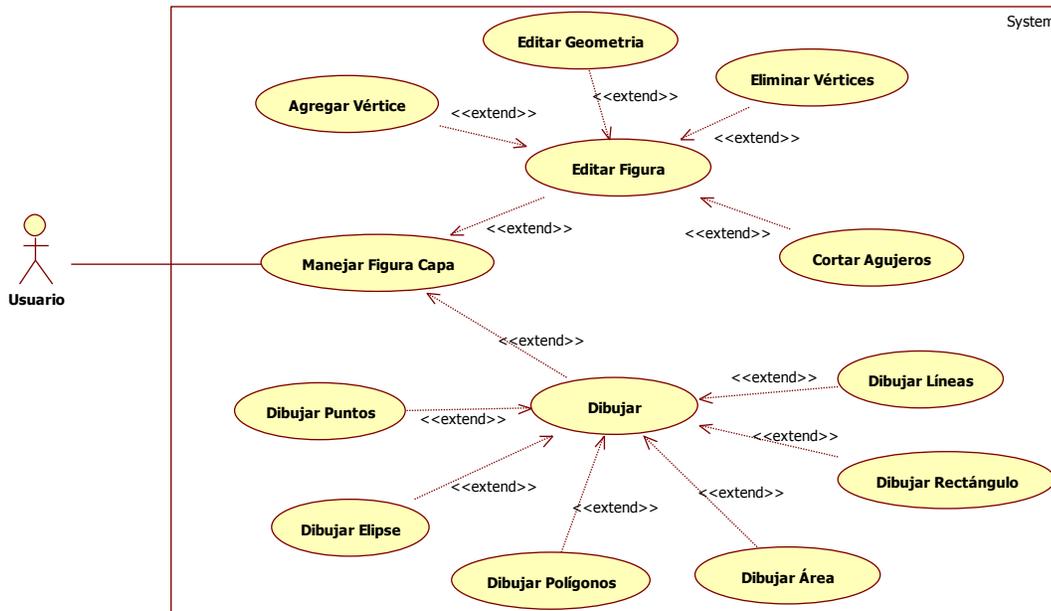


Figura 4.9 Caso de Uso Manejar Figura en Capa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.8, corresponde al módulo Manejar Figura en Capa, en donde se encuentran todas las opciones el dibujado y edición de figuras sobre una capa.

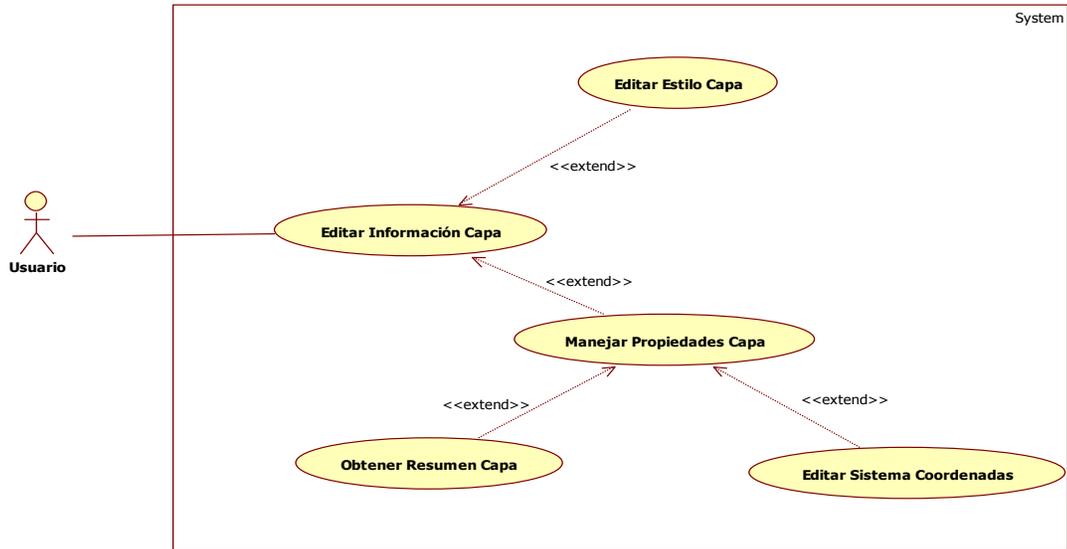


Figura 4.10 Caso de Uso Editar Información Capa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.8, corresponde al módulo Editar Información Capa, se muestran las opciones que administran la información que poseen los elementos que se encuentran al interior de una capa.

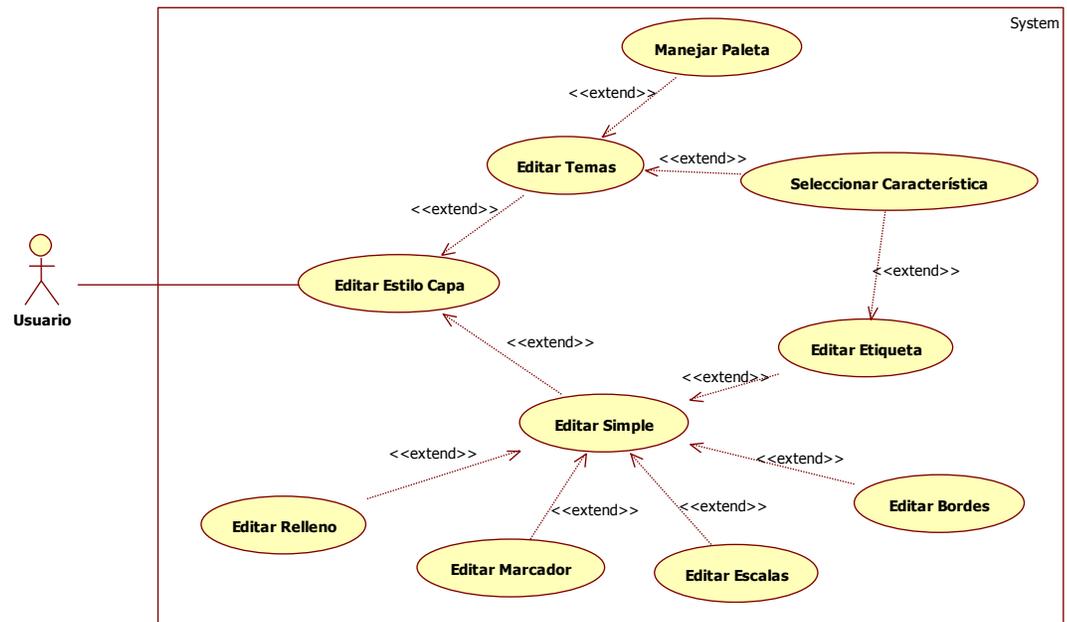


Figura 4.11 Caso de Uso Editar Estilo Capa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.10, corresponde al módulo Editar Estilo Capa, se observan las propiedades que pueden agregar a una capa en específico dentro de un mapa.

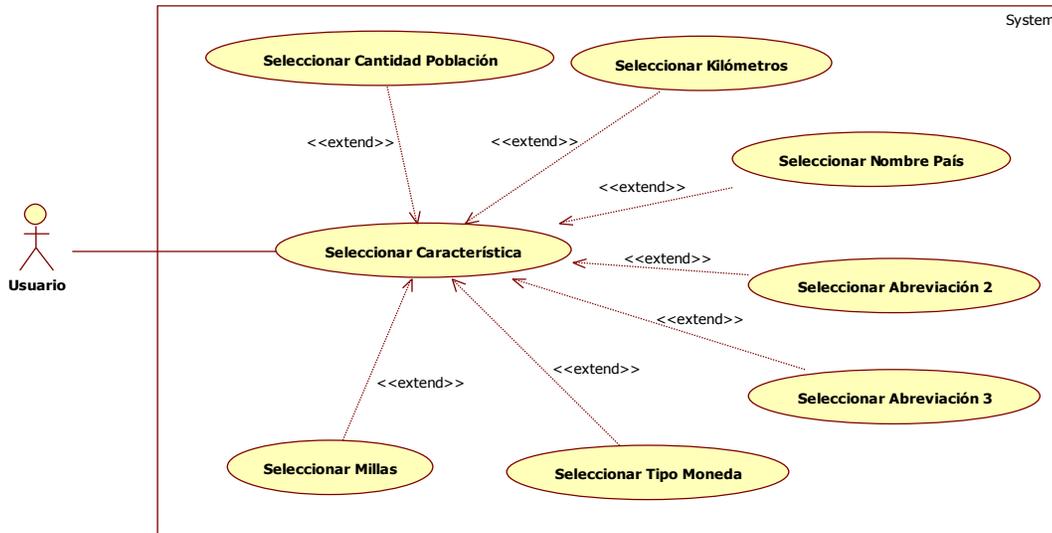


Figura 4.12 Caso de Uso Seleccionar Característica.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.11, corresponde al módulo Seleccionar Característica, se muestran las opciones que un usuario puede elegir para que sea mostrada por la capa deseada dentro de un mapa.

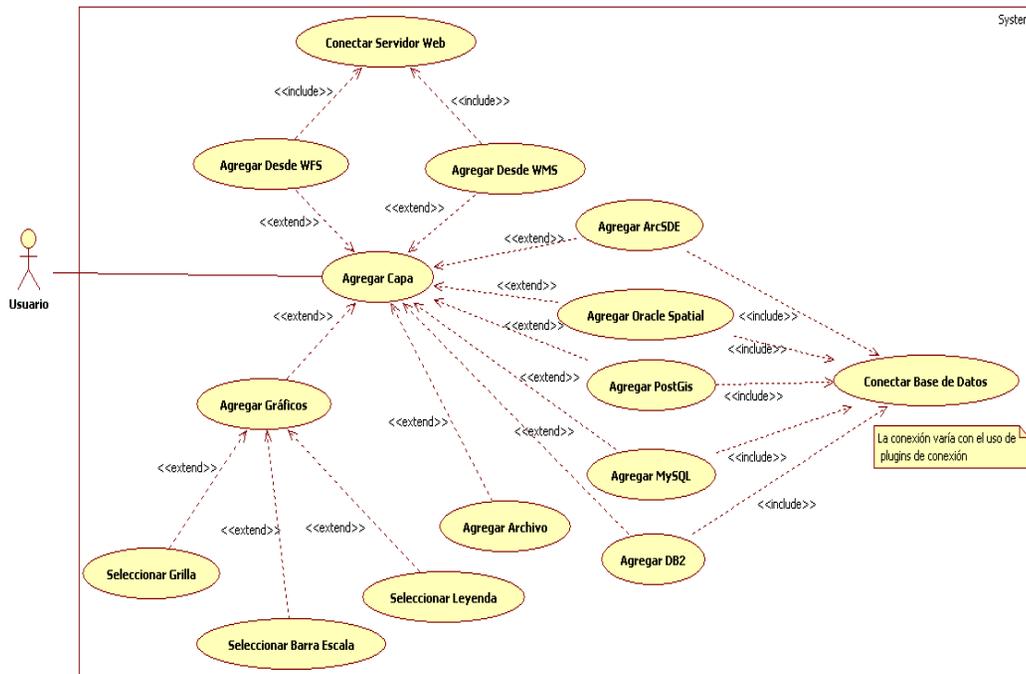


Figura 4.13 Caso de Uso Agregar Capa.

Es una división del Caso de Uso de la Figura 4.8, corresponde al módulo Agregar Capa, esencialmente es donde se puede agregar alguna capa, desde diferentes repositorios de almacenaje, a un mapa determinado.

Finalmente uDig fue descartado como herramienta para desarrollar mapas por no lograr resultados satisfactorios con respecto a los nuevos requerimientos del proyecto, aludiendo principalmente a la necesidad de que los mapas se crearan de manera dinámica en un sitio Web.

4.4 Establecimiento de las Reglas

Se establecieron algunas reglas o normas por parte del equipo de trabajo para que se trabaje sobre una base estable y/o universal. Entre las que se cuentan:

- La categorización de los niveles de la corrosividad, según la ISO 9223 (Corrosión de metales y aleaciones), la siguiente tabla muestra las categorías.

Tabla 4.3 Categorías de corrosividad.

Categoría	Corrosividad
C1	Muy Baja
C2	Baja
C3	Media
C4	Alta
C5	Muy Alta

- Se produce una categorización de los niveles de corrosividad de los metales dependiendo de un determinado rango, según ISO 9223, la siguiente tabla, extraída desde [22], muestra lo dicho anteriormente.

Tabla 4.4 “Estimación de la categoría de corrosividad de una atmósfera, según ISO 9223[13,15]” [22].

<i>Categoría de Corrosividad</i>	<i>Unidades</i>	<i>Acero</i>	<i>Zinc</i>	<i>Cobre</i>	<i>Aluminio</i>
C1	g/m ² /año µm/año	≤ 10 ≤ 1,3	≤ 0,7 ≤ 0,1	≤ 0,9 ≤ 0,1	desp. -
C2	g/m ² /año µm/año	10-200 1,3-25	0,7-5 0,1-0,7	0,9-5 0,1-0,6	≤ 0,6 -
C3	g/m ² /año µm/año	200-400 25-50	5-15 0,7-2,1	5-12 0,6-1,3	0,6-2 -
C4	g/m ² /año µm/año	400-650 50-80	15-30 2,1-4,2	12-25 1,3-2,8	2-5 -
C5	g/m ² /año µm/año	650-1500 80-200	30-60 4,2-8,4	25-50 2,8-5,6	5-10 -

- Los colores ocupados para “pintar” las diferentes áreas del mapa según la categorización anterior, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.5 Colores por categoría de corrosividad.

Categoría	Colores
C1	
C2	
C3	
C4	
C5	

- Para la construcción del mapa de corrosión debemos contar con los datos que las estaciones arrojarán, el dato que realmente se necesita es la velocidad de corrosión de los metales en estudios y para ese propósito contamos con una fórmula para obtenerla

$$C = \frac{(W_i - W_f)}{(A \cdot T \cdot D)}$$

C= Velocidad de corrosión

W_i es la masa inicial de la probeta (g),

W_f es la masa final de la probeta (g),

T es el tiempo de exposición (años),

A es el área de la probeta (cm²)

D es la densidad del metal o aleación (g/cm³)

4.5 Creación de una Base de Datos

4.5.1 Objetivo de la Base de Datos

La base de datos tiene a cargo el almacenaje de los datos de corrosión de los diferentes metales de cada estación. Además de los usuarios e información adicional para el correcto funcionamiento del sitio Web.

Se creó una base de datos en PostGis desde la cuál se leen los datos para generar información de manera gráfica para el usuario, en otras palabras genera los mapas.

4.5.2 Estructura de la Base de Datos

Se muestra en la Figura 4.14 el modelo de la base de datos que se ocupa en el proyecto.

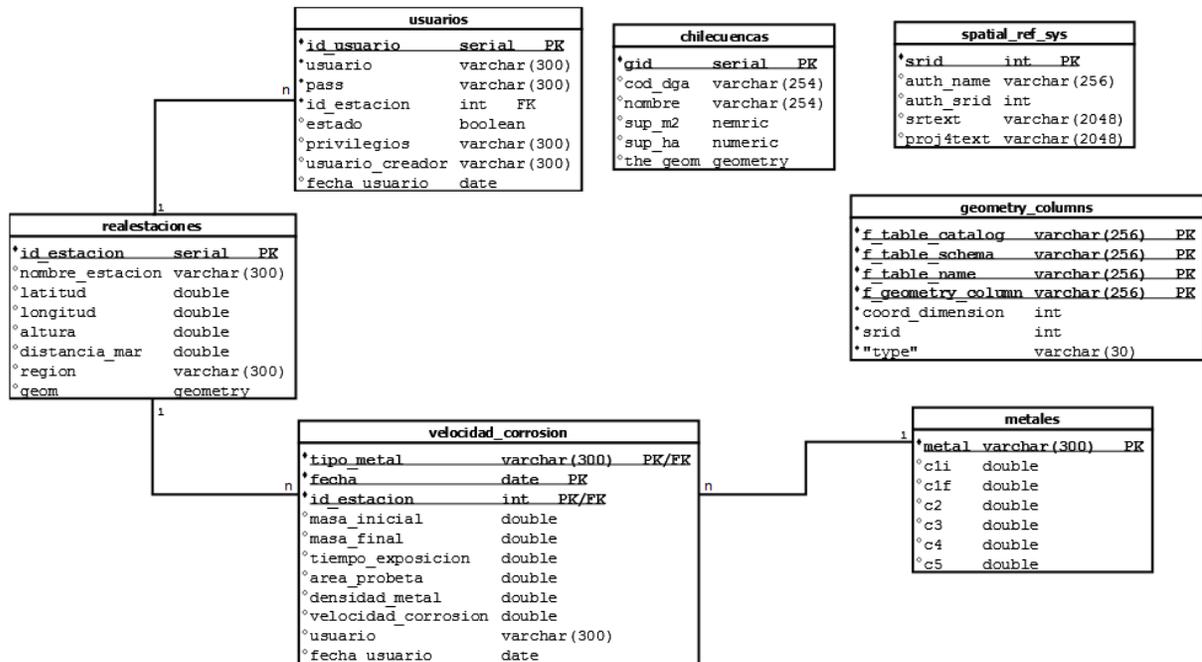


Figura 4.14 Modelo de la base de datos.

Aquí encontramos seis tablas de las cuales:

- **geometry_columns:** Es creada por PostGIS para el manejo de los datos geográficos. Principalmente esta tabla almacena los nombres, las columnas, el largo, el tipo de sistemas de coordenadas y el tipo de elemento geográfico que poseen las tablas con información geográfica, sirviendo como un catálogo.
- **spatial_ref_sys:** Es creada por PostGIS, posee alrededor 3749 sistemas de coordenadas.
- **usuarios:** Almacena a determinados usuarios que son los únicos que tienen acceso a una determinada sección del sitio Web.
- **realestaciones:** Mantiene información respecto a las diferentes estaciones.
- **velocidad_corrosion:** Es donde se almacenan los datos ingresados por algún usuario autorizado de una estación, incluyendo el dato más relevante para este proyecto la velocidad de corrosión.
- **metales:** Es donde se almacenan los nombres y los rangos de los metales o aleación en estudio.

- **chilecuencas:** Tabla donde se almacena un mapa de Chile, para ser más exacto es un mapa que posee las cuencas de Chile.

4.6 Mapa de Relieves

Tomando como modelo estudios anteriores sobre mapas de velocidad de corrosión atmosférica en otros países, más concretamente en Colombia, se buscó un mapa que mostrara los distintos relieves que posee Chile. Esto teniendo en cuenta que cada relieve tiene condiciones climáticas distintas y por lo mismo los niveles de corrosión también lo serán.

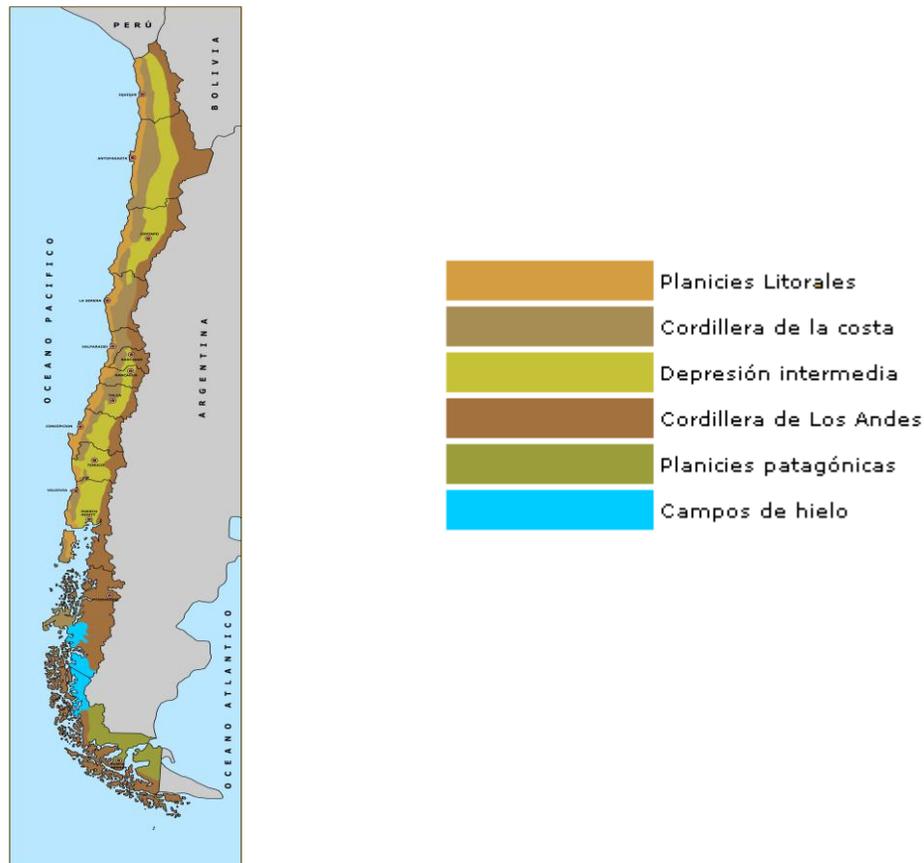


Figura 4.15 Mapa de relieves de Chile.

El mapa fue construido íntegramente en el software uDig, usando como base un mapa administrativo de Chile y como se nombró anteriormente un mapa de relieve de Chile. Gracias a las funciones que nos permite usar uDig, se dibujo manualmente cada uno de los polígonos que representan las áreas de relieve de Chile.

La Figura 4.16 fue tomada directamente de uDig, muestra uno de los muchos polígonos, aproximadamente 87, que se tuvo que hacer para darle forma al mapa de relieves.

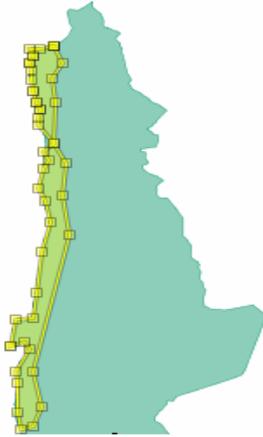


Figura 4.16 Mapa de relieve formado por polígonos.

En donde cada uno de los puntos amarillos es un vértice del polígono, las áreas que muestra la imagen es del norte de Chile más específicamente una parte de las planicies litorales.

Como las dimensiones de los mapas que se utilizaron son distintas, se tuvo un particular cuidado, al momento de dibujar, en no sobrepasar los límites administrativos y los límites de las áreas del relieve de Chile, además uno de los factores que influyó en esta tarea fue la misma geografía del país, debido a que es muy distinta a la de la mayoría de los demás países, sobre todo en la parte sur de nuestro país, por la gran cantidad de isla que existen, y por lo mismo la tarea tomó un tiempo muy prolongado para su completa realización. La Figura 4.17 muestra el resultado final.



Figura 4.17 Mapa de relieve creado.

Muestra una imagen tomada directamente desde uDig y muestra el trabajo final, es decir, cada uno de los relieves terminados.

El mapa de relieves tuvo como objetivo el poder desarrollar una primera versión de este trabajo, con resultados favorables, pero luego de unos requerimientos adicionales, surgidos en una reunión con los encargados del proyecto INNOVA, este mapa quedó obsoleto principalmente porque poseía una estructura estática a diferencia de una dinámica, como lo pedía uno de los nuevos requerimientos, por ende, se decidió aplicar Isolíneas para cumplir con una de estas nuevas necesidades.

4.7 Modificaciones Estructurales Realizadas al Proyecto

Los principales cambios realizados en el proyecto incluyen que la generación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica fuese de manera dinámica y no estática como fue desarrollado en una primera visión del proyecto, o sea, la aplicación de Isolíneas para generar los mapas.

Otro cambio surge por la necesidad de poseer un sistema o aplicación Web, para la publicación de mapas e ingreso de datos de corrosión, y no de escritorio, ya que, al ser un sitio Web va poseer una disponibilidad mayor para quienes deseen acceder a él, evitando además la necesidad de una instalación de manera masiva en los diferentes computadores de trabajo de los encargados de las estaciones.

En una primera visión del trabajo se preveía el desarrollo de módulos para cumplir el objetivo general del proyecto. Para tales efectos se diseñó primero un pequeño programa de escritorio, realizado en Java y llamado “Data Entry”, con el objetivo del ingreso de datos de corrosión a una base de datos en PostGis, para luego leer esta información por uDig con la idea de “pintar” un mapa estático de relieves de Chile, el cual fue “dibujado” por el grupo de trabajo.

Se contaba con otros sub-módulos que se encontraban agrupados en un sólo módulo llamado “MapCorrosionTotal” (MCT).

El MCT se divide en dos sub-módulos el primero llamado “MapCorrosionUploader” (MCU), encargado de tomar los mapas realizados por uDig y subirlos a un servidor Web, pero con el estudio de la herramienta GeoServer, que realiza el trabajo de servidor Web para datos geo-espaciales, se reemplaza este primer sub-módulo, MCU, ya que GeoServer incluye la posibilidad de importar, desde varios tipos de repositorios de almacenaje, de forma directa datos espaciales al servidor Web sin la necesidad de un módulo intermedio como lo hubiese hecho el MCU.

En relación al segundo sub-módulo llamado “CalculationCorrosion” (CC), encargado de calcular la velocidad de corrosión. Esto lo realizaba calculando el promedio de la velocidad de corrosión, de cada tipo de metal o aleación, que poseían las estaciones existentes dentro del mismo tipo de relieve, este valor se transforma en el patrón para poder “pintar” los mapas de velocidad de corrosión atmosférica. Con la nueva idea de que los mapas fuesen dinámicos se

decidió de que estos se debían “pintar” según las Isolíneas o Curvas de Nivel que se fuesen creando de manera dinámica y no ocupar los promedios para establecer el valor de la corrosión a “pintar” ya que no representa un buen patrón. Además se estableció el ocupar una fórmula para el cálculo de la velocidad de corrosión.

Sin embargo la idea fundamental de algunos de estos módulos o sub-módulos se mantiene para el sitio Web y los nuevos requerimientos. Como lo son por ejemplo la posibilidad de ingresar datos (caso del “Data Entry”) y realizar cálculos con estos datos para obtener la velocidad de corrosión (caso del CC).

Gracias a la aplicación de UP, se logró efectuar cambios de manera eficiente en diferentes iteraciones. Ya que los resultados que se obtenían al final de cada iteración se verificaban si se cumplía con los nuevos requerimientos. Al observar que los nuevos cambios se satisfacían, estos iban siendo acoplados al sitio Web.

4.8 Aplicación de UP al Proyecto

Como se especificó en el objetivo general del proyecto, el sitio Web tiene como meta crear mapas de velocidad de corrosión atmosférica y publicar este tipo de mapas. Además de permitir el ingreso manual de datos provenientes desde las diferentes estaciones, especialmente para el cálculo de la velocidad de corrosión atmosférica. Entre estos datos se debe incluir Masa Final, Masa Inicial, Tiempo Exposición, Área de Probeta y Densidad del Metal.

Se desarrolló un Caso de Uso de Alto Nivel el cual de manera muy abstracta muestra las secciones y/o funcionalidades del sitio Web.

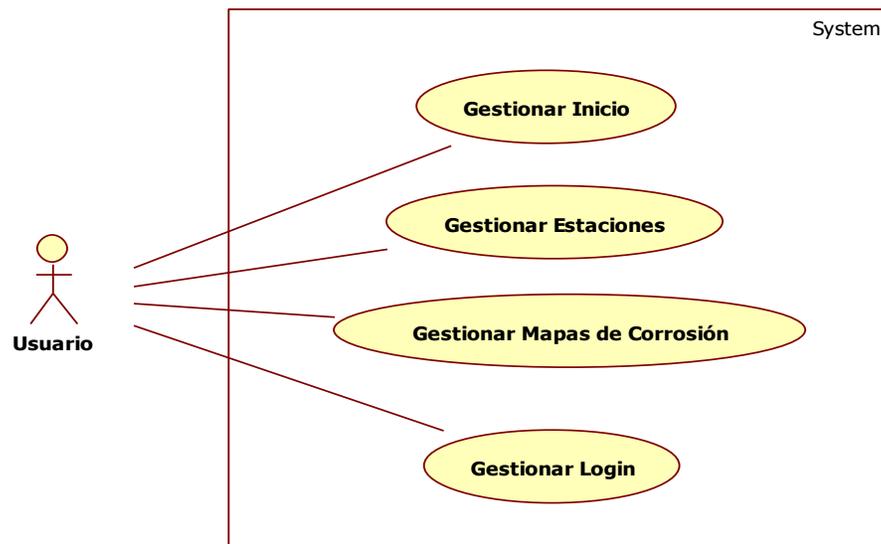


Figura 4.18 Caso de Uso Alto Nivel del sitio Web.

Muestra las secciones principales que componen el sitio Web.

A continuación se presentan las iteraciones realizadas para el desarrollo del sitio Web, estas iteraciones se encuentran basadas en la metodología UP, quien se fundamenta en cuatro fases fundamentales:

- **Inicio:** Define el avance y objetivos del proyecto o la iteración.
- **Elaboración:** Especificación de características y arquitectura base.
- **Construcción:** Desarrollo del producto.
- **Transición:** Transición del producto al usuario. En este trabajo esta fase será para mostrar pantallazos de la aplicación con los objetivos establecidos en la fase de Inicio de la iteración.

Estas iteraciones sirven para que el trabajo avance con mejoras que se obtienen tras cada iteración. Estas se muestran a continuación basándose en lo establecido al inicio de este subcapítulo.

ITERACIÓN 1: Sección “Estaciones”

Inicio: Dispondrá de una sección dentro del sitio Web que muestre la información con respecto a las distintas estaciones, incluyendo mediciones, imágenes, etc.

Elaboración: Se muestra un Caso de Uso que propone opciones y/o funcionalidades respecto a ésta sección.

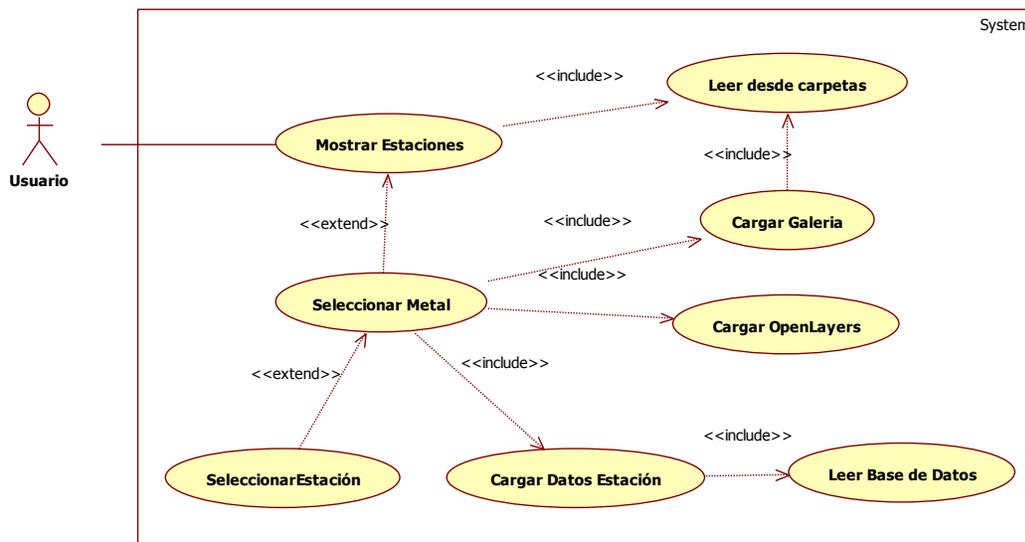


Figura 4.19 Caso de Uso Gestionar Estaciones.

Muestra las funcionalidades que componen la sección Gestionar Estaciones. En donde un usuario puede elegir una estación, desde una lista con todas las estaciones, para luego cargar toda la información existente sobre ella.

Construcción: Se muestra un modelo vista- controlador en forma de diagrama de secuencia adaptado a la sección del sitio Web. Con un escenario exitoso.

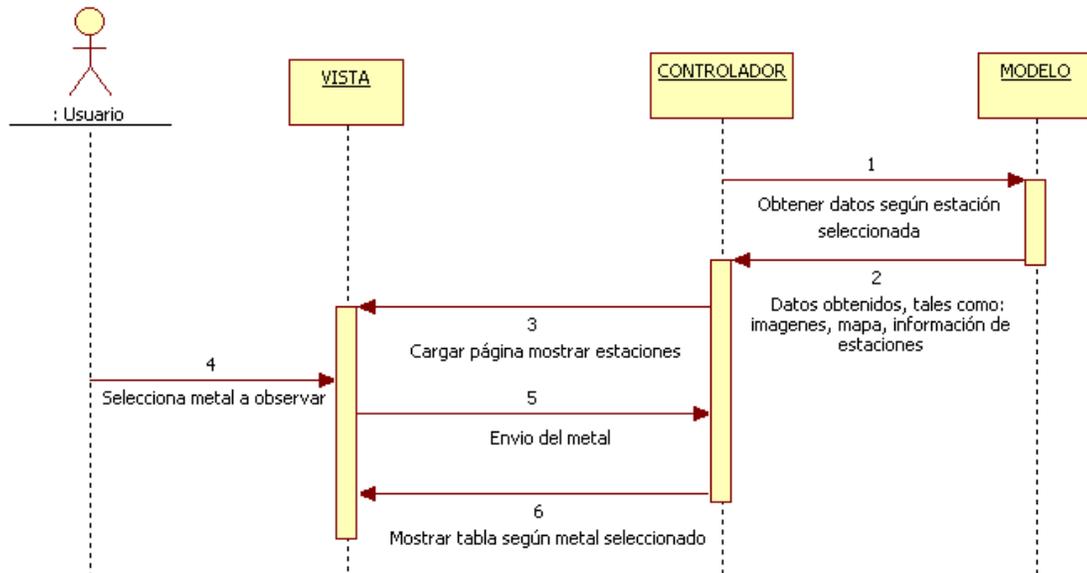


Figura 4.20 Modelo vista-controlador sobre carga de metal.

Este diagrama muestra la opción de observar un metal determinado según una selección previa de una estación.

Transición: Se muestran pantallazos de la sección en funcionamiento.

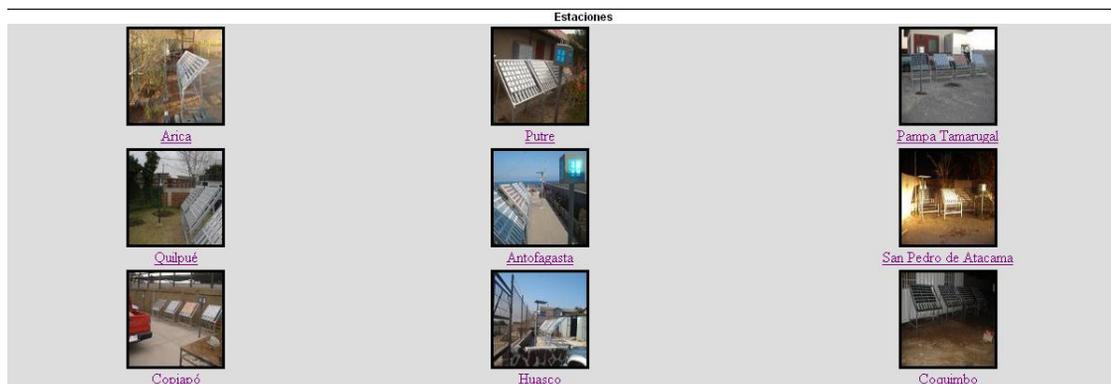


Figura 4.21 Pantallazo lista de estaciones.

Lista con imágenes de todas las estaciones existentes.

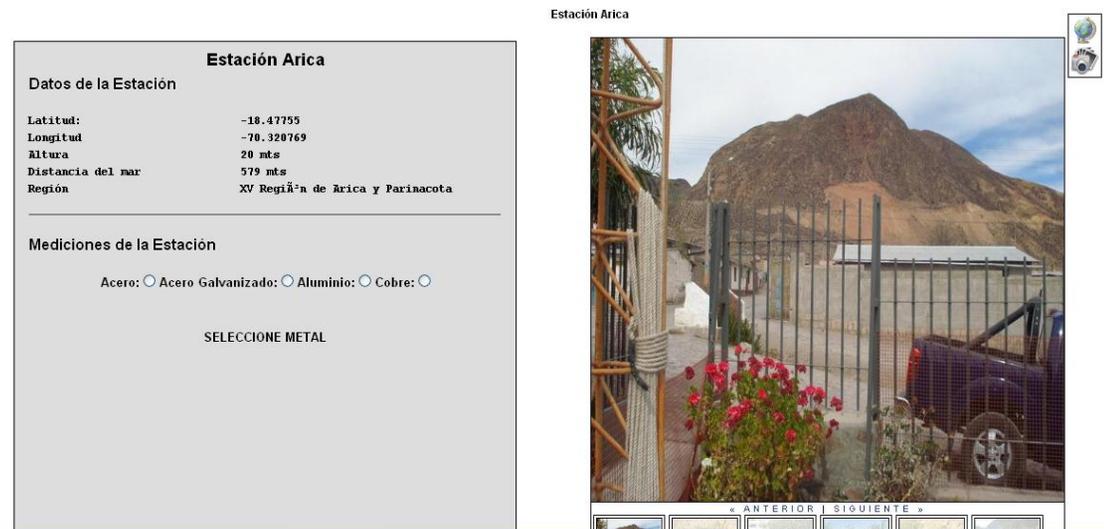


Figura 4.22 Pantallazo selección de una estación.

Muestra información de una estación seleccionada previamente.

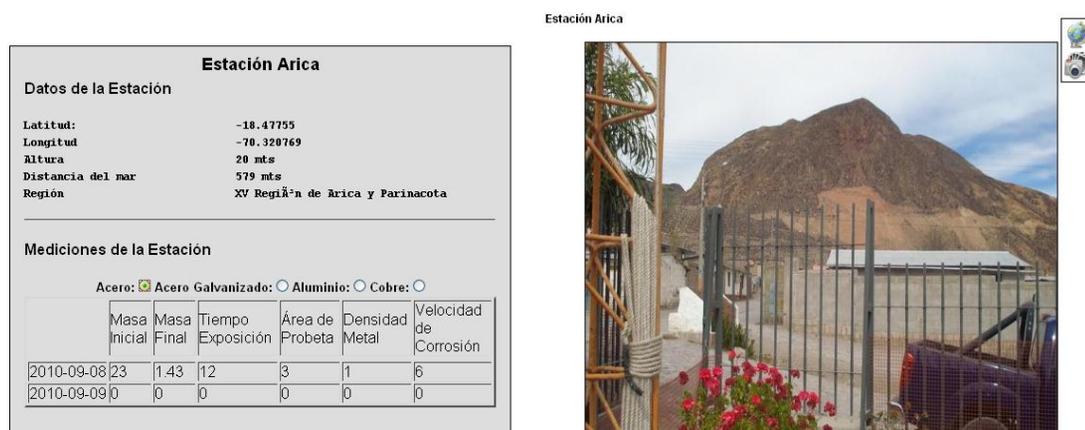


Figura 4.23 Pantallazo selección de metal a observar.

Muestra las mediciones correspondientes a una determinada estación, este pantallazo corresponde al diagrama vista-controlador en forma de secuencia mostrado anteriormente.

ITERACIÓN 2: Sección “Mantenedores”

Inicio: Dispondrá de una sección dentro del sitio Web que permita el ingreso de datos, correspondientes a los metales o aleaciones de una estación en particular, necesarios para el cálculo de la velocidad de corrosión. Entre estos datos se encuentran la Masa Inicial, Masa Final, Fecha Extracción, Área de la Probeta, Tipo de Metal, Tiempo de Exposición y Densidad de Metal.

Además se incluye la funcionalidad del cambio de password para los usuarios que crean necesario realizar esta operación.

Un punto importante en esta sección es la seguridad y/o restricción de acceso a determinados usuarios, sólo aquellos que posean los permisos requeridos podrán ingresar aquí para introducir datos de sus correspondientes estaciones, por ejemplo Administradores de las estaciones, Administrador General, etc.

Elaboración: Se muestran Casos de Uso que propone opciones y/o funcionalidades respecto a ésta sección.

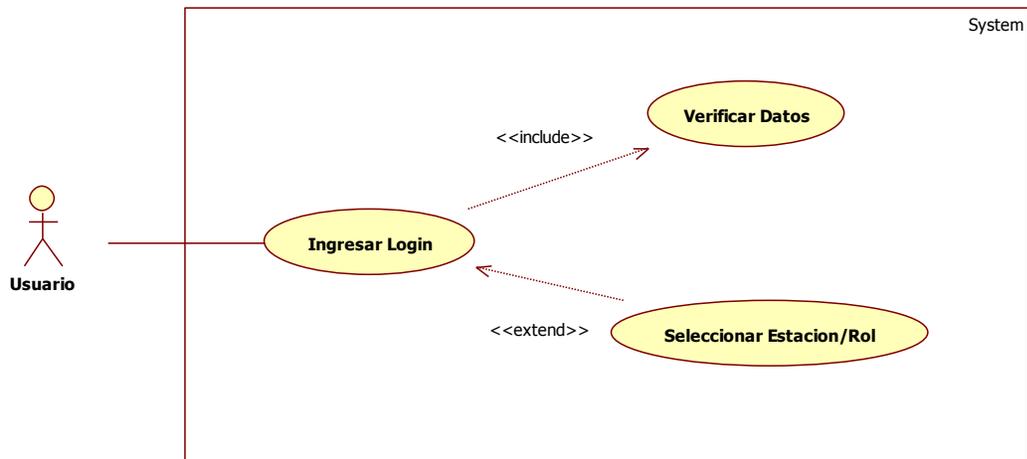


Figura 4.24 Caso de Uso Gestionar Login.

Muestra el Caso de Uso un elemento de seguridad de acceso. Este elemento se encuentra al inicio de la sección “Mantenedores”.

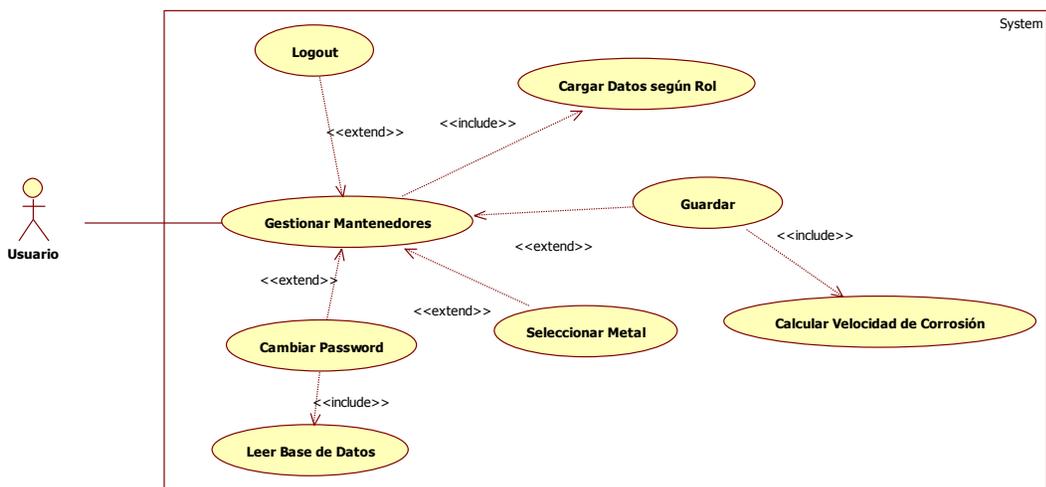


Figura 4.25 Caso de Uso Gestionar Mantenedores.

Al tener un ingreso exitoso en el Gestionar Login, se “despliega” el siguiente Caso de Uso correspondiente a los “Mantenedores”. En donde la información que se carga se muestra según el tipo de rol o permiso que posee el usuario que ingresa.

Construcción: Se muestran modelos vista- controlador en forma de diagrama de secuencia adaptado a la sección del sitio Web. Corresponden a escenarios exitosos.

En algunos diagramas de esta sección se incluye un “Usuario(estación)”, este se refiere que es un usuario que posee ingreso adicional al sitio Web, ya sea que es Administrador de alguna estación o es el Administrador General.

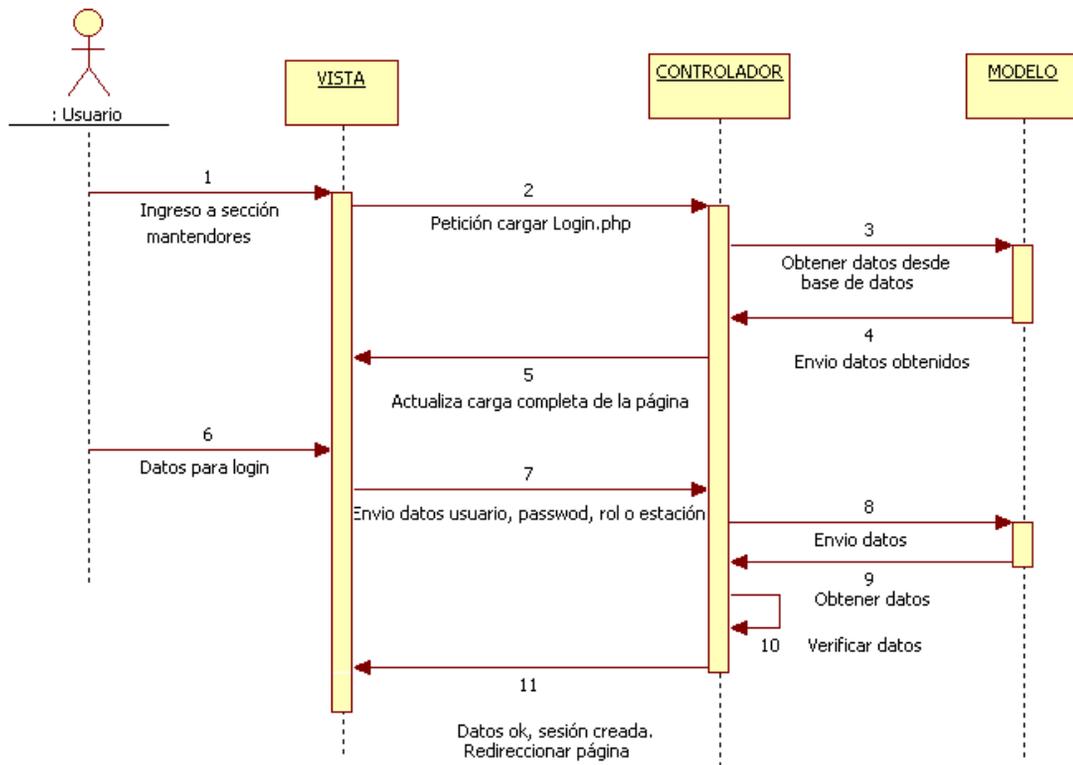


Figura 4.26 Modelo vista-controlador sobre ingreso por medio del “Login”.

Ingreso a través del “Login”, hacia la sección “Mantenedores”, de manera exitosa.

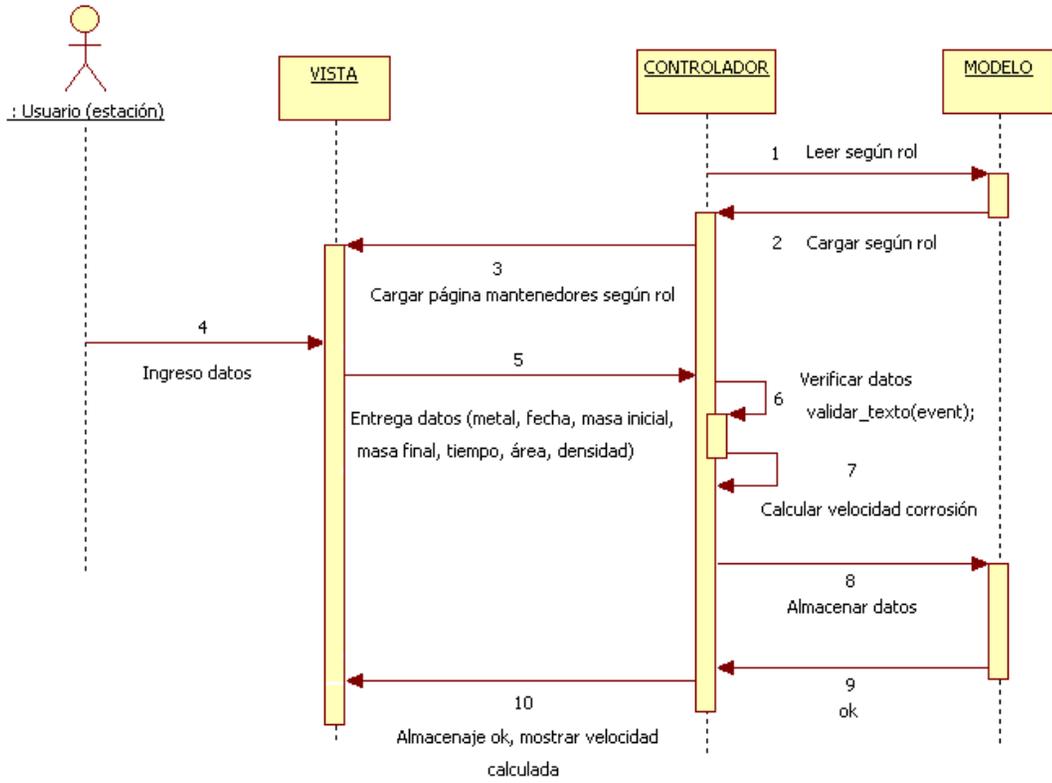


Figura 4.27 Modelo vista-controlador sobre ingreso de datos.

Después de un ingreso exitoso desde el “Login” se dispone de información correspondiente al rol que tiene el usuario que ingresó. Luego este ingresa datos para calcular la velocidad de corrosión y es almacenada en una base de datos.

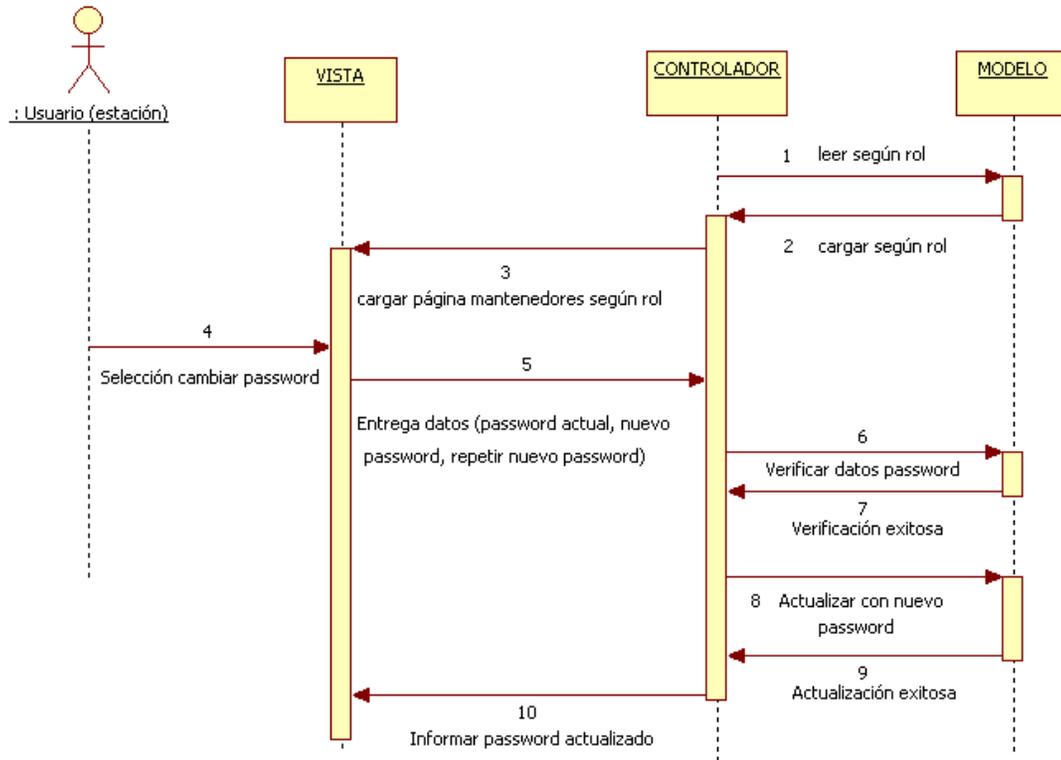


Figura 4.28 Modelo vista-controlador sobre cambio password.

El usuario realiza cambio de password de manera exitosa

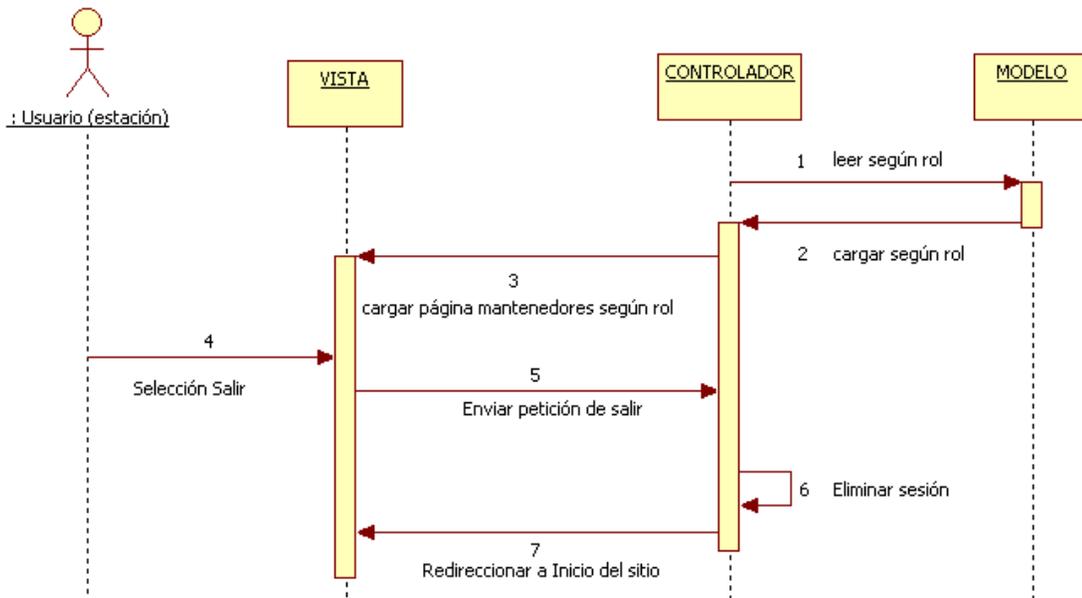


Figura 4.29 Modelo vista-controlador sobre cerrar sesión.

El usuario desea abandonar la sesión correspondiente, esto ocurre en el diagrama de manera exitosa.

Transición: Se muestran pantallazos de la sección en funcionamiento.

The screenshot shows a login form titled "Login Mantenedores". It contains three input fields: "Usuario" (text), "Password" (text), and "Estación" (dropdown menu with "Administrador" selected). Below the fields is a button labeled "Ingresar".

Figura 4.30 Pantallazo "Login".

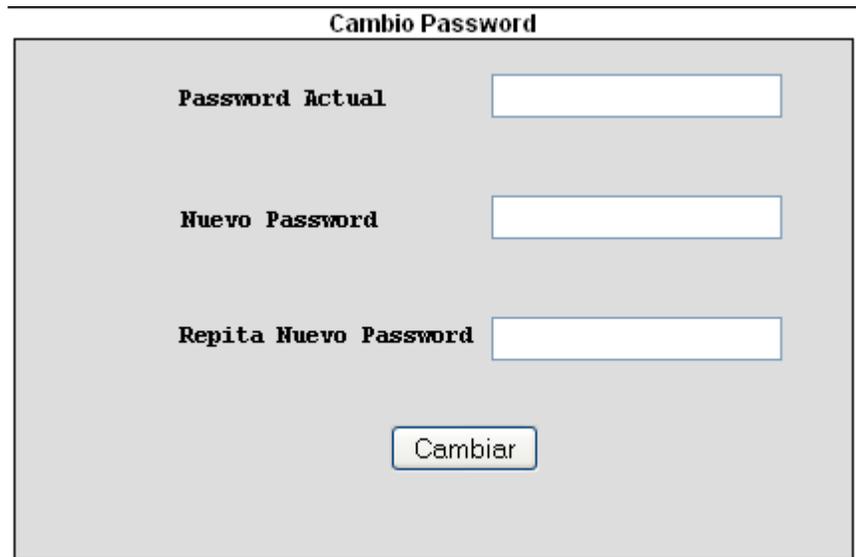
Se muestra el "Login" de la sección "Mantenedores", en donde, se pide que ingrese el usuario con su correspondiente password, además de seleccionar si es el Administrador General o seleccionar la estación a la cual corresponde.

The screenshot shows a form titled "Mantenedor arica Estación Arica" with the subtitle "VELOCIDAD DE CORROSIÓN". It contains several input fields: "Estación" (text, "Arica"), "Metal" (dropdown, "Acero"), "Fecha" (text), "Masa Inicial" (text), "Masa Final" (text), "Tiempo Exposición" (text), "Área de Probeta" (text), and "Densidad del Metal" (text). Below the fields is a button labeled "Guardar". At the bottom, there is a label "Velocidad de Corrosión" and an empty text input field.

Figura 4.31 Pantallazo formulario corrosión.

Corresponde al formulario de ingreso de datos para el posterior cálculo de la velocidad de corrosión.

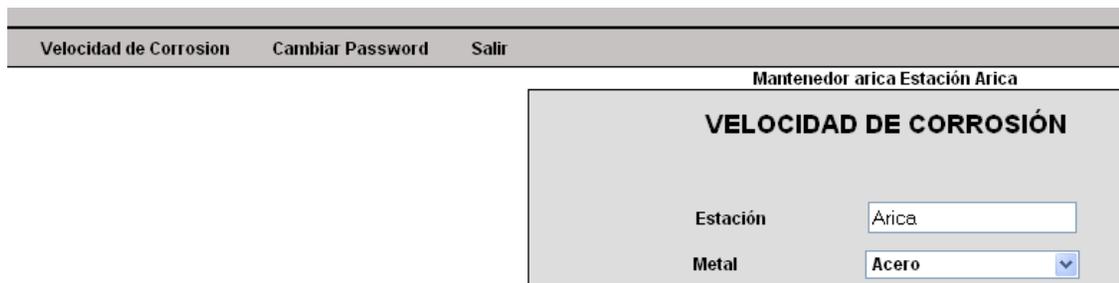
Aclarar además que el cuadro de texto que aparece con etiqueta “Velocidad de Corrosión”, es donde se muestra el valor del cálculo realizado con la fórmula correspondiente, según los datos provistos en el formulario y no puede ser alterado de forma manual.



The screenshot shows a web form titled "Cambio Password". It contains three input fields: "Password Actual", "Nuevo Password", and "Repita Nuevo Password". Below these fields is a button labeled "Cambiar".

Figura 4.32 Pantallazo para el cambio de password.

Corresponde a la opción de “Cambio de Password”.



The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing "Velocidad de Corrosion", "Cambiar Password", and "Salir". Below the navigation bar, there is a section titled "Mantenedor arica Estación Arica". Inside this section, there is a sub-section titled "VELOCIDAD DE CORROSIÓN". This sub-section contains two input fields: "Estación" with the value "Arica" and "Metal" with the value "Acero" and a dropdown arrow.

Figura 4.33 Pantallazo cerrar sesión.

Se observa la opción “Salir” de la sección “Mantenedores”, redireccionando a la sección “Inicio” del sitio Web, como lo muestra la figura a continuación.

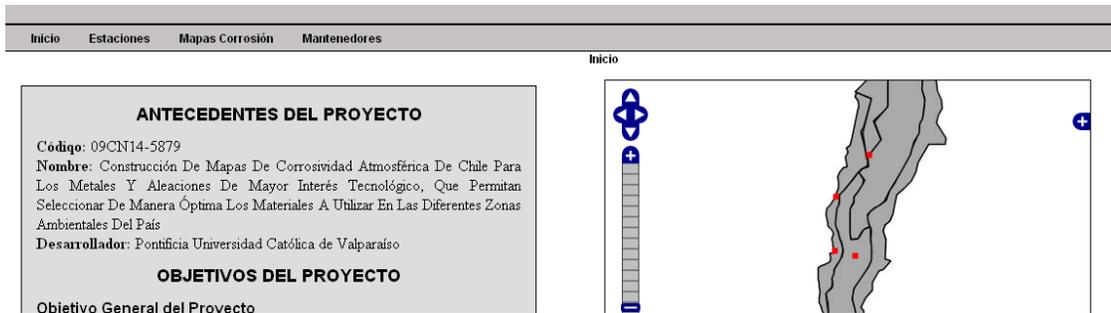


Figura 4.34 Pantallazo de la sección “Inicio”.

Al final de esta iteración se llevó a cabo una reunión con todos los encargados del proyecto INNOVA, llegando esencialmente al ingreso de unos nuevos requerimientos que son crear mapas de velocidad de corrosión atmosférica con Isolíneas o Curvas de Nivel de manera dinámica y que todo fuera una aplicación Web. Esto influye directamente en la siguiente iteración.

ITERACIÓN 3: Sección “Mapas de Corrosión”

Inicio: Dispondrá de una sección dentro del sitio Web que genere los mapas de velocidad de corrosión atmosférica de manera dinámica, esto se logrará con el desarrollo de Isolíneas o Curvas de Nivel las cuales se crearán de acuerdo a los datos seleccionados previamente. Una vez seleccionado los datos necesarios se producirán los mapas y se mostrarán en esta misma sección.

Elaboración: Se muestran unos Casos de Uso que propone opciones y/o funcionalidades respecto a ésta sección.

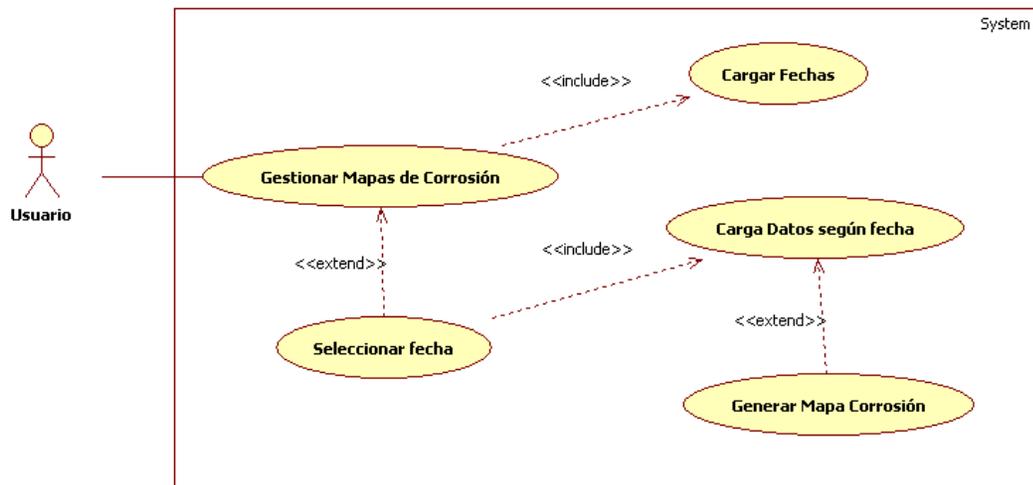


Figura 4.35 Caso de Uso Gestionar Mapas de Corrosión.

Este Caso de Uso muestra la sección previa para la creación del mapa de corrosión. Aquí el usuario elige los datos necesarios para desarrollar el mapa. Estos datos son principalmente seleccionar una fecha y tipo de metal o aleación deseado para generar un mapa de velocidad de corrosión atmosférica.

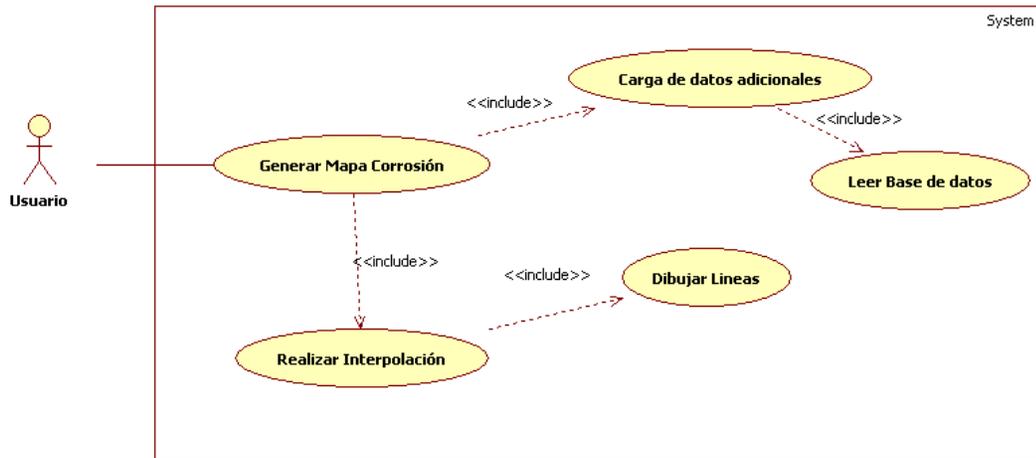


Figura 4.36 Casos de Uso Generar Mapa Corrosión.

Este Caso de Uso muestra la sección encargada de calcular los datos necesarios para poder dibujar los mapas de velocidad de corrosión atmosférica. Para esto se realiza una interpolación, con datos leídos desde una base de datos, para “dibujar” las Isolíneas que componen el mapa.

Construcción: Se muestran modelos vista- controlador en forma de diagrama de secuencia adaptado a la sección del sitio Web. Corresponden a escenarios exitosos.

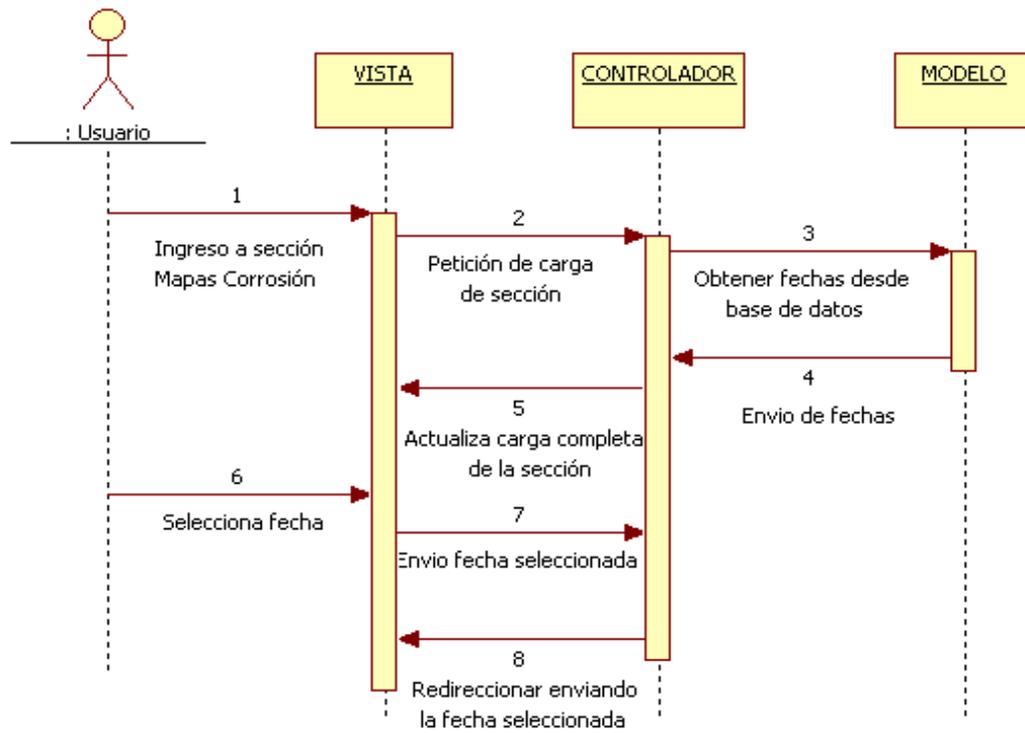


Figura 4.37 Modelo vista-controlador sobre selección de una fecha.

El usuario ingresa a la sección “Mapas Corrosión” y selecciona una fecha, que posee velocidad de corrosión, para la generación del mapa de velocidad de corrosión.

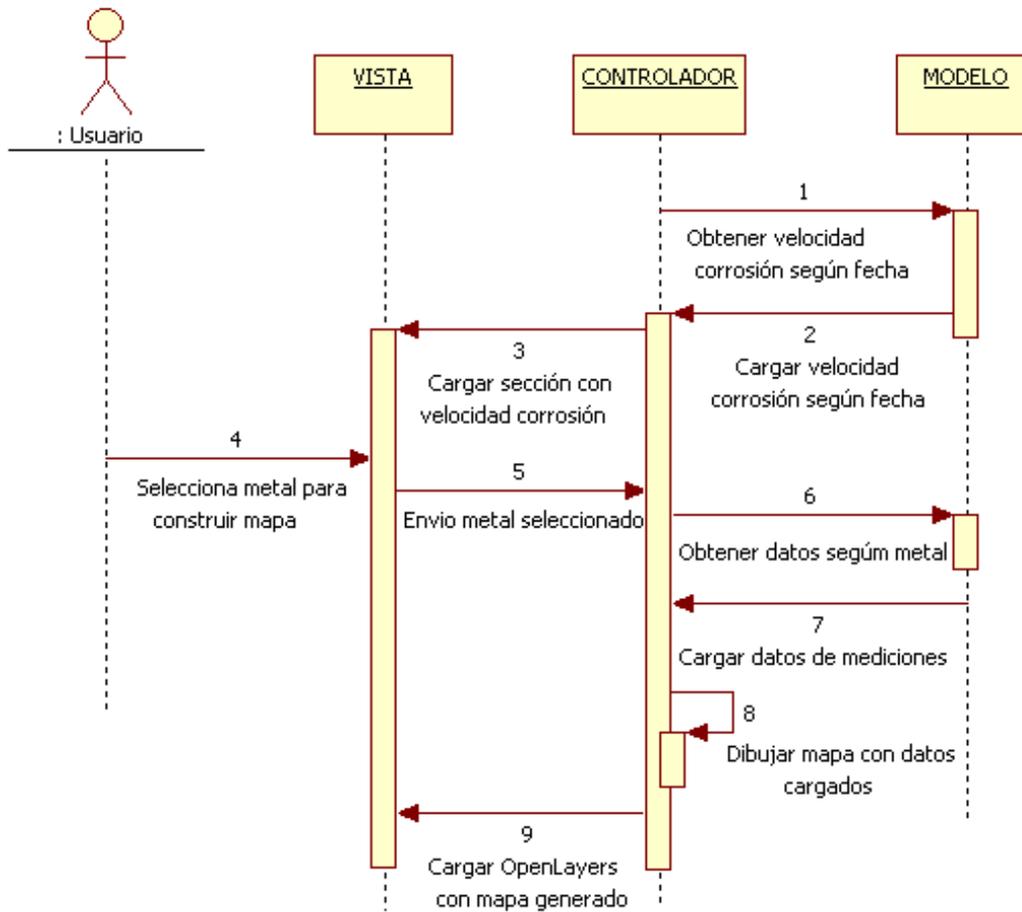


Figura 4.38 Modelo vista-controlador sobre generar mapa.

Se cargan las velocidades de corrosión según la fecha seleccionada previamente. Luego el usuario selecciona un tipo de metal o aleación para generar el mapa de velocidad de corrosión atmosférica. Una vez seleccionado el metal el sitio Web comienza con el “dibujado” del mapa.

Transición: Se muestran pantallazos de la sección en funcionamiento.



Figura 4.39 Pantallazo seleccionar fecha.

Se observa la sección “Mapas Corrosión”, en donde, se muestran las fechas de las velocidades de corrosión.

Inicio	Estaciones	Mapas Corrosión	Mantenedores	Ayuda
Mapas Corrosión				
Fecha Seleccionada: 2010-11-04				
Estaciones	Acero	Acero Galvanizado	Aluminio	Cobre
1 Arica	-	-	-	-
2 Putre	15	-	-	-
3 Pampa del Tamarugal	-	-	-	-
4 Quilpue	25	-	-	-
5 Antofagasta	-	-	-	-
6 San Pedro de Atacama	120	-	-	-
7 Copiapo	-	-	-	-
8 Huasco	-	-	-	-

Figura 4.40 Pantallazo tabla de velocidades.

Se observa una tabla con las velocidades de corrosión según una fecha previamente seleccionada.

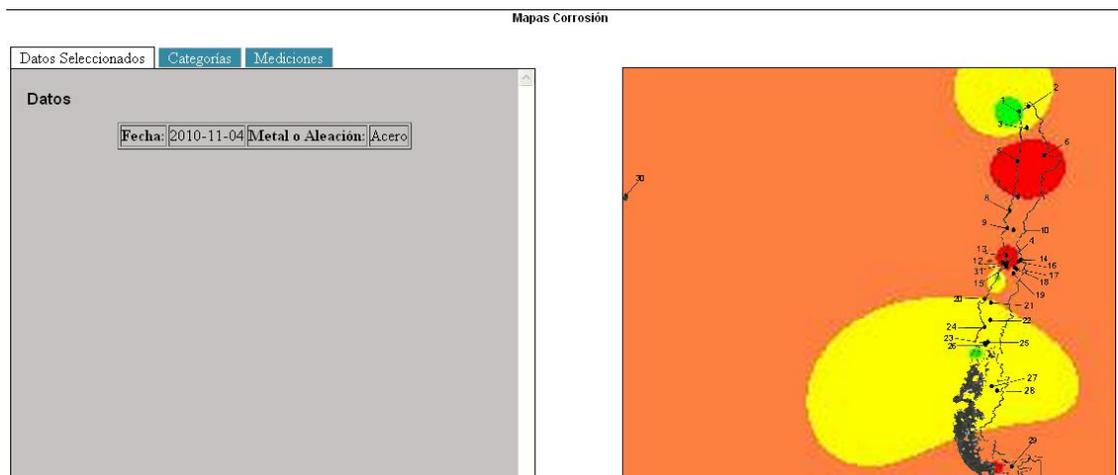


Figura 4.41 Pantallazo mapa generado.

Se observa el mapa generado según los datos mostrados anteriormente, según la fecha y un metal o aleación.

ITERACIÓN 4: Desarrollo de ayudas en sección “Mantenedores” y aplicación de gráficas en el sitio Web.

Inicio: Se llevó a cabo el desarrollo de ayudas para los usuarios que tengan acceso a la sección “Mantenedores”, con el objetivo de un mejor uso del sitio Web. También en esta iteración se incluye un cambio de colores y estilo en el sitio Web.

Elaboración: Se muestra un Caso de Uso con la nueva funcionalidad en la sección “Mantenedores”.

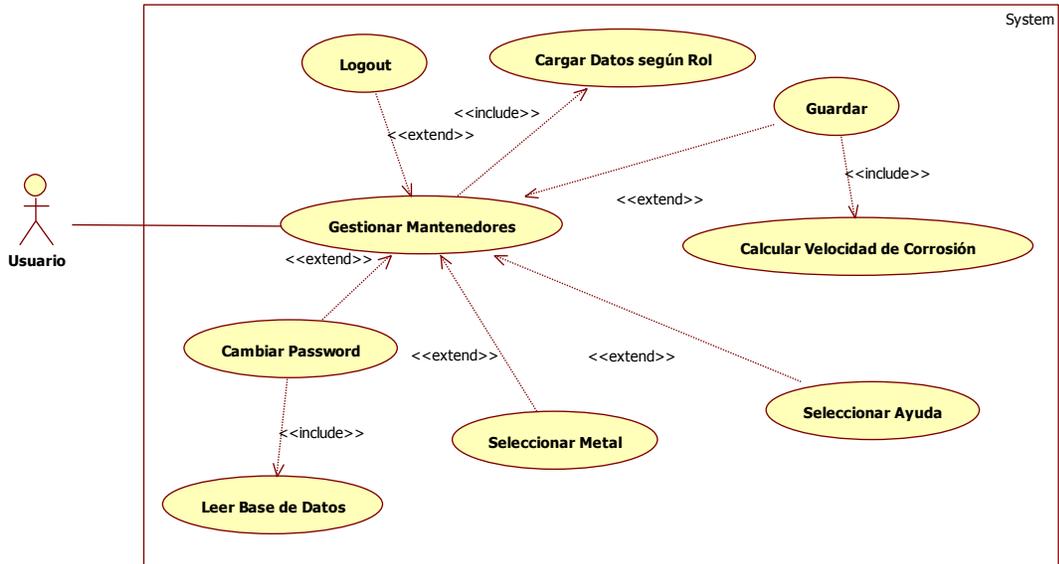


Figura 4.42 Caso de Uso Gestionar Mantenedores con nueva funcionalidad.

Se observa el Caso de Uso Gestionar Mantenedores con una nueva funcionalidad de ayuda.

Construcción: Se muestra un modelo vista-controlador en forma de diagrama de secuencia adaptado a la sección del sitio Web. Corresponden a escenarios exitosos.

En el siguiente diagrama se incluye un “Usuario(estación)”, este se refiere que es un usuario que posee ingreso adicional al sitio Web, ya sea que es Administrador de alguna estación o es el Administrador General.

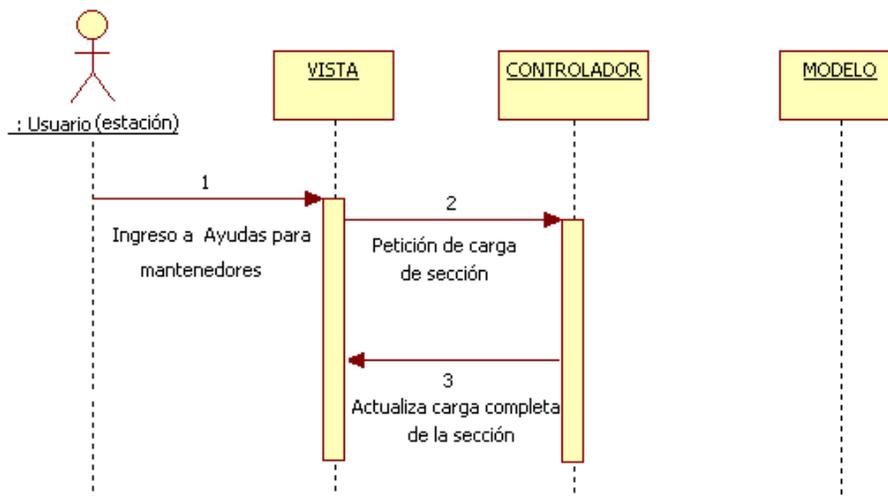


Figura 4.43 Modelo vista-controlador sobre sección “Ayudas”.

Una vez ingresado a la sección “Mantenedores” el usuario podrá acceder a la parte de ayuda que posee.

Transición: Se muestran pantallazos de los cambios en funcionamiento. En esencia se mostrarán los cambios de colores y estilo del sitio Web más el nuevo apartado de ayudas.



Figura 4.44 Pantallazo sección “Inicio” con nuevo estilo.

Se observa la sección “Inicio” con nuevos colores y estilos.



Figura 4.45 Pantallazo sección “Estaciones” con nuevo estilo.

Se observa una lista de estaciones, de la sección “Estaciones”, con nuevos colores y estilos.

Inicio Estaciones Mapas Corrosión Mantenedores Ayuda Estación Antofagasta

Estación 5 Antofagasta

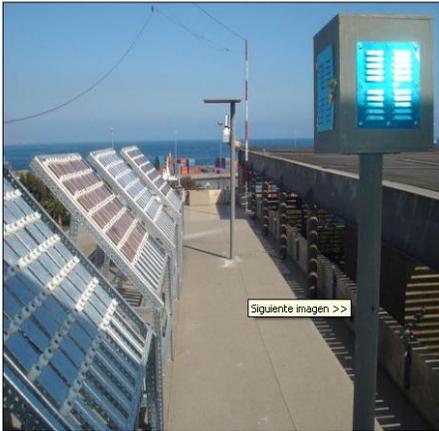
Datos de la Estación

Latitud:	-23.651339
Longitud	-70.401931
Altura	8 mts
Distancia del mar	318 mts
Región	II Reg de Antofagasta

Mediciones de la Estación

Acero: Acero Galvanizado: Aluminio: Cobre:

	Masa Inicial	Masa Final	Tiempo Exposición	Área de Probeta	Densidad Metal	Velocidad de Corrosión
2010-11-11	3	2	1	2	2	0.25
2010-11-12	32	1	1	2	3	5.1666666667



Siguiete imagen >>

Figura 4.46 Pantallazo mostrando información de una estación con nuevo estilo.

Se observa la sección que muestra información correspondiente a una estación seleccionada previamente, con nuevos colores y estilos.

Sitio Web de los mapas
PROYECTO INNOVA MAPAS DE CORROSION

Inicio Estaciones Mapas Corrosión Mantenedores Ayuda

Mapas Corrosión

Seleccione una Fecha:

Figura 4.47 Pantallazo selección de fecha, sección “Mapa de Corrosión”, con nuevo estilo.

Se observa la lista de las fechas correspondientes a las velocidades de corrosión en la sección “Mapas de Corrosión” con nuevos colores y estilos.

Inicio Estaciones Mapas Corrosión Mantenedores Ayuda

Mapas Corrosión

Fecha Seleccionada: 2010-11-04

Estaciones	Acero	Acero Galvanizado	Aluminio	Cobre
1 Arica	-	-	-	-
2 Putre	15	-	-	-
3 Pampa del Tamarugal	-	-	-	-
4 Gulpue	25	-	-	-
5 Antofagasta	-	-	-	-
6 San Pedro de Atacama	120	-	-	-
7 Copiapo	-	-	-	-
8 Huasco	-	-	-	-
9 Coquimbo	-	-	-	-
10 Vicuna	-	-	-	-
11 Antartica	-	-	-	-
12 Valparaiso (PUCV)	80	-	-	-
13 Quintero	90.8	-	-	-

Figura 4.48 Pantallazo tabla de velocidades con nuevo estilo.

Se observa la lista de las velocidades de corrosión según una fecha seleccionada previamente en la sección “Mapas de Corrosión” con nuevos colores y estilos.

29 Punta Arenas	81	-	-	-
30 Isla de Pascua	-	-	-	-
31 Curauma (PUCV)	-	-	-	-
Mapa	Generar	Generar	Generar	Generar

Figura 4.49 Pantallazo selección tipo de metal con nuevo estilo.

El usuario decide con que tipo de metal o aleación desea que se genere el mapa de velocidad de corrosión atmosférica.

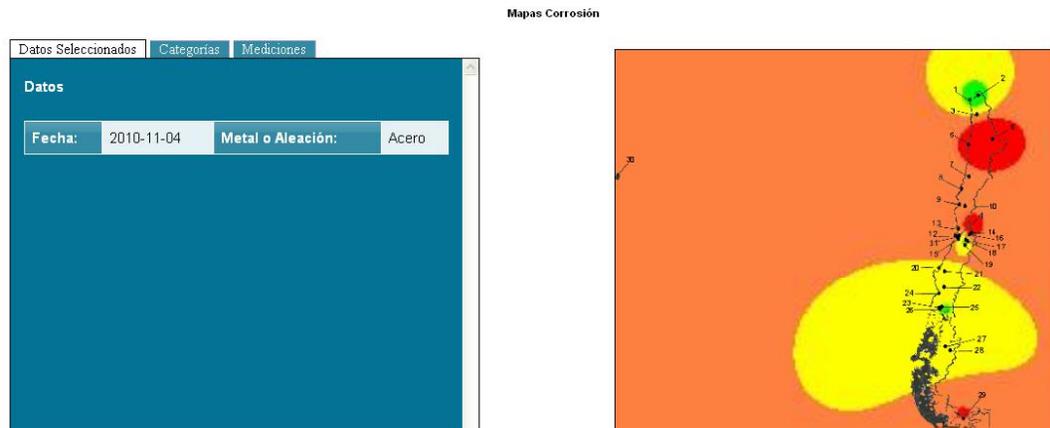


Figura 4.50 Pantallazo mapa generado con nuevo estilo.

Se observa el mapa generado con los datos seleccionados previamente.



Figura 4.51 Pantallazo información respecto al mapa con nuevo estilo.

Se observa un cuadro que entrega información complementaria al mapa, muestra la fecha y el metal seleccionado para la generación del mapa.

Categorías	Rangos (um/año)	Colores
C1	<= 1.3	
C2	1.3 <= 25	
C3	25 <= 50	
C4	50 <= 80	
C5	80 <= 200	
Fuera Rango	Rango Mayor	

Figura 4.52 Pantallazo tabla de rangos con nuevo estilo.

Se observa un cuadro que entrega información complementaria al mapa, muestra las categorías (leyenda) de colores respecto al tipo de metal o aleación ocupados para la generación del mapa.

Estaciones	ID Estación	Masa Inicial	Masa Final	Tiempo Exposición	Área Probeta
Arica	1	-	-	-	-
Putre	2	213	11.43	112	13
Pampa del Tamarugal	3	-	-	-	-
Quilpue	4	213	11.43	112	13

Figura 4.53 Pantallazo tabla con detalles de velocidad de corrosión con nuevo estilo.

Se observa un cuadro que entrega información complementaria al mapa, muestra todos los detalles que poseen las estaciones respecto a la velocidad de corrosión.

Login Mantenedores	
Usuario	<input type="text"/>
Password	<input type="password"/>
Estación	Administrador
<input type="button" value="Ingresar"/>	

Figura 4.54 Pantallazo “Login” con nuevo estilo.

Se observa el “Login” de la sección “Mantenedores” con nuevos colores y estilos.

Mantenedor admin Estación Administrador	
VELOCIDAD DE CORROSIÓN	
Estación	Administrador
Metal	Acero
Fecha	<input type="text"/>
Masa Inicial	<input type="text"/> (g)
Masa Final	<input type="text"/> (g)
Tiempo Exposición	<input type="text"/> (años)
<input type="button" value="Cambiar"/>	

Figura 4.55 Pantallazo formulario corrosión con nuevo estilo.

Se observa la opción de agregar “Velocidad de Corrosión” en la sección “Mantenedores” con nuevos colores y estilos.

Cambio Password	
Password Actual	<input type="password"/>
Nuevo Password	<input type="password"/>
Repita Nuevo Password	<input type="password"/>
<input type="button" value="Cambiar"/>	

Figura 4.56 Pantallazo cambio de password con nuevo estilo.

Se observa la opción de “Cambiar Password” en la sección “Mantenedores” con nuevos colores y estilos.

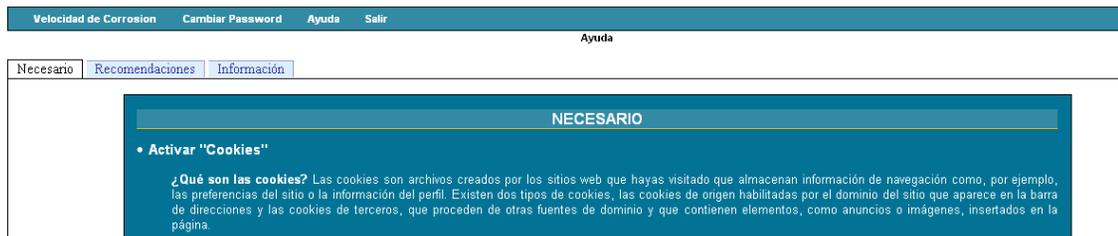


Figura 4.57 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Necesario”.

Se observa la opción de “Ayuda”, en esencial la parte de “Necesario” que informa los elementos que el sitio Web necesita para un óptimo funcionamiento. Esta “Ayuda” se encuentra al interior de la sección “Mantenedores”.



Figura 4.58 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Recomendaciones”.

Se observa la opción de “Ayuda”, en esencial la parte de “Recomendaciones” en donde se da a conocer datos para apreciar con más claridad el sitio Web. Esta “Ayuda” se encuentra al interior de la sección “Mantenedores”.

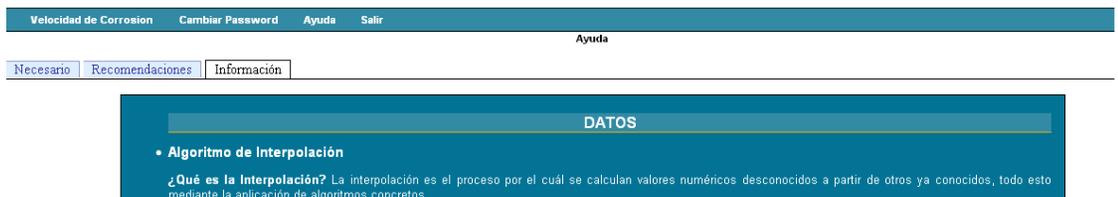


Figura 4.59 Pantallazo con las “Ayudas”, sección “Información”.

Se observa la opción de “Ayuda”, en esencial la parte de “Información” que entrega datos que el sitio Web ocupa para que el usuario tenga mayor conocimiento de como se realiza la operación de manera interna por el sitio Web. Esta “Ayuda” se encuentra al interior de la sección “Mantenedores”.

ITERACIÓN 5: Agregar más funcionalidades a la sección “Mantenedores”.

Inicio: Después de realizar una presentación del sitio Web, se decidió agregar más funcionalidades a la sección “Mantenedores”, nos referimos exclusivamente cuando es el Administrador del sitio Web quien ingresa a la sección nombrada. Tales funcionalidades recaen en agregar, eliminar, modificar y listar usuarios. Por otra parte se debe incluir lo que es agregar, modificar, eliminar y listar datos de velocidad de corrosión.

Cuando nos referimos a eliminar un usuario esto se lleva a cabo de manera lógica, o sea, se realiza una desactivación del usuario y no una eliminación de forma definitiva de la base de datos en donde se encuentra almacenado.

Elaboración: Se muestran Casos de Uso con las nuevas funcionalidades en la sección “Mantenedores”.

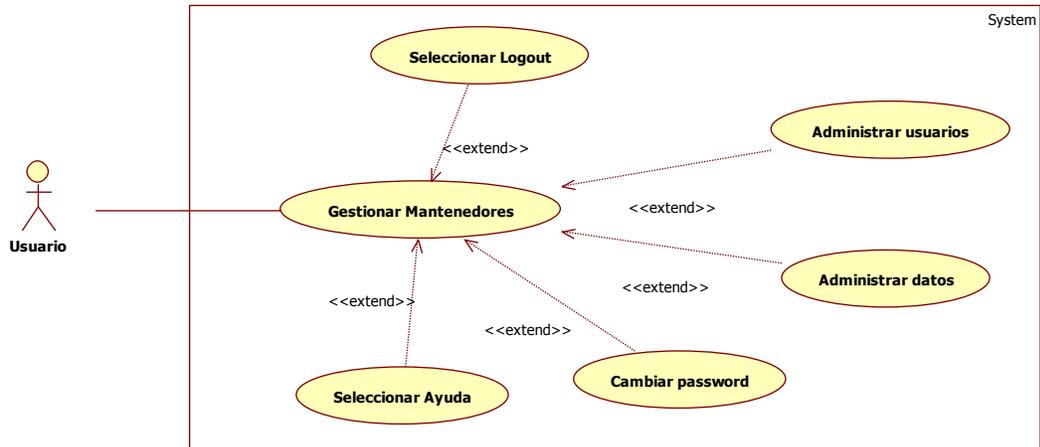


Figura 4.60 Caso de Uso Gestionar Mantenedores con nuevas funcionalidades.

Se observa la nueva versión del Gestionar Mantenedores, para el Administrador del sitio Web, ya que se le agrega la posibilidad de administrar usuarios y datos.

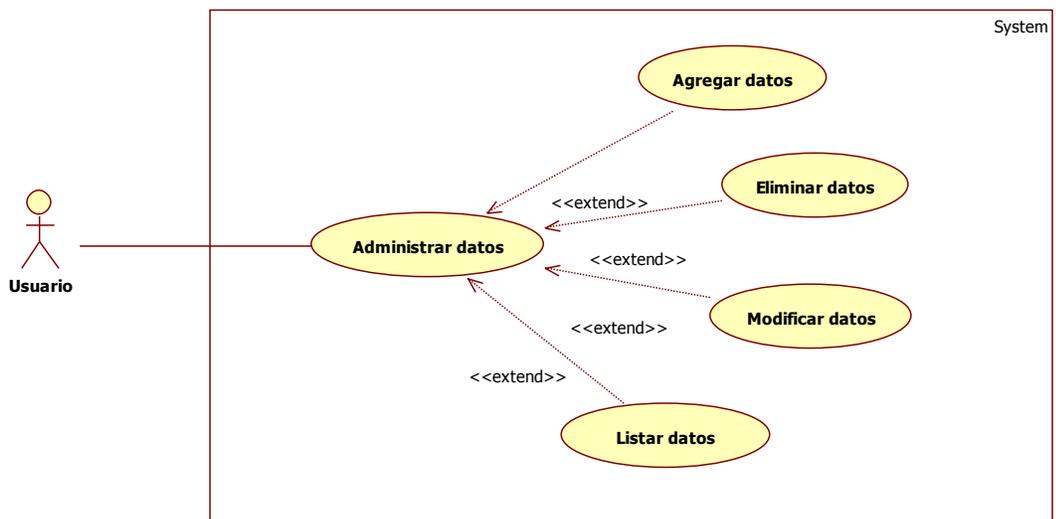


Figura 4.61 Caso de Uso Administrar Datos.

Se observa el Caso de Uso Administrar datos y sus opciones disponibles, este Caso de Uso tiene como requerimiento ser el Administrador del sitio Web.

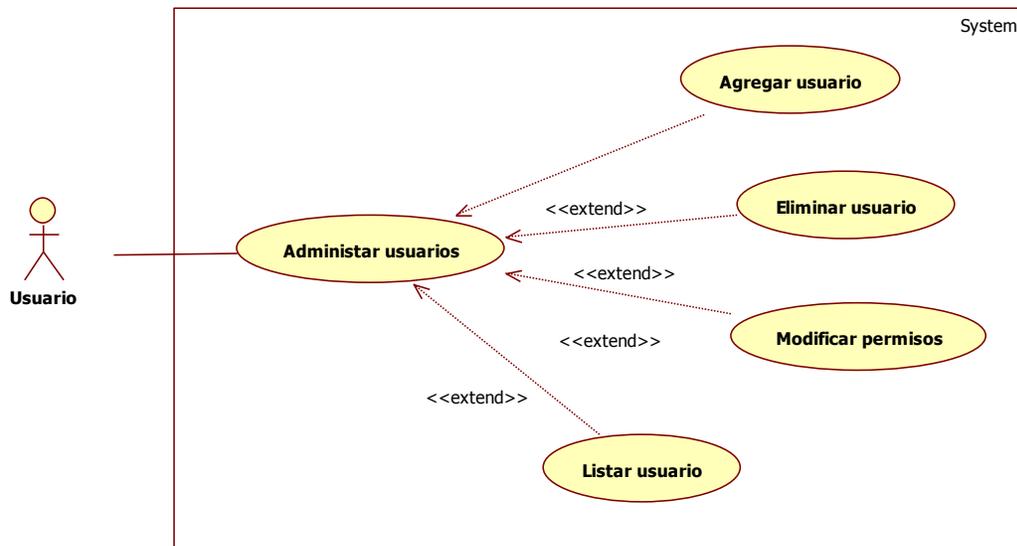


Figura 4.62 Casos de Uso Administrar Usuarios.

Se observa el Caso de Uso Administrar usuarios y sus opciones disponibles, este Caso de Uso tiene como requerimiento ser el Administrador del sitio Web.

Construcción: Se muestran modelos vista- controlador en forma de diagrama de secuencia adaptado a la sección del sitio Web. Corresponden a escenarios exitosos.

En los siguientes diagramas se incluye un “Usuario(administrador)”, este se refiere que sólo el Administrador puede observar estas opciones y, por ende, tener acceso a ellas.

Los siguientes diagramas corresponden a Administrar Datos.

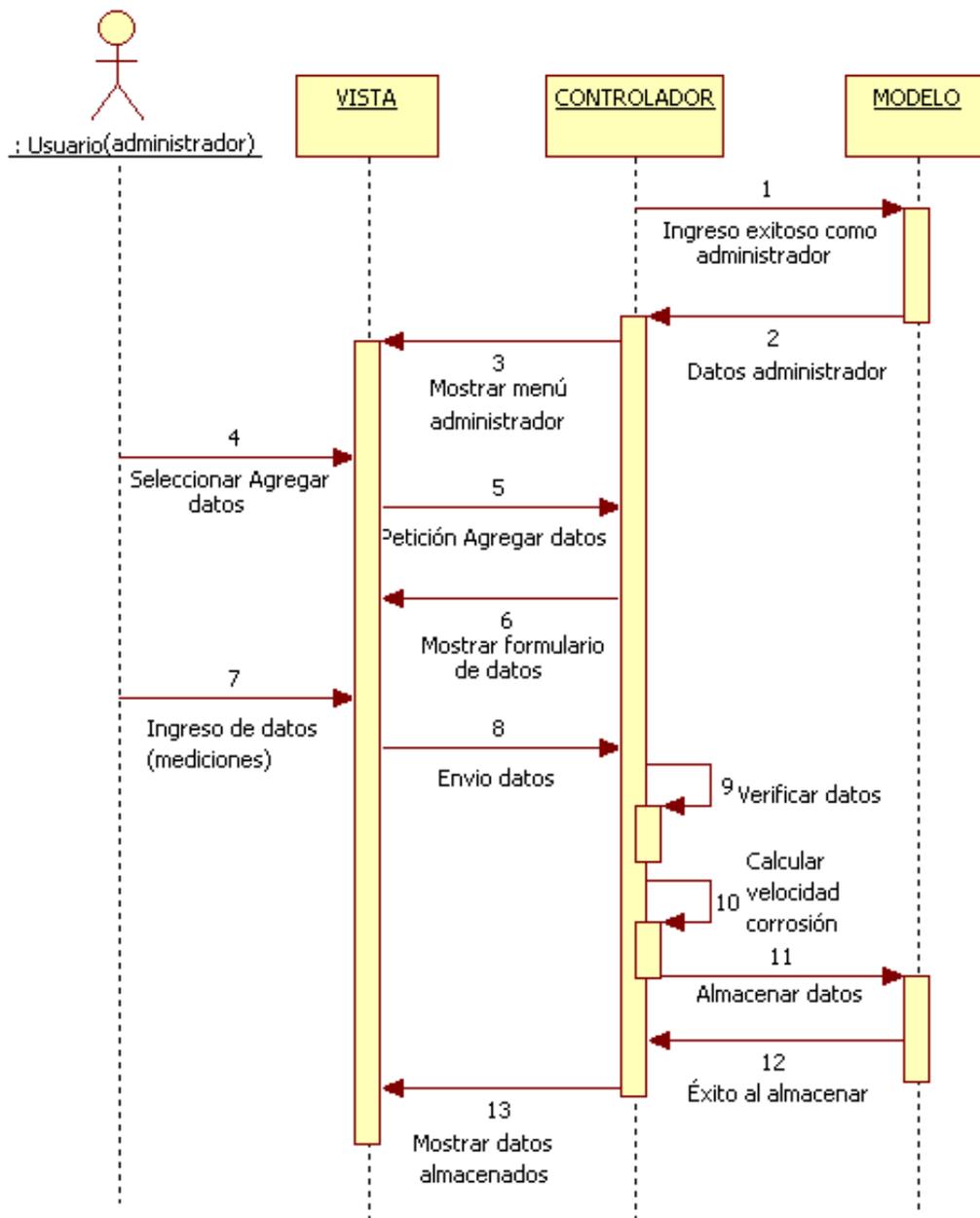


Figura 4.63 Modelo vista-controlador sobre ingreso de datos.

Una vez ingresado el Administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción de “Agregar Velocidad Corrosión”, los cuales son almacenados en la base de datos.

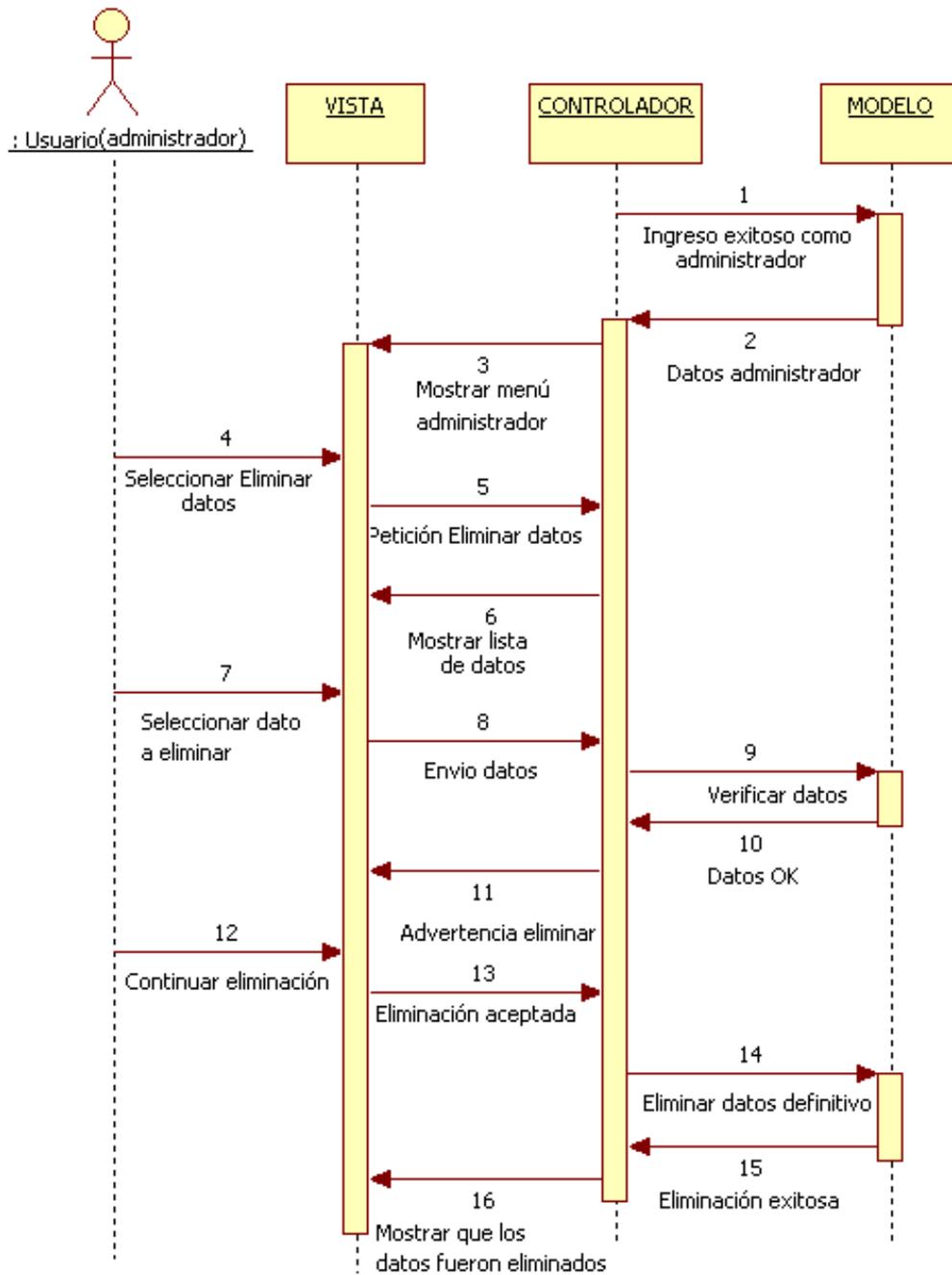


Figura 4.64 Modelo vista-controlador sobre eliminar datos.

Una vez ingresado el Administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción de “Eliminar Velocidad Corrosión”, los cuales son eliminados desde la base de datos.

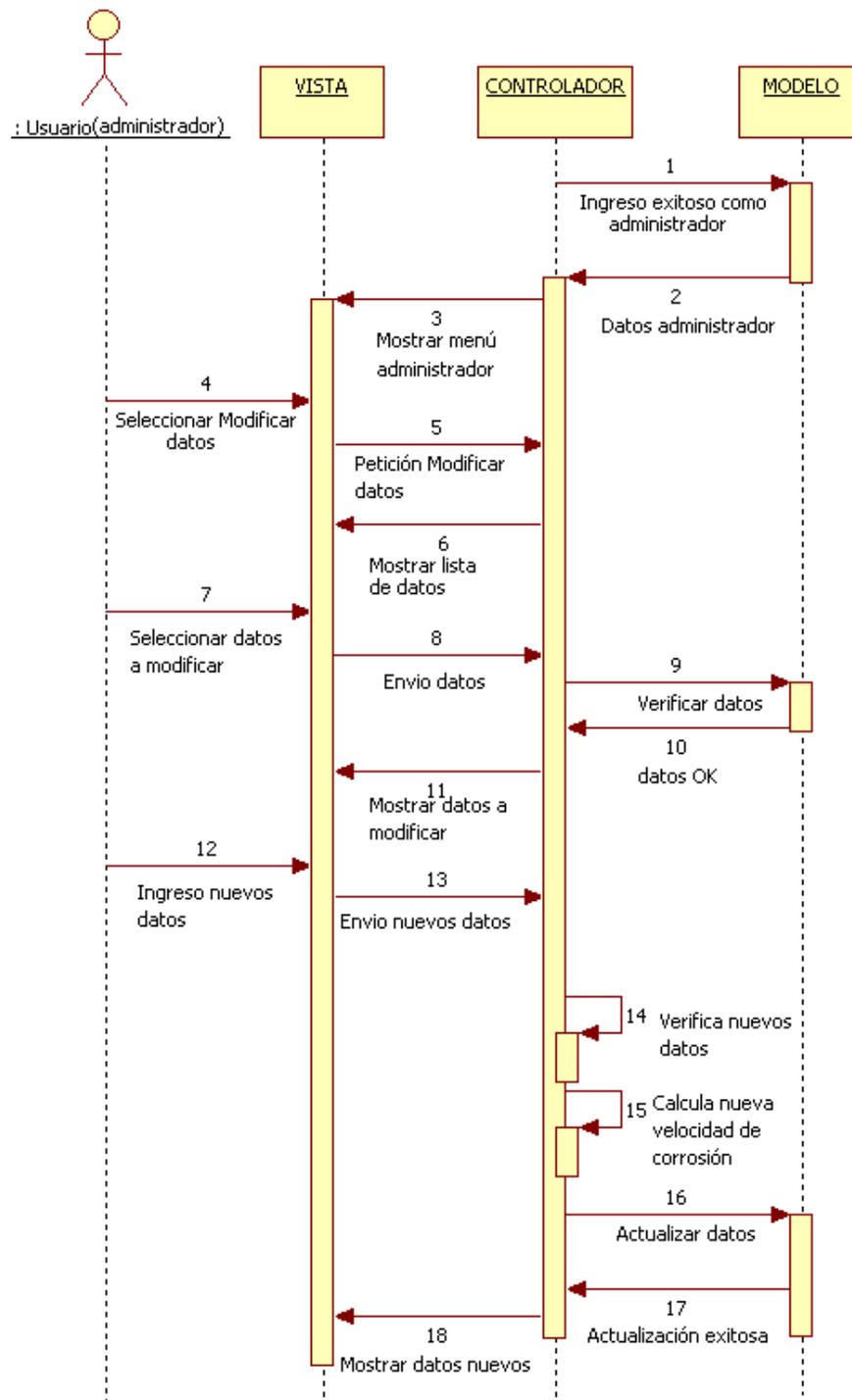


Figura 4.65 Modelo vista-controlador sobre modificar datos.

Una vez ingresado el Administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción de “Modificar Velocidad Corrosión”, los nuevos datos son verificados y se vuelve a calcular la velocidad de corrosión y todos estos datos son actualizados en la base de datos.

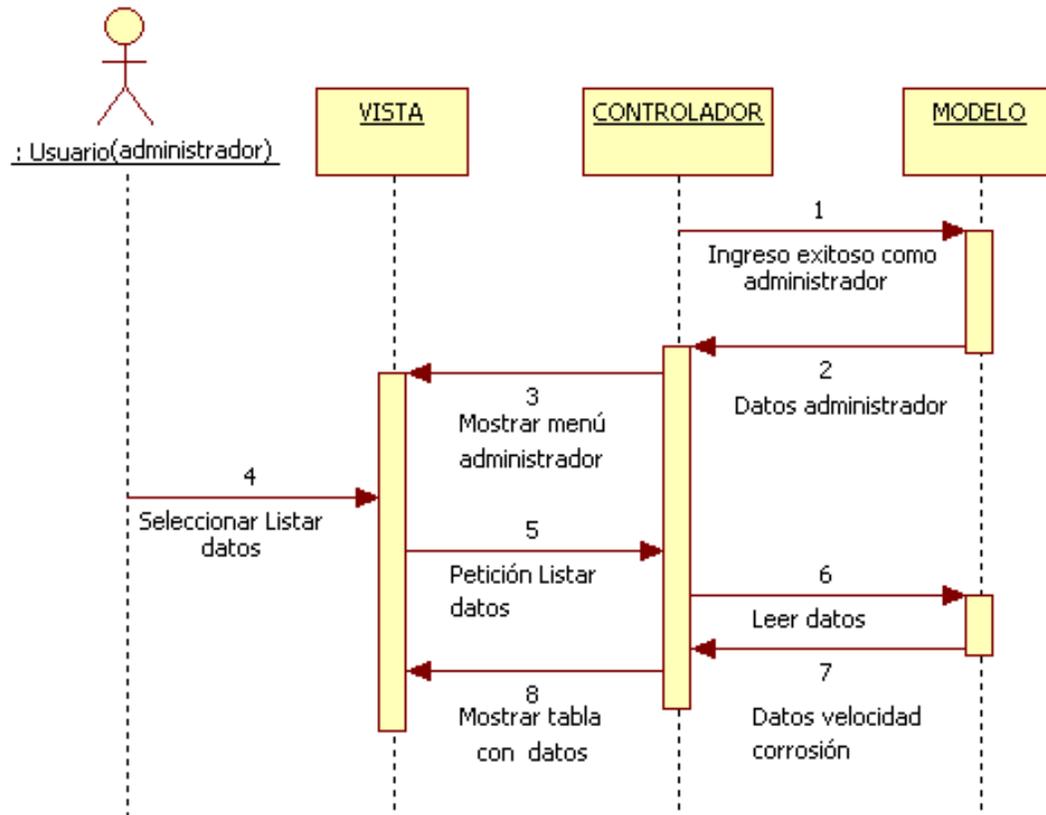


Figura 4.66 Modelo vista-controlador sobre listar datos.

Una vez ingresado el Administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción de “Listar Velocidad Corrosión”. Estos datos corresponden a la velocidad de corrosión y son cargados en forma de tabla.

Los siguientes diagramas corresponden a Administrar Usuarios.

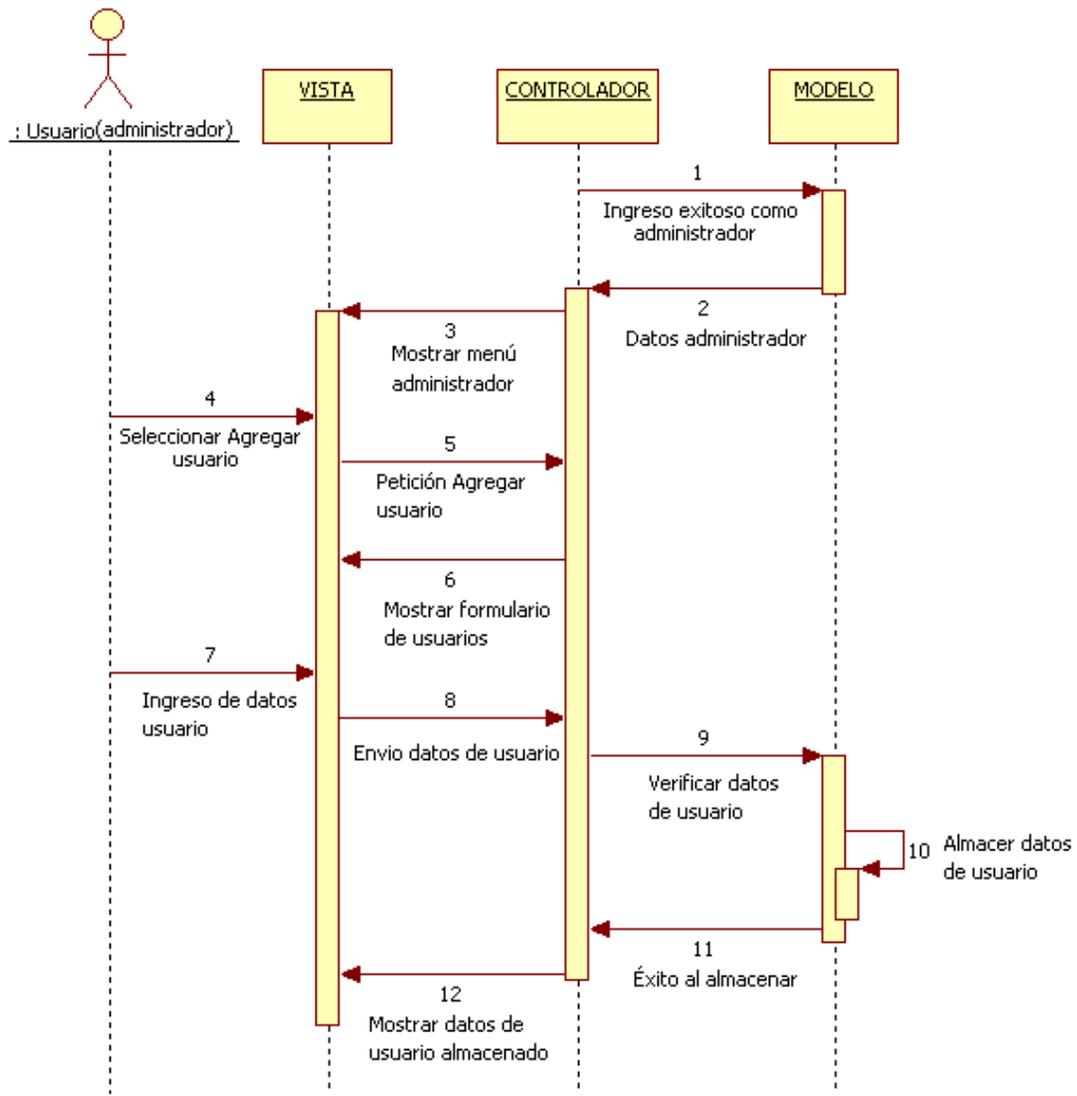


Figura 4.67 Modelo vista-controlador sobre agregar usuarios.

Una vez ingresado el Administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción “Administrar Usuarios”, luego “Agregar Usuarios”.

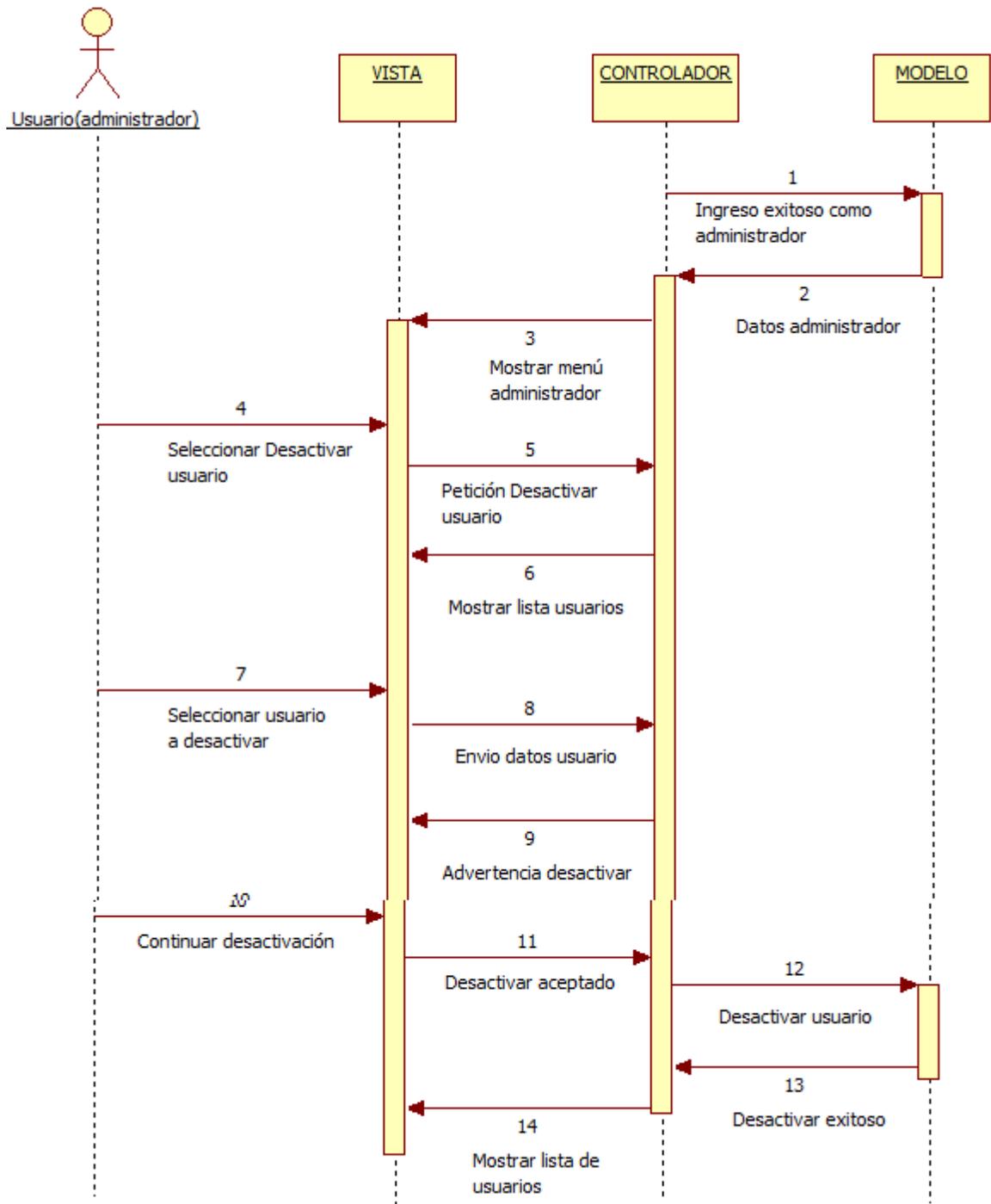


Figura 4.68 Modelo vista-controlador sobre eliminar usuarios.

Una vez ingresado el administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción de “Administrar Usuarios”, luego “Desactivar Usuarios”, en donde elimina un usuario de forma lógica desde la base de datos.

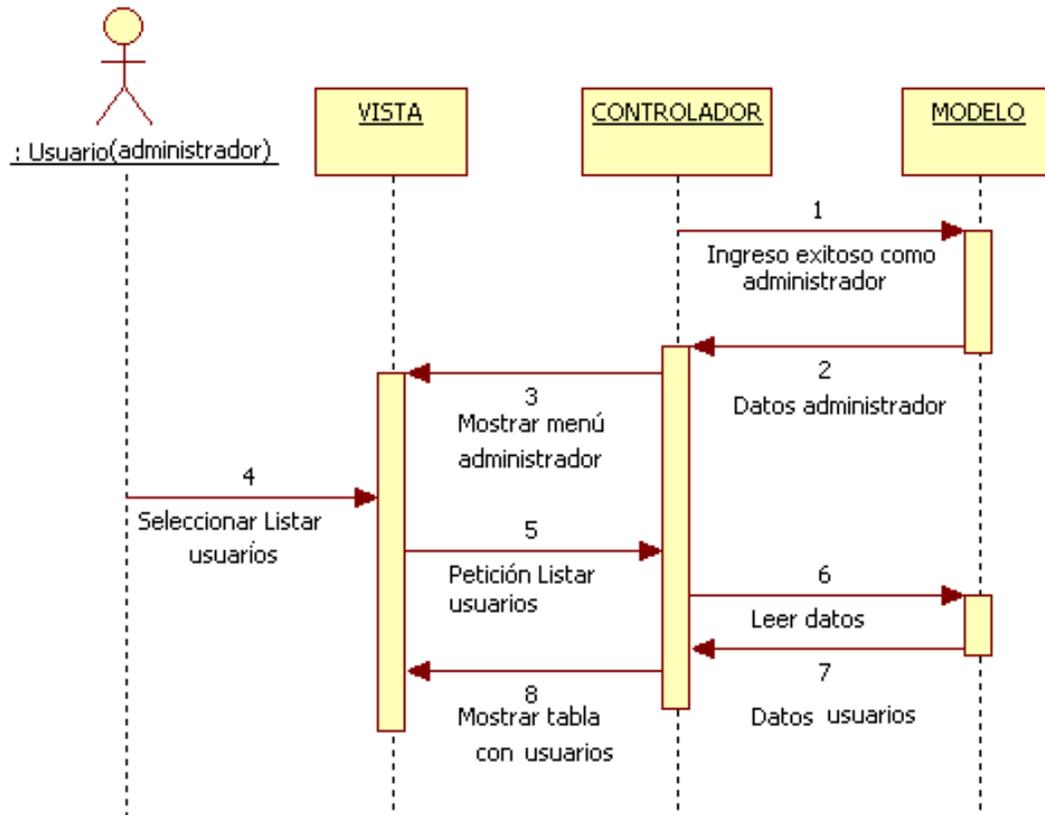


Figura 4.69 Modelo vista-controlador sobre listar usuarios.

Una vez ingresado el administrador a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción “Administrar Usuarios”, luego “Listar Usuarios”. La información se despliega en forma de tabla.

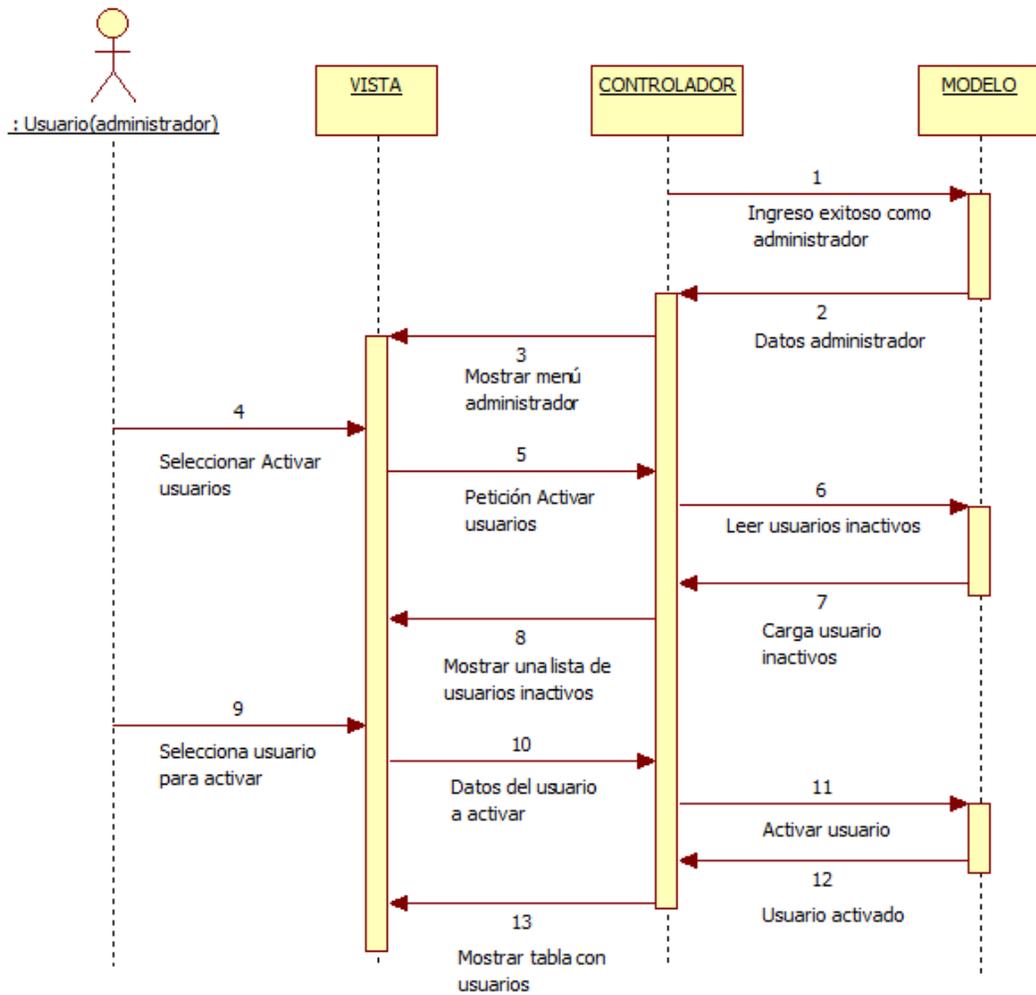


Figura 4.70 Modelo vista-controlador sobre activar usuarios.

El administrador tiene la capacidad de activar un usuario, en la opción “Modificar Permisos”, que se encuentra desactivado, o sea, eliminado de manera lógica. Con esto este usuario puede reanudar su acceso a la sección “Mantenedores”.

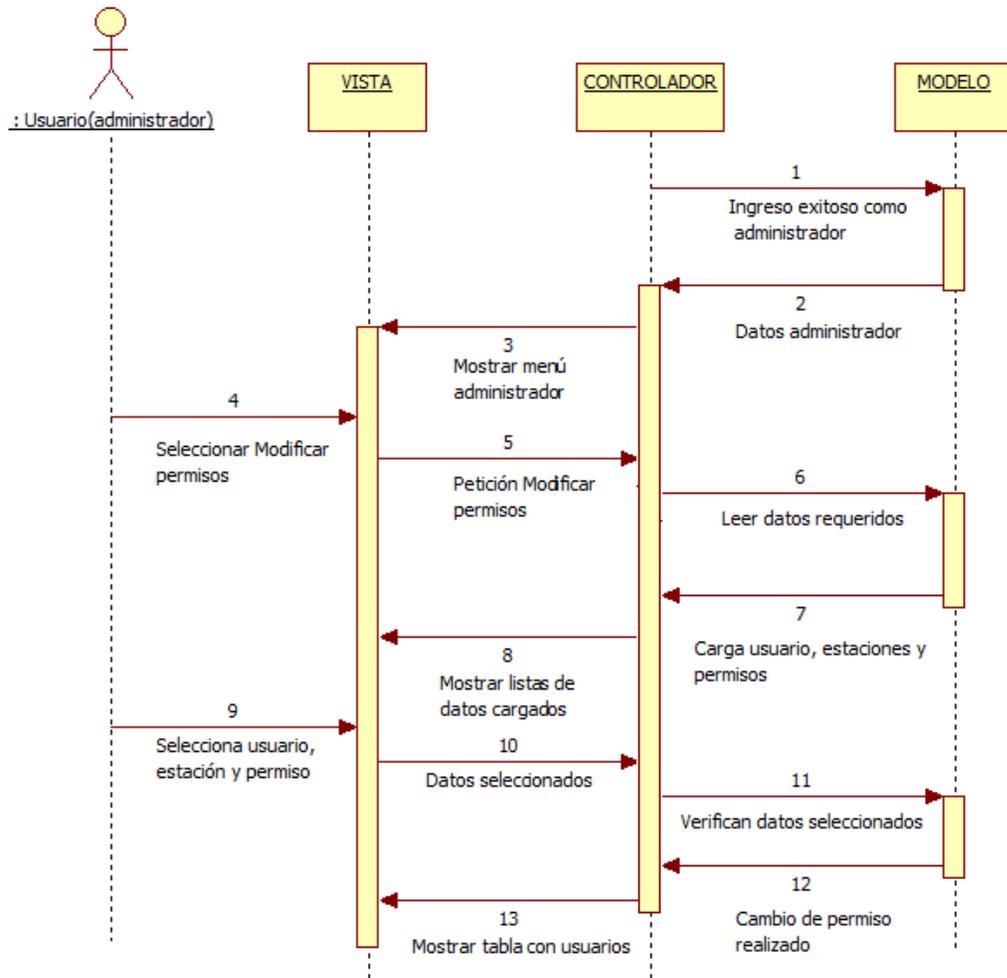


Figura 4.71 Modelo vista-controlador sobre modificar permisos.

El administrador puede cambiar los privilegios o permisos que posea un usuario, presionando la opción “Modificar Permisos”, que ingresa a la sección “Mantenedores”, dependiendo del privilegio que posea se cargará la información correspondiente.

Transición: Se muestran pantallazos de los cambios en funcionamiento.

Los siguientes pantallazos corresponden a la sección “Administrar Datos”



Figura 4.72 Pantallazo “Menú Administrar Datos”.

Se observa la opción “Administrar Datos” con sus cuatro funcionalidades.

Administración de Datos

Mantenedor

VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Estación	Antartica
Metal	Acero
Fecha	<input type="text"/>
Masa Inicial	<input type="text"/> (g)
Masa Final	<input type="text"/> (g)
Tiempo Exposición	<input type="text"/> (años)
Área de Probeta	<input type="text"/> (cm2)
Densidad del Metal o Aleación	<input type="text"/> (g/cm3)

Guardar

Figura 4.73 Pantallazo “Agregar Velocidad de Corrosión”.

Se observa la opción “Agregar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”.

Administración de Datos

Mantenedor

ELIMINAR VELOCIDAD CORROSIÓN

Fecha	2010-11-04
Metal o Aleación	Acero
Estación	Antartica

Eliminar

Figura 4.74 Pantallazo “Eliminar Velocidad de Corrosión”.

Se observa la opción “Eliminar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se selecciona los datos que se desean eliminar.

Administración de Datos

MANTENEDOR admin CARGO Administrador

ELIMINAR DATOS

Tipo Metal o Aleación	Fecha	Estación	Masa Inicial	Masa Final	Tiempo Exposición	Área Probeta	Densidad Metal o Aleación	Velocidad Corrosión	Ingresado/Modificado Por	Fecha Ingreso/Modificado
Acero	2010-11-29	11	12	2	4	2	1	1.25	admin	2010-11-24

Eliminar

Figura 4.75 Pantallazo lista de datos a eliminar.

Se observa la opción “Eliminar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se muestra los datos a eliminar, para luego presionar el botón “Eliminar” y borrar los datos.

Mantenedor

EDITAR DATOS

Metal o Aleación	Acero
Fecha	2010-11-04
Estación	Antarctica
Ingresar	

Figura 4.76 Pantallazo “Modificar Velocidad de Corrosión”.

Se observa la opción “Modificar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se selecciona los datos que se desean modificar.

Mantenedor

EDITAR DATOS CORROSIÓN

Fecha	2010-11-05
Estación	Galapagos
Metal o Aleación	Cobre
Masa Inicial	210
Masa Final	11.43
Tiempo Exposición	112 (días)
Área de Probeta	13 (cm²)
Densidad del Metal o Aleación	11 (g/cm³)
Guardar	

Figura 4.77 Pantallazo formulario de datos a modificar.

Se observa la opción “Modificar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se muestra los datos a modificar.

Mantenedor

LISTAR VELOCIDAD CORROSIÓN

Fecha	2010-11-04
Eliminar	

Figura 4.78 Pantallazo “Listar Velocidad de Corrosión”.

Se observa la opción “Listar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se listan los datos según la fecha seleccionada.

Mantenedor				
Fecha Seleccionada: 2010-11-04				
Estaciones	Acero	Acero Galvanizado	Aluminio	Cobre
1 Arica	-	-	-	-
2 Putre	15	-	-	-
3 Pampa del Tamarugal	-	-	-	-
4 Quilpue	25	-	-	-
5 Antofagasta	-	-	-	-
6 San Pedro de Atacama	120	-	-	-
7 Copiapo	-	-	-	-
8 Hualisco	-	-	-	-
9 Coquimbo	-	-	-	-
10 Vicuna	-	-	-	-
11 Antartica	-	-	-	-
12 Valparaiso (PUCV)	80	-	-	-

Figura 4.79 Pantallazo tabla con velocidades de corrosión.

Se observa la opción “Listar Velocidad de Corrosión” de la sección “Administrar Datos”. Aquí se presenta una tabla con las velocidades de corrosión de acuerdo a la fecha seleccionada previamente.

Los siguientes pantallazos corresponden a la sección “Administrar Usuarios”.



Figura 4.80 Pantallazo “Menú Administrar Usuarios”.

Se observa la opción “Administrar Usuarios” con sus cuatro funcionalidades.

Mantenedor

AGREGAR USUARIOS

Nuevo Usuario	<input type="text"/>
Password	<input type="text"/>
Estación	Antartica <input type="button" value="v"/>
<input type="button" value="Crear"/>	

Figura 4.81 Pantallazo “Agregar Usuarios”.

Se observa la opción “Agregar Usuarios” de la sección “Administrar Usuarios”.



Figura 4.82 Pantallazo “Desactivar Usuarios”.

Se observa la opción “Desactivar Usuarios” de la sección “Administrar Usuarios”. Aquí se selecciona usuario que se desea desactivar.



Figura 4.83 Pantallazo lista de usuarios a desactivar.

Se observa la opción “Desactivar Usuarios” de la sección “Administrar Usuarios”. Aquí se muestra el usuario a desactivar, para luego presionar el botón “Desactivar” y cambiar el estado del usuario.



Figura 4.84 Pantallazo “Listar Usuarios”.

Se observa la opción “Listar Usuarios” de la sección “Administrar Usuarios”. Aquí se listan todos los usuarios existentes.



Figura 4.85 Pantallazo “Activar Usuarios”.

Se observa la opción “Activar Usuarios” del submenú “Modificar Permisos” que se encuentra en la sección “Administrar Usuarios”. Aquí es donde se selecciona al usuario que se encuentra desactivado para su posterior activación.



Figura 4.86 Pantallazo “Modificar Permisos”.

Se observa la opción “Modificar Permisos” del submenú “Modificar Permisos” que se encuentra en la sección “Administrar Usuarios”. Aquí es donde se selecciona el usuario, la estación a la cual pertenece y el nuevo permiso de acceso que poseerá.

4.9 Diagramas de Componentes y Despliegue

Los Diagramas de Componentes corresponden a un tipo de diagrama de UML y tiene como objetivo representar cómo un sistema es dividido en componentes y muestra las dependencias de estos componentes.

Se realizaron diferentes Diagramas de Componentes mostrando el sitio Web desarrollado. Estos diagramas se encuentran separados por las diferentes secciones del sitio.

Sección “Inicio”.

Es la primera página que muestra el sitio Web para quien lo acceda.

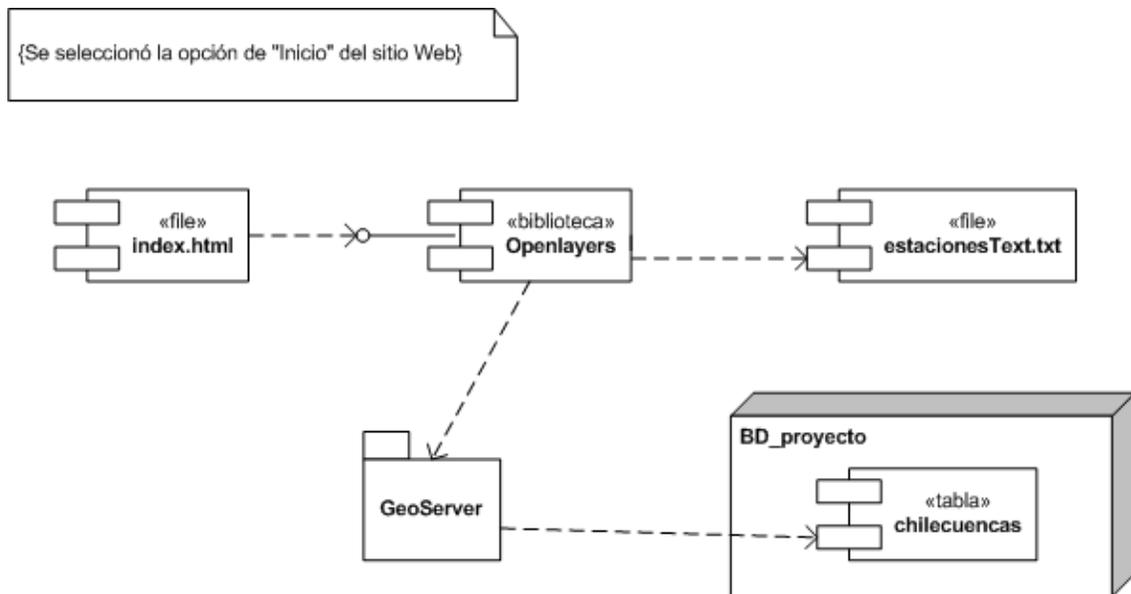


Figura 4.87 Diagrama de Componentes sección "Inicio".

Se inicia con un archivo llamado **index.html**, el cual interactúa con una biblioteca que se conecta con diferentes elementos para mostrar un mapa de Chile.

Sección "Estaciones".

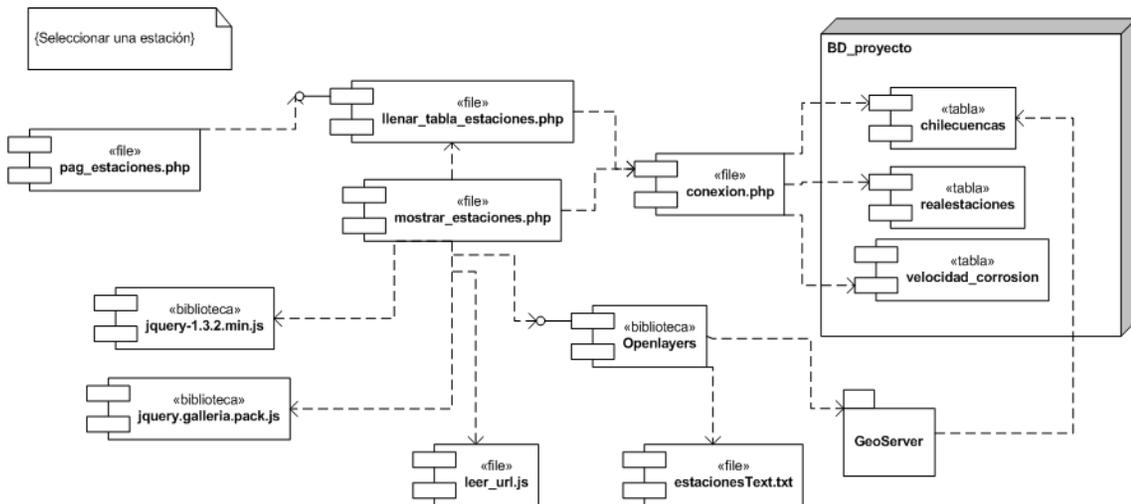


Figura 4.88 Diagrama de Componentes sección "Estaciones".

Se inicia con un archivo llamado **pag_estaciones.php**, el cual muestra todas las estaciones en una lista, creada por el archivo **llenar_tabla_estaciones.php**. Desde aquí se selecciona una estación en particular y se realiza una carga de la información y además de la posición de dicha estación dentro Chile, esta ubicación en el mapa se encuentra a cargo del archivo **estacionesText.txt**, de la biblioteca OpenLayers y el servidor de mapas GeoServer.

Sección “Mapas de Corrosión”.

Es aquí donde se crean los mapas de velocidad de corrosión atmosférica de manera dinámica.

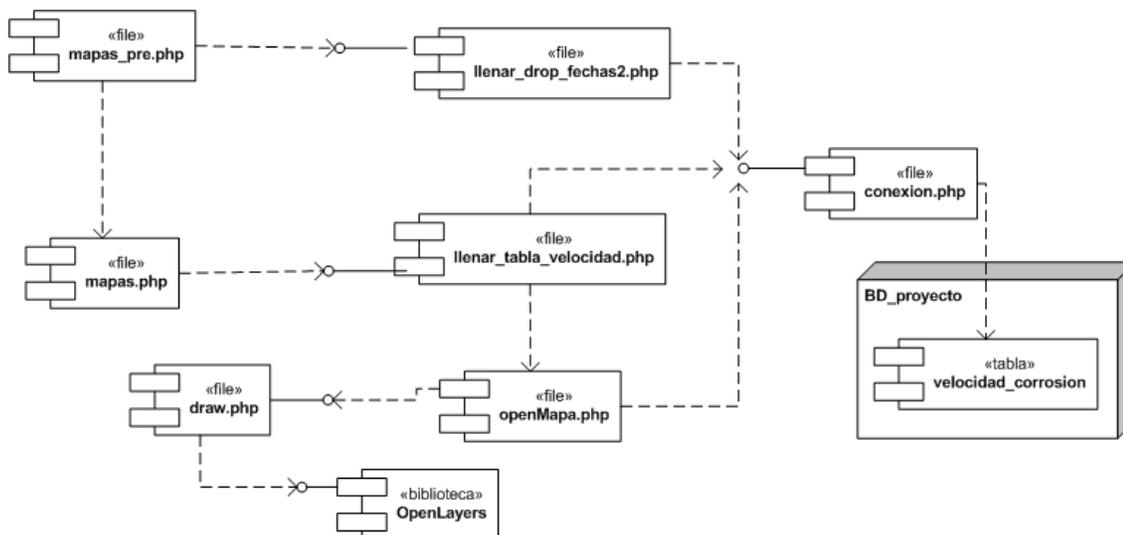


Figura 4.89 Diagrama de Componentes sección “Mapas de Corrosión”.

Se inicia con el archivo **mapas_pre.php**, el cual carga una lista plegable con las diferentes fechas de las velocidades de corrosión ingresadas, **llenar_drop_fechas2.php** es el archivo encargado de esto. Una vez seleccionada una fecha se genera una tabla mostrando las velocidades de corrosión, el archivo **llenar_tabla_velocidad.php** realiza esta operación. Luego se elige el metal con el cual crear el mapa de corrosión atmosférica. El dibujo del mapa se encuentra a cargo del archivo **draw.php** y la biblioteca OpenLayers.

Sección “Mantenedores”.

En esta sección se aplica seguridad dentro del sitio Web, ya que, sólo algunos tienen permitido el ingreso a este apartado.

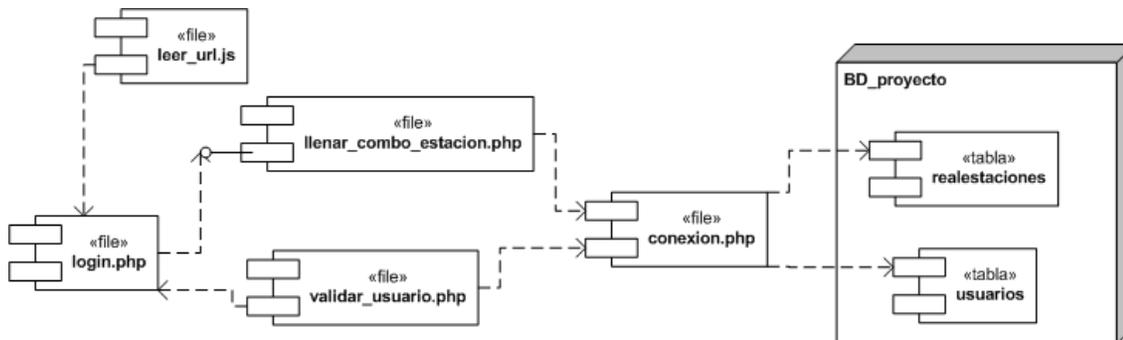


Figura 4.90 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Login”.

Se inicia con el archivo **login.php**, el cual pide los datos necesarios para identificar a un usuario.

Antes de continuar debemos explicar que existen tres tipos de usuarios dentro de esta sección.

- **Administrado General (AG.):** Es uno sólo y es el encargado de todo el sitio Web. Pudiendo administrar información de cualquier estación.
- **Administrador Local (AL.):** Puede ser más de uno y es el administrador exclusivo de una estación en particular.
- **Normal (N.):** Pueden ser más de uno y es el que posee menos privilegios de todos.

Cuando un usuario ingresa, por medio del “Login”, como Administrador, ya sea General o Local, posee funcionalidades parecidas.

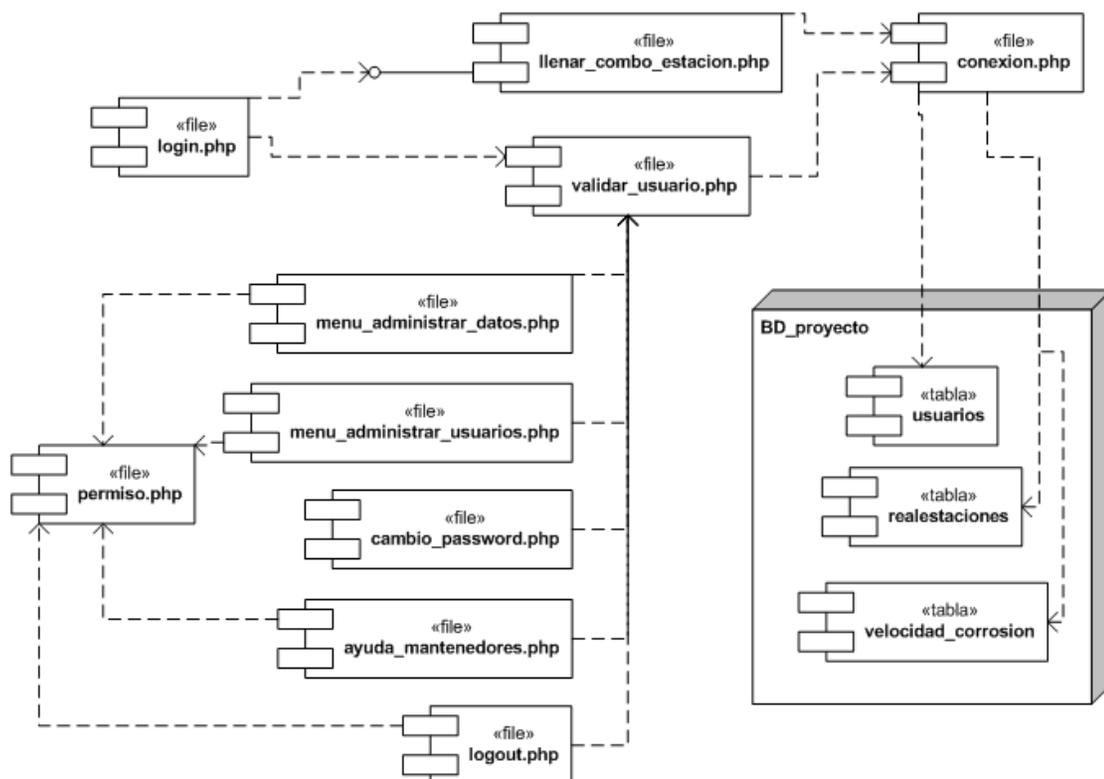


Figura 4.91 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento de opciones disponibles.

En general, el AL. o AG., posee las mismas opciones y la misma estructura.

El AG. cuenta con las siguientes opciones para administrar datos de corrosión.



Figura 4.92 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Datos” como AG.

Se observan las opciones que posee el AG. para administrar la información respecto a la velocidad de corrosión de cualquier estación. Entre las diferentes opciones encontramos agregar, eliminar, modificar y listar velocidad de corrosión.

Cuando el AG. desea agregar datos para una nueva velocidad de corrosión, selecciona la opción “Agregar Velocidad Corrosión”.

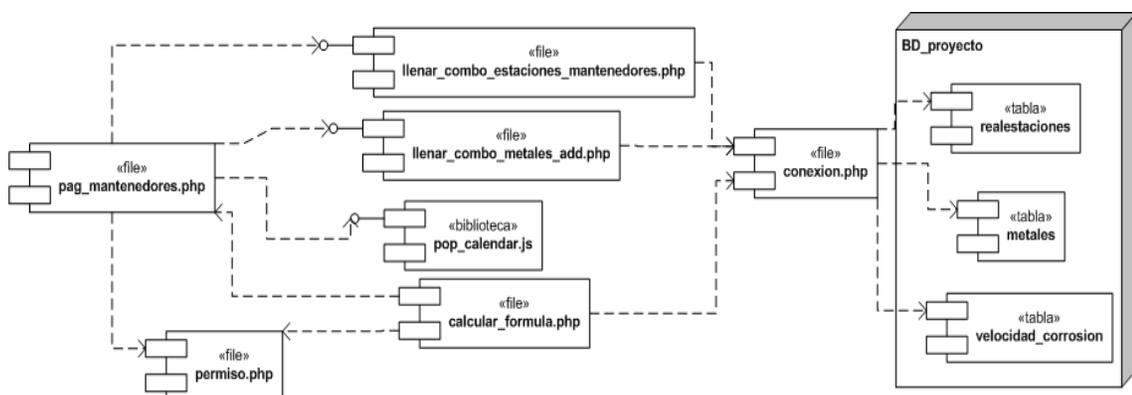


Figura 4.93 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Velocidad Corrosión” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **pag_mantenedores.php**, el cual muestra un formulario requiriendo los datos. Estos una vez verificados se les realizan operaciones para obtener la velocidad de corrosión atmosférica, el archivo **calcular_formula.php** hace estas operaciones.

Cuando el AG. desea eliminar alguna velocidad de corrosión, selecciona la opción “Eliminar Velocidad Corrosión”.

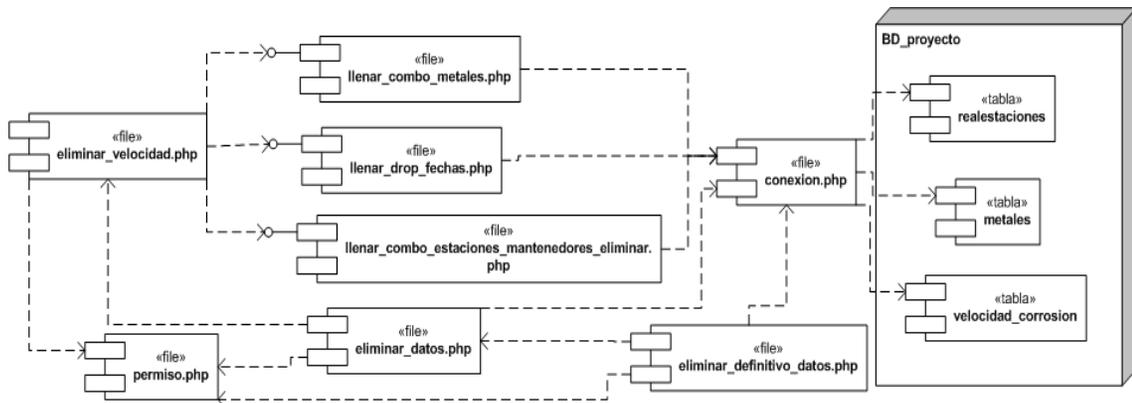


Figura 4.94 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Eliminar Velocidad Corrosión” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **eliminar_velocidad.php**, el cual pide algunos datos necesarios para mostrar la información en una forma de tabla, el archivo **eliminar_datos.php** crea esta tabla. Aquí el AG. decide eliminar la información que desea y la eliminación final se encuentra a cargo del archivo **eliminar_definitivo_datos.php** que suprime esta información desde la base de datos.

Cuando el AG. desea modificar algún dato de la velocidad de corrosión, selecciona la opción “Modificar Velocidad Corrosión”.

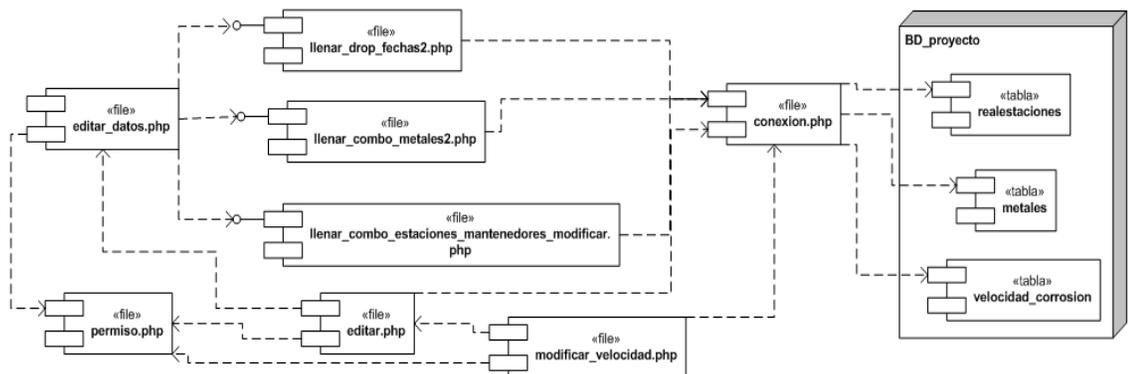


Figura 4.95 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Velocidad Corrosión” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **editar_datos.php**, el cual pide algunos datos, a la base de datos, necesarios para mostrar la información en un formulario, el archivo **editar.php** crea este formulario. Luego el AG. modifica los datos que desea y la actualización se encuentra a cargo del archivo **modificar_velocidad.php**.

Cuando el AG. desea listar las velocidades de corrosión, selecciona la opción “Listar Velocidad Corrosión”.

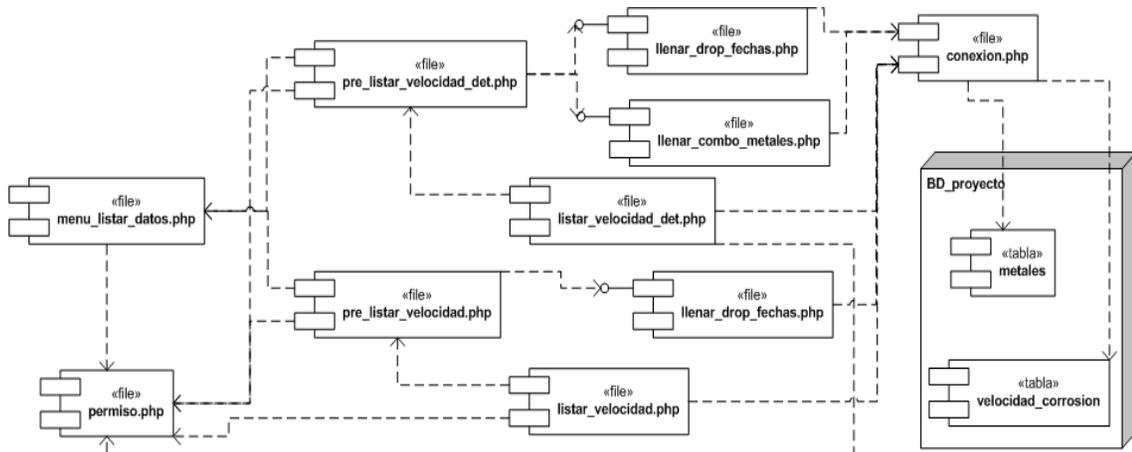


Figura 4.96 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Velocidad Corrosión” como Ag.

Este segmento inicia con el archivo **menu_listar_datos.php**, el cual muestra dos opciones de listado. El primero corresponde a un listado con detalles, el cual muestra toda la información respecto a la velocidad de corrosión, y el segundo corresponde a un listado general que muestra menos información.

Cuando corresponde a un listado en detalles se carga el archivo **pre_listar_velocidad_det.php**, el cual pide que seleccione unos datos, que se encuentran en una lista plegable, para luego generar una tabla con la velocidad de corrosión respecto a los datos seleccionado, el archivo **listar_velocidad_det.php** se encarga de crear la tabla.

El otro tipo de listado, el general, carga el archivo **pre_listar_velocidad.php**, el cual pide seleccionar una fecha correspondiente a las velocidades de corrosión existentes, para luego generar una tabla con las velocidades de corrosión, el archivo **listar_velocidad.php** se encarga de crear la tabla.

El AG.cuenta con las siguientes opciones para administrar a los usuarios.

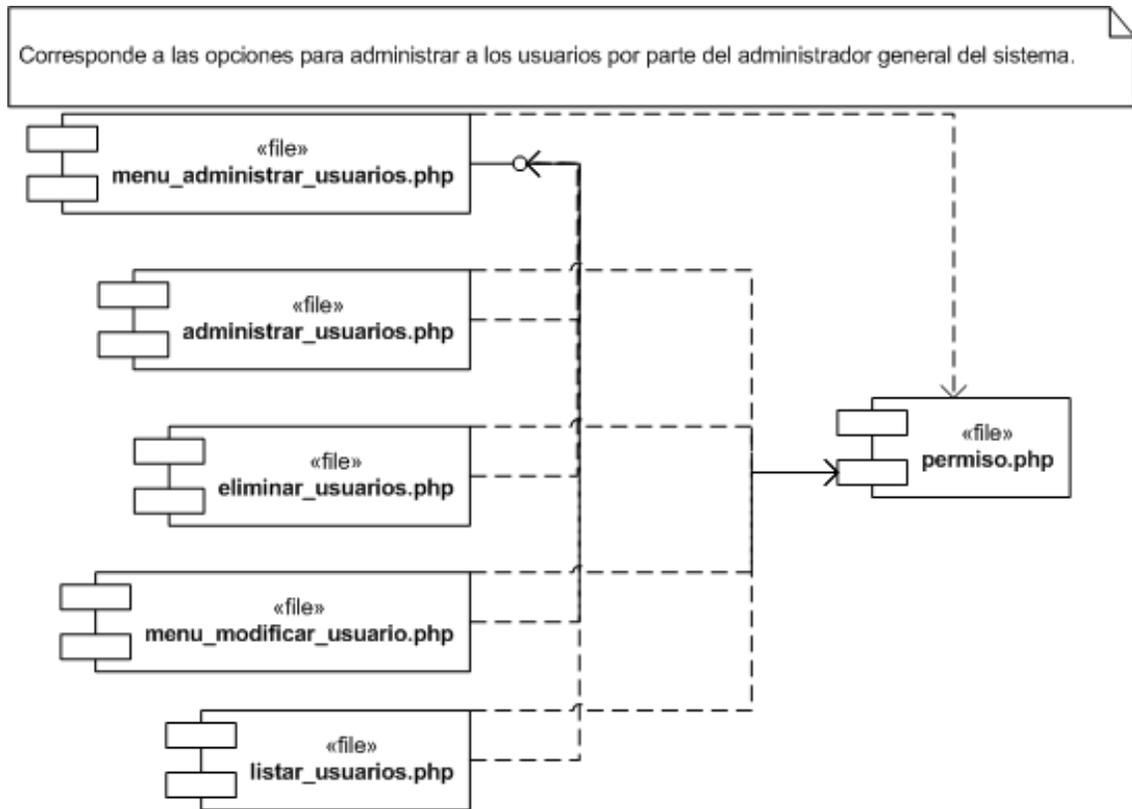


Figura 4.97 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Usuarios” como AG.

Se observan las opciones que posee el AG. para administrar a los diferentes usuarios de cualquier estación. Entre las diferentes opciones encontramos agregar, desactivar, modificar y listar usuarios.

Cuando el AG. desea agregar un nuevo usuario para alguna estación, selecciona la opción “Agregar Usuarios”.

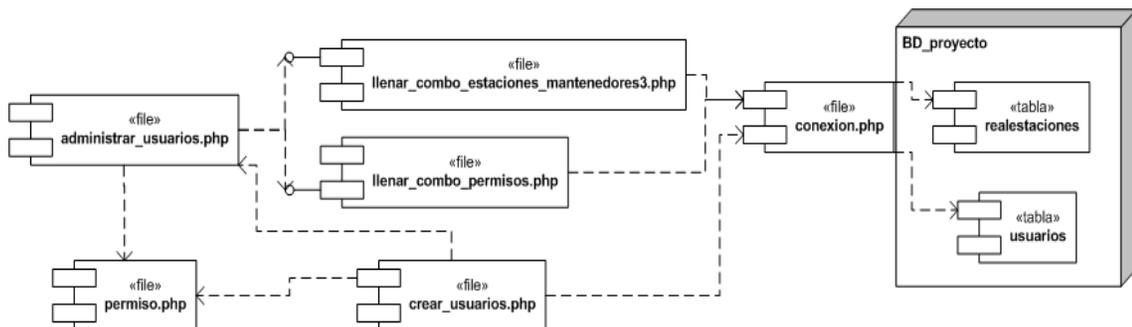


Figura 4.98 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Usuarios” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **administrar_usuarios.php**, el cual muestra un formulario requiriendo los datos necesarios para crear un nuevo usuario. Estos una vez verificados son almacenados en la base de datos, el archivo **crear_usuarios.php** realiza estas tareas.

Cuando el AG. desea desactivar algún usuario para negar su ingreso a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción “Desactivar Usuarios”. Una desactivación corresponde a una eliminación de manera lógica y no física.

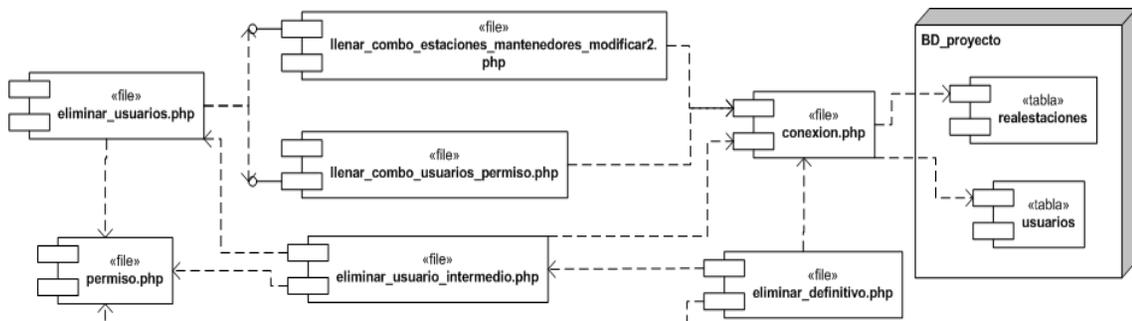


Figura 4.99 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Desactivar Usuarios” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **eliminar_usuarios.php**, el cual pide seleccionar al usuario y la estación a la que pertenece para realizar una desactivación correspondiente, el archivo **eliminar_usuario_intermedio.php** muestra los datos del usuario seleccionado en una tabla. Aquí el AG. decide desactivar y finalmente el archivo **eliminar_definitivo.php** realiza esta operación desde la base de datos.

Cuando el AG. desea activar o cambiar los permisos de algún usuario, selecciona la opción “Modificar Permisos”.

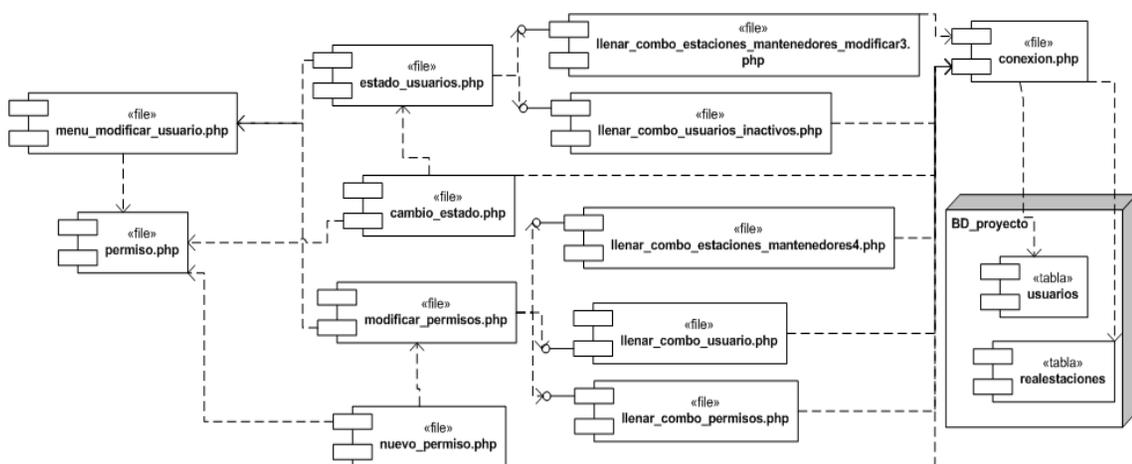


Figura 4.100 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Permisos” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **menu_modificar_usuario.php**, el cual muestra dos opciones. La primera corresponde a una activación de un usuario y la segunda corresponde a modificar los privilegios de acceso que posee un usuario.

Cuando corresponde a una activación se carga el archivo **estado_usuarios.php**, el cual pide que seleccione a un usuario en una lista plegable, para luego realizar la activación desde la base de datos, el archivo **cambio_estado.php** realiza esta última tarea.

La otra opción para el cambio de los privilegios, carga el archivo **modificar_permisos.php**, el cual pide seleccionar a un usuario, la estación a la pertenece y el tipo de privilegio que desea otorgar, para luego realizar los cambios respecto a los privilegios desde la base de datos, el archivo **nuevo_permiso.php** realiza esta tarea.

Cuando el AG. desea listar los usuarios registrados en el sistema, selecciona la opción “Listar Usuarios”.

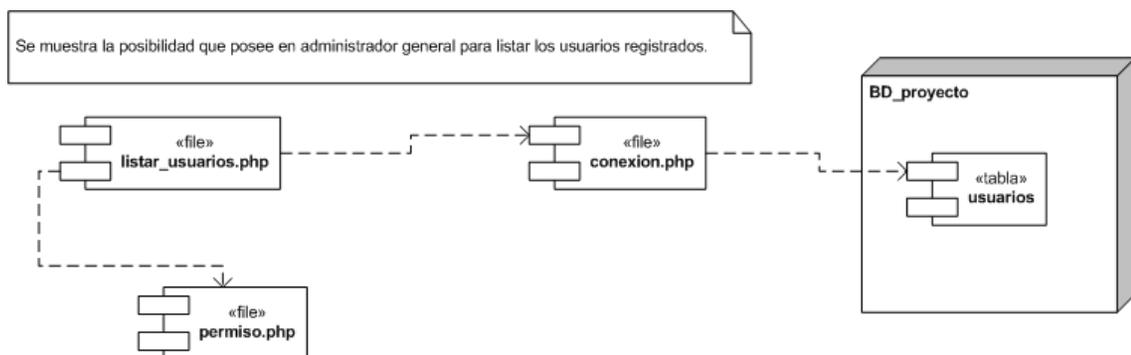


Figura 4.101 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Usuarios” como AG.

Este segmento inicia con el archivo **listar_usuarios.php**, el cual muestra una tabla con todos los usuarios registrados dentro del sistema.

El AL. cuenta con las siguientes opciones para administrar datos de corrosión.

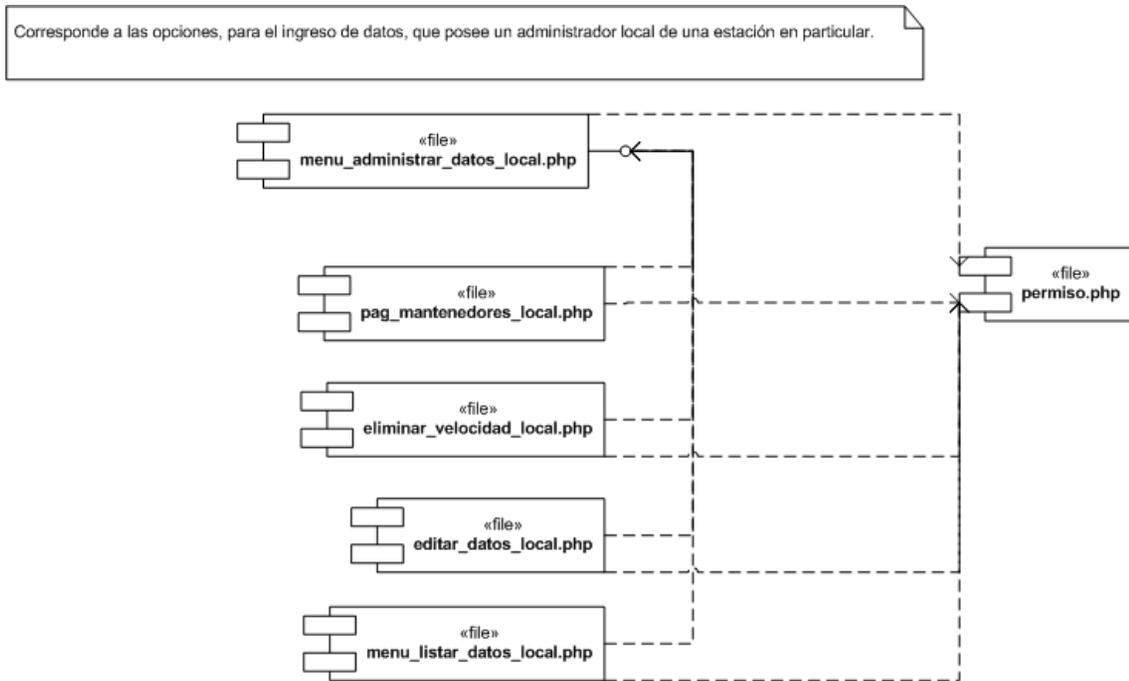


Figura 4.102 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Datos” como AL.

Se observan las opciones que posee el AL. para administrar la información respecto a la velocidad de corrosión de una estación en particular. Entre las diferentes opciones encontramos agregar, eliminar, modificar y listar velocidad de corrosión.

Cuando el AL. desea agregar datos para una nueva velocidad de corrosión, selecciona la opción “Agregar Velocidad Corrosión”.

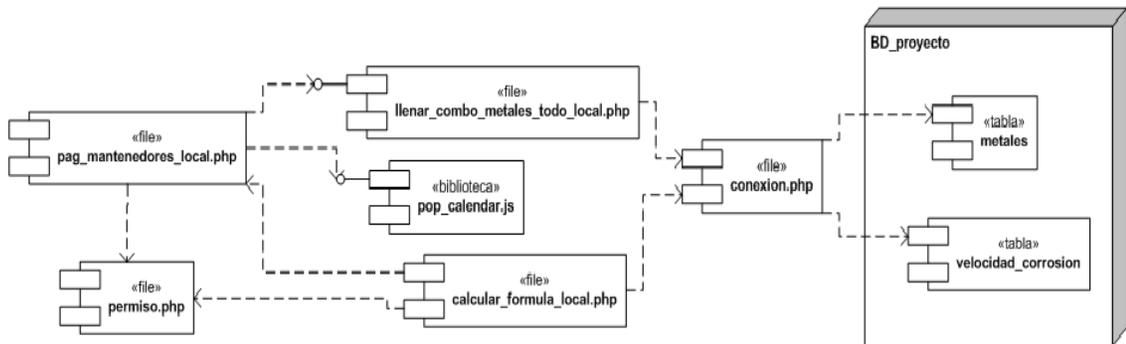


Figura 4.103 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Velocidad Corrosión” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **pag_mantenedores_local.php**, el cual muestra un formulario requiriendo los datos. Estos una vez verificados se les realizan operaciones para

obtener la velocidad de corrosión atmosférica, el archivo **calcular_formula_local.php** hace estas operaciones.

Cuando el AL. desea eliminar alguna velocidad de corrosión de su estación, selecciona la opción “Eliminar Velocidad Corrosión”.

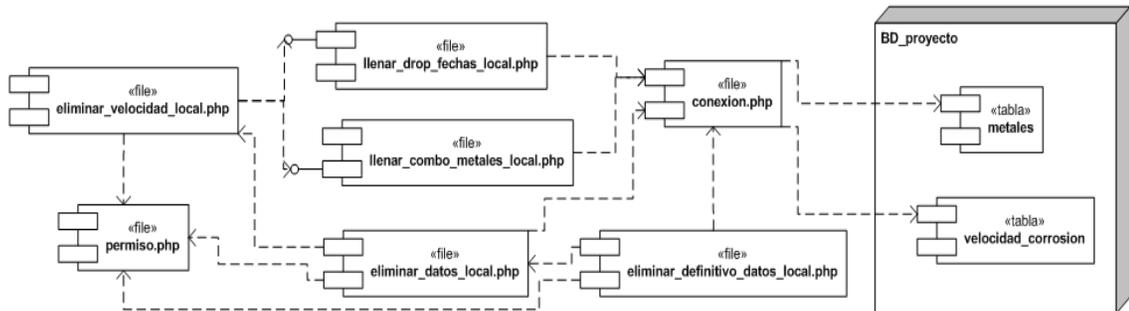


Figura 4.104 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Eliminar Velocidad Corrosión” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **eliminar_velocidad_local.php**, el cual pide algunos datos necesarios para mostrar la información en una forma de tabla, el archivo **eliminar_datos_local.php** crea esta tabla. Aquí el AL. decide eliminar la información que desea y la eliminación final se encuentra a cargo del archivo **eliminar_definitivo_datos_local.php** que suprime esta información desde la base de datos.

Cuando el AL. desea modificar algún dato de la velocidad de corrosión de su estación, selecciona la opción “Modificar Velocidad Corrosión”.

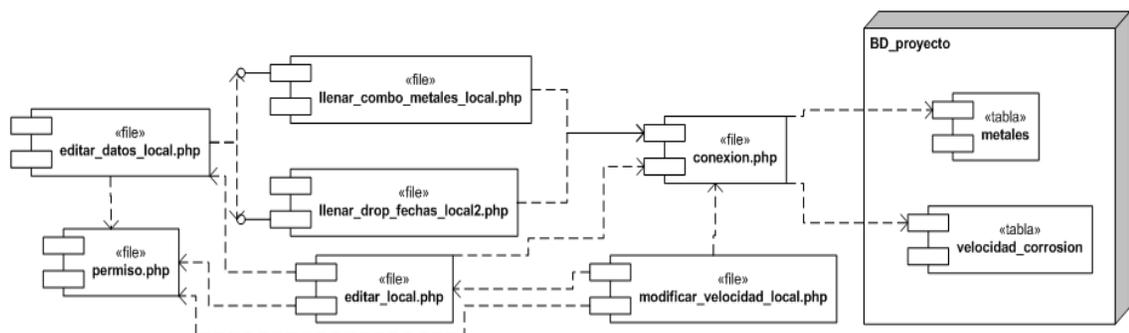


Figura 4.105 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Modificar Velocidad Corrosión” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **editar_datos_local.php**, el cual pide algunos datos, a la base de datos, necesarios para mostrar la información en un formulario, el archivo **editar_local.php** crea este formulario. Luego el AL. modifica los datos que desea y la actualización se encuentra a cargo del archivo **modificar_velocidad_local.php**.

Cuando el AL. desea listar las velocidades de corrosión de su estación, selecciona la opción “Listar Velocidad Corrosión”.

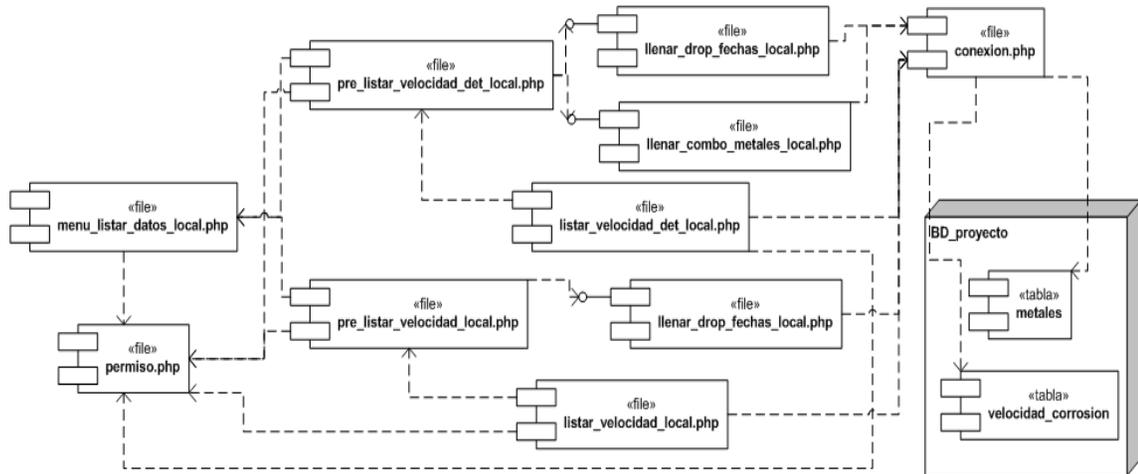


Figura 4.106 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Velocidad Corrosión” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **menu_listar_datos_local.php**, el cual muestra dos opciones de listado. El primero corresponde a un listado con detalles, el cual muestra toda la información respecto a la velocidad de corrosión, y el segundo corresponde a un listado general que muestra menos información.

Cuando corresponde a un listado en detalles se carga el archivo **pre_listar_velocidad_det_local.php**, el cual pide que seleccione unos datos, que se encuentran en una lista plegable, para luego generar una tabla con la velocidad de corrosión respecto a los datos seleccionados, el archivo **listar_velocidad_det_local.php** se encarga de crear la tabla.

El otro tipo de listado, el general, carga el archivo **pre_listar_velocidad_local.php**, el cual pide seleccionar una fecha correspondiente a las velocidades de corrosión existentes según a la estación que pertenece el AL., para luego generar una tabla con las velocidades de corrosión, el archivo **listar_velocidad_local.php** se encarga de crear la tabla.

El AL. cuenta con las siguientes opciones para administrar a los usuarios.

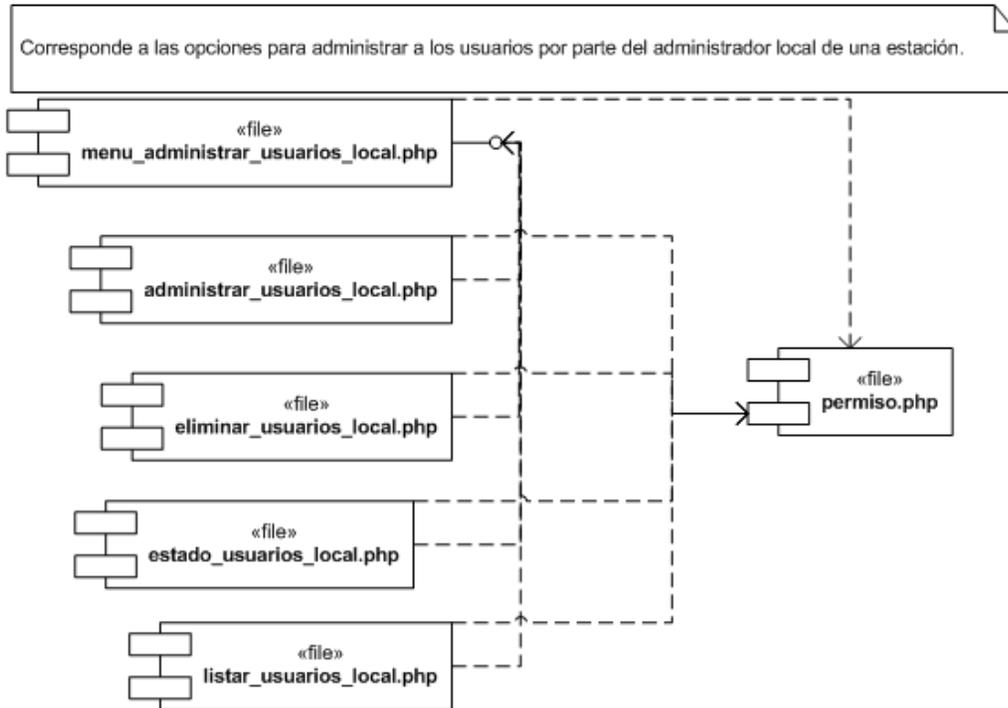


Figura 4.107 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Administrar Usuarios” como AL.

Se observan las opciones que posee el AL. para administrar a los diferentes usuarios que pertenecen a su estación. Entre las diferentes opciones encontramos agregar, desactivar, activar y listar usuarios.

Cuando el AL. desea agregar un nuevo usuario en la estación que administra, selecciona la opción “Agregar Usuarios”.

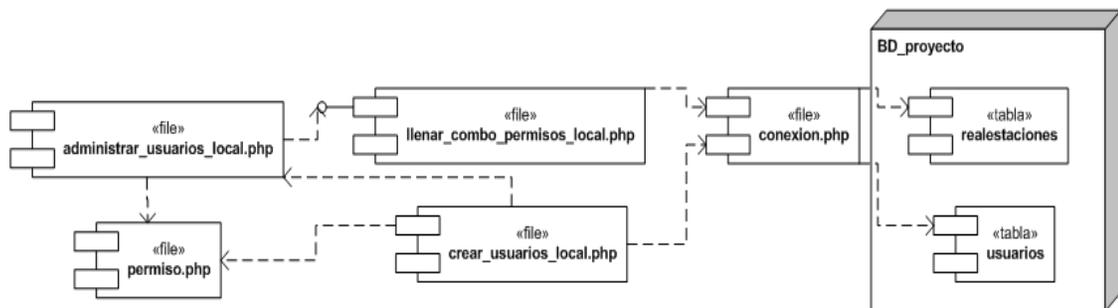


Figura 4.108 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Agregar Usuarios” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **administrar_usuarios_local.php**, el cual muestra un formulario requiriendo los datos necesarios para crear un nuevo usuario. Estos una vez

verificados son almacenados en la base de datos, el archivo **crear_usuarios_local.php** realiza estas tareas.

Cuando el AL. desea desactivar algún usuario, que se encuentre registrado en su estación, para negar el ingreso a la sección “Mantenedores”, selecciona la opción “Desactivar Usuarios”. Una desactivación corresponde a una eliminación de manera lógica y no física.

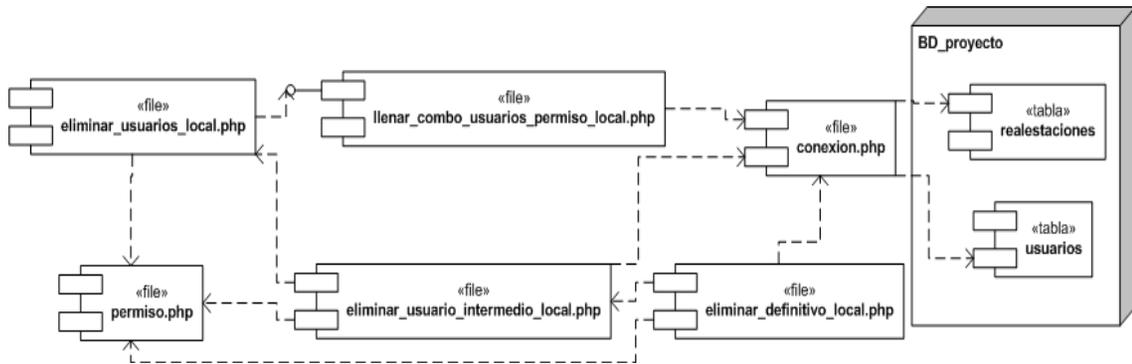


Figura 4.109 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Desactivar Usuarios” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **eliminar_usuarios_local.php**, el cual pide seleccionar al usuario para realizar la desactivación, el archivo **eliminar_usuario_intermedio_local.php** muestra los datos del usuario seleccionado en una tabla. Aquí el AL. decide desactivar y finalmente el archivo **eliminar_definitivo_local.php** realiza esta operación desde la base de datos.

Cuando el AL. desea activar algún usuario que se encuentra desactivado y registrado en la estación que administra, selecciona la opción “Activar Usuarios”.

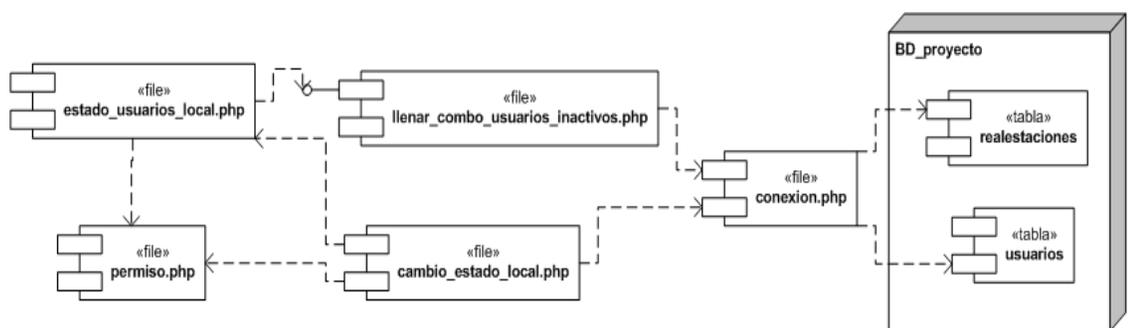


Figura 4.110 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Activar Usuarios” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **estado_usuarios_local.php**, el cual muestra una lista desplegable con los usuarios que se encuentran desactivados y registrados en la estación que administra el AL. Luego el AL. decide activar a un usuario determinado y esta activación la realiza el archivo **cambio_estado_local.php**.

Cuando el AL. desea listar los usuarios registrados en la estación que administra, selecciona la opción “Listar Usuarios”.

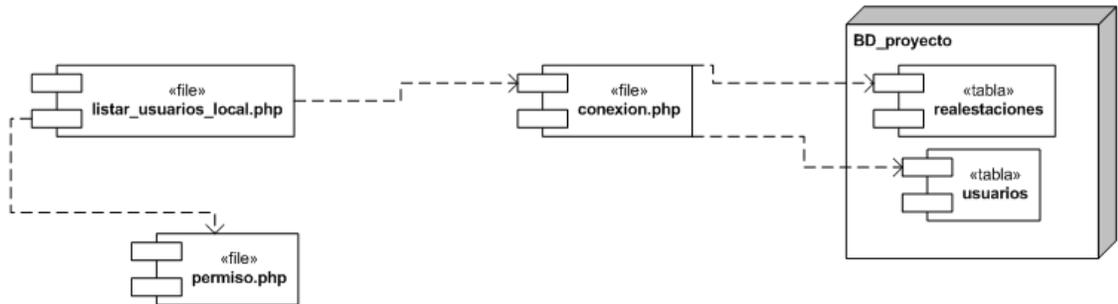


Figura 4.111 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Listar Usuarios” como AL.

Este segmento inicia con el archivo **listar_usuarios_local.php**, el cual muestra una tabla con todos los usuarios registrados en la estación administrada por el AL.

El N. tiene como único objetivo el ingreso de datos para el cálculo de la velocidad de corrosión dentro de la estación en la cual se encuentra registrado.

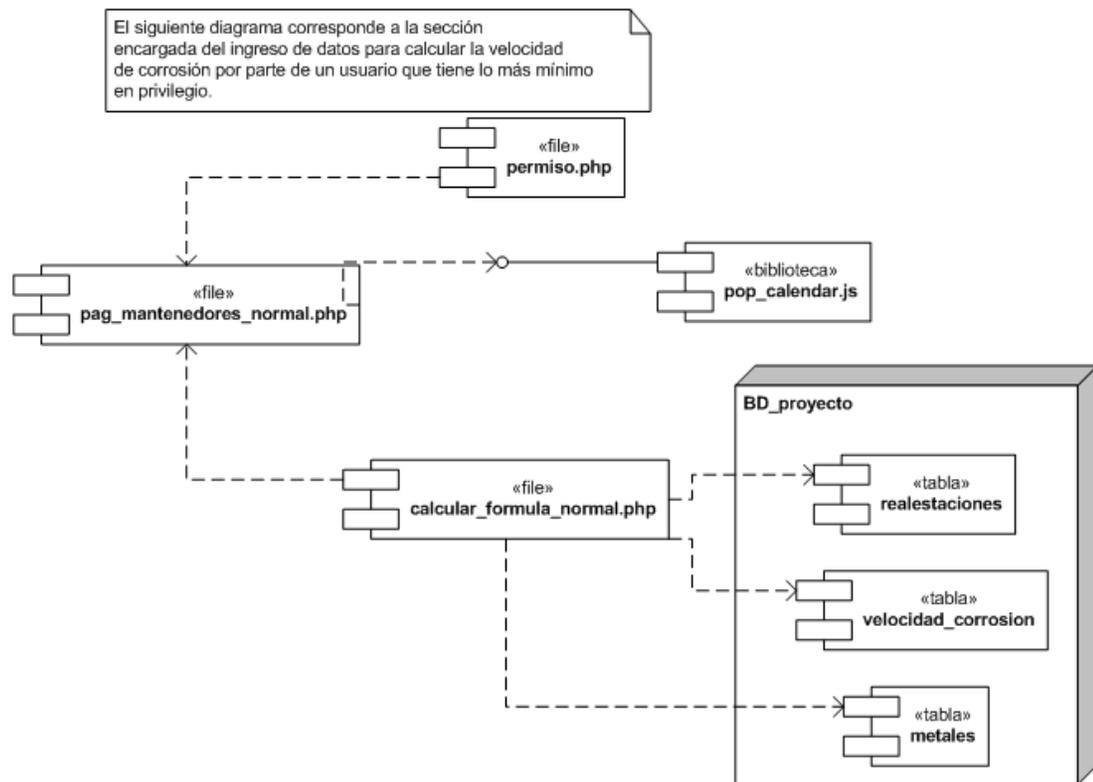


Figura 4.112 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Velocidad de Corrosión” como N.

Este segmento inicia con el archivo **pag_mantenedores_normal.php**, el cual muestra un formulario requiriendo los datos. Estos una vez verificados se les realizan operaciones para obtener la velocidad de corrosión atmosférica, el archivo **calcular_formula_normal.php** hace estas operaciones.

Además de todas la funcionalidades antes descritas para todos los tipos de usuarios, AG., AL. y N., existen otras opciones que sirven de apoyo. Entre estas opciones encontramos la posibilidad de cambiar password y un segmento de ayuda e información.

Cuando se desea realizar un cambio de password, ya sea un AG. o AL. o N., la estructura del segmento es el mismo.

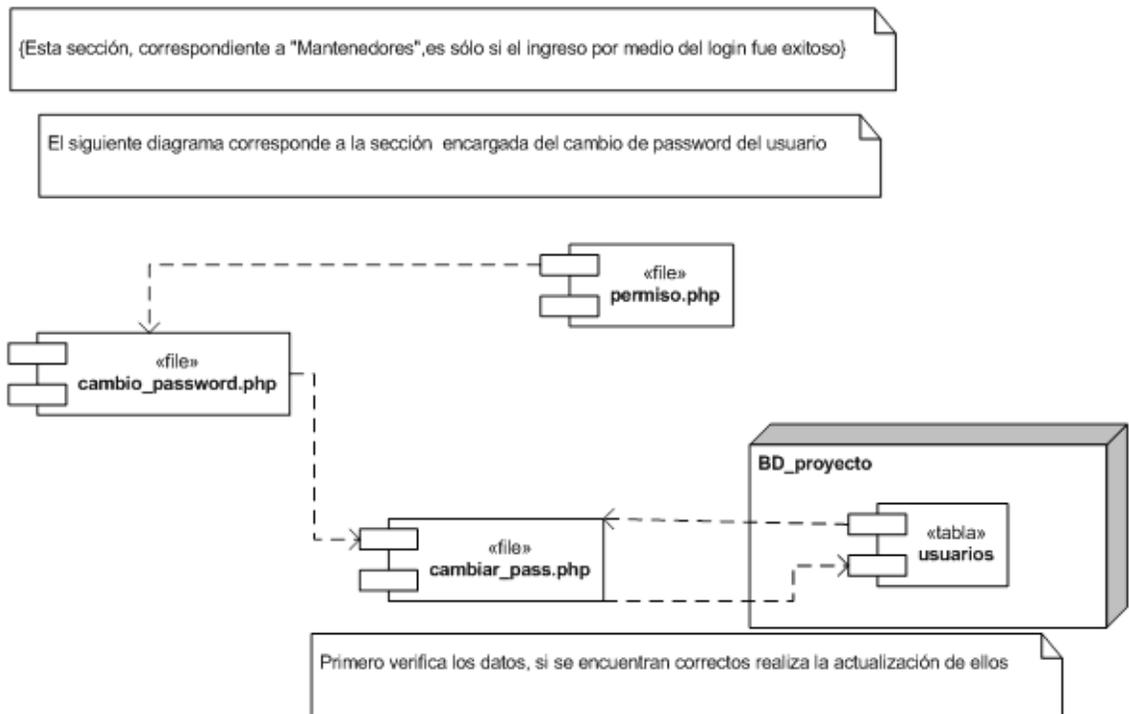


Figura 4.113 Diagrama de Componentes sección “Mantenedores”, segmento “Cambiar Password” como AG., AL., N.

Este segmento inicia con el archivo **cambio_password.php**, el cual pide datos necesarios para realizar una actualización con la nueva información, el archivo **cambiar_pass.php** tiene asignada la tarea de cambiar el password.

Los Diagramas de Despliegue corresponden a un tipo de diagrama de UML y tiene como objetivo modelar el hardware por medio de implementaciones del sistema y las relaciones entre sus componentes.

Se realizó un Diagrama de Despliegue mostrando el sitio Web desarrollado.

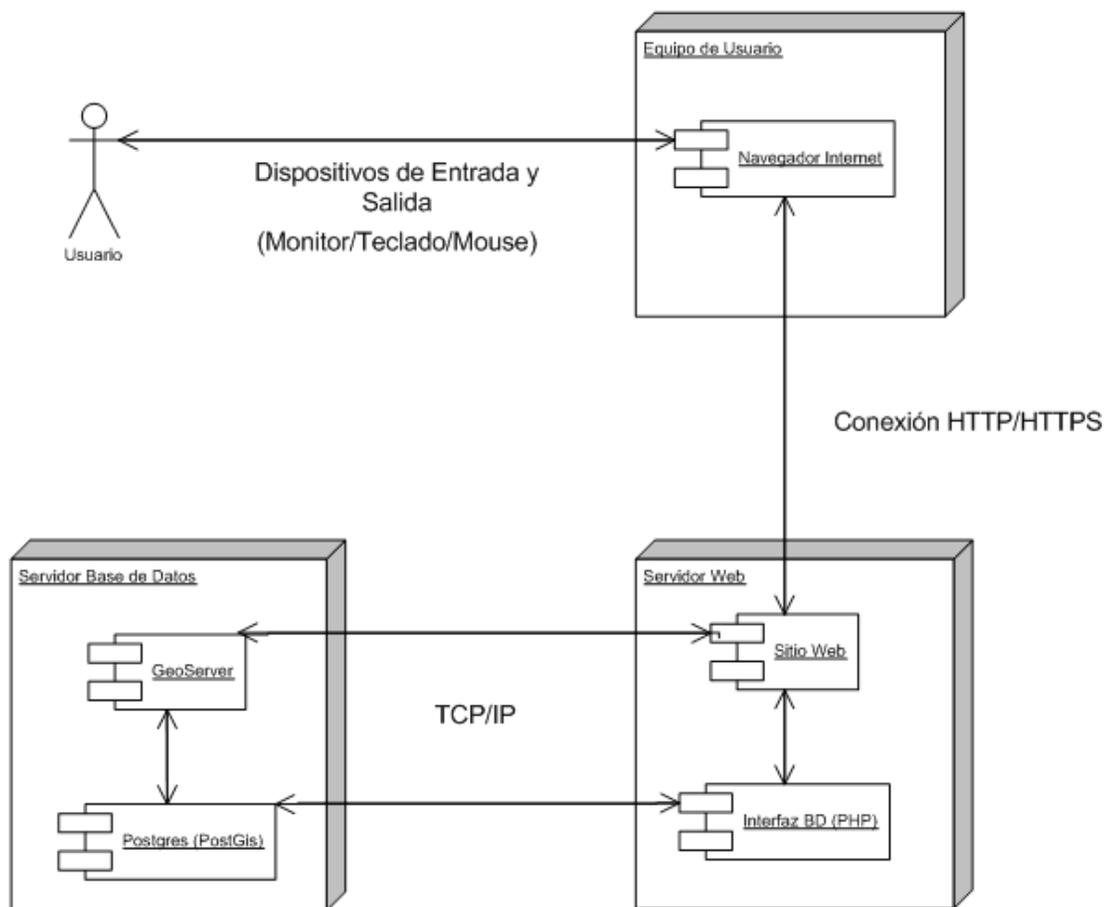


Figura 4.114 Diagrama de Despliegue del sitio Web.

El usuario, independiente si es AG., AL., N., accede por medio de dispositivos de entrada y salida a su navegador de Internet y mediante una conexión HTTP/HTTPS, se comunica con el servidor Web en donde se encuentra el sitio Web. El sitio Web, a su vez, se comunica con la base de datos mediante la interfaz de PHP, ya que este lenguaje tiene la capacidad de conectarse a una base de datos para extraer o ingresar datos. Para realizar la comunicación entre la base de datos y el sitio Web se completa con una conexión TCP/IP.

El GeoServer mantiene un mapa estático de Chile para mostrar las posiciones de las estaciones dentro del país.

4.10 Comparación de Resultados

A continuación daremos a conocer algunos de los ejemplos de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica obtenidos en el sitio Web y los compararemos con otros construidos por el Sistema de Información Geográfica ArcGis. Evidentemente los datos utilizamos, tanto en el sitio como en ArcGis, son los mismo.

Además para generar los mapas se ocupó la interpolación con el método IDW, con el cual se crean las Isolíneas para generar los mapas.

Los datos utilizados para obtener el mapa de corrosión atmosférica del acero.

Tabla 4.6 Muestra la velocidad de corrosión del acero.

ID Estación	Velocidad de Corrosión	ID Estación	Velocidad de Corrosión	ID Estación	Velocidad de Corrosión
1	0,5	16	175	31	30
2	15	17	27		
3	43	18	60		
4	25	19	10		
5	100	20	20		
6	120	21	65		
7	35	22	43,1		
8	10	23	50		
9	1,3	24	30		
10	55	25	1,1		
11	75	26	1,4		
12	80	27	26		
13	90,8	28	51		
14	200	29	81		
15	10,45	30	17,89		

Las siguientes imágenes muestran los resultados que se obtuvieron:

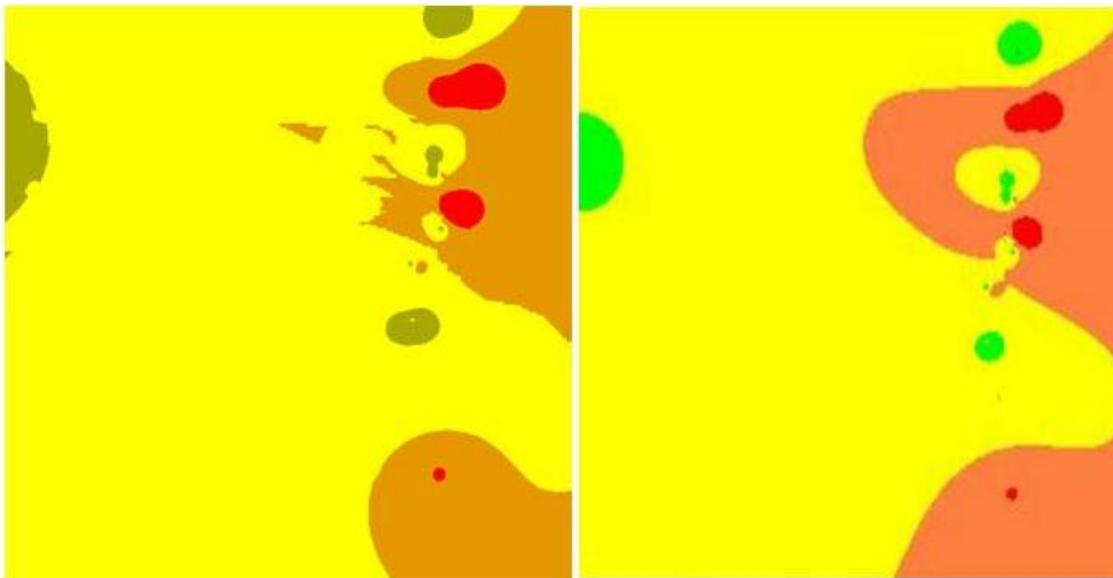


Figura 4.115 Resultados al aplicar el método IDW a datos del acero.

Las imágenes que se observan son el resultado de la aplicación de método IDW a los datos de la tabla anterior. Se aprecian sin los límites de Chile, para observar en detalle los diferentes contornos de las velocidades de corrosión que se generan mediante las Isolíneas.

La imagen de la izquierda muestra el mapa obtenido en ArcGis y a la imagen de la derecha muestra el mapa obtenido en el sitio.

Los datos correspondientes a la velocidad de corrosión del cobre.

Tabla 4.7 Muestra la velocidad de corrosión del cobre.

ID Estación	Velocidad de Corrosión	ID Estación	Velocidad de Corrosión	ID Estación	Velocidad de Corrosión
1	0,1	16	1,75	31	2,9
2	0,2	17	2,7		
3	0,6	18	5		
4	5,6	19	1		
5	3,2	20	2,9		
6	4,2	21	0,9		
7	0,01	22	4,3		
8	2,45	23	1,5		
9	1,3	24	3		
10	5,5	25	1,1		
11	3,1	26	1,4		
12	2,6	27	2,6		
13	0,8	28	5,1		
14	2	29	1,8		
15	1,45	30	0,2		

Otros de los resultados que se obtenidos:

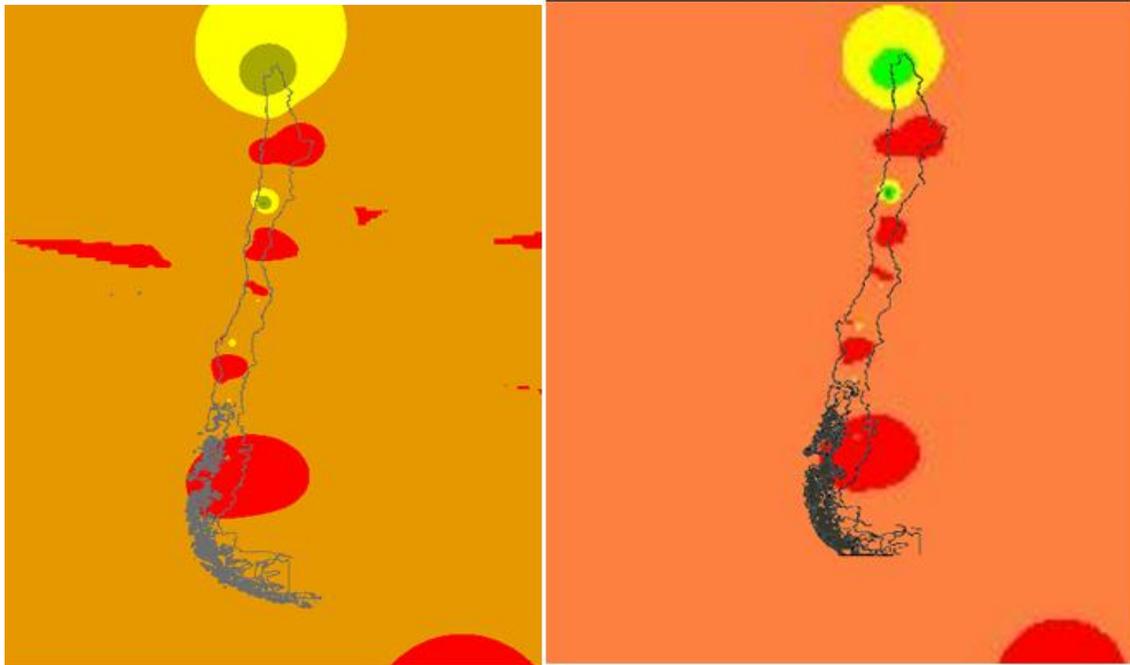


Figura 4.116 Resultados al aplicar el método IDW a datos del cobre.

Al igual que en la imagen anterior, la imagen de la izquierda corresponde al mapa obtenido en ArcGis y la de la derecha al mapa obtenido desde el sitio. Con la diferencia que poseen el contorno de Chile para observar que dentro del país se obtienen las mismas figuras.

En ambos resultados se puede apreciar las similitudes que existen entre los mapas de ArcGis y los mapas obtenidos desde el sitio. Por lo mismo se puede concluir, en base a los mismos resultados, que la implementación del módulo para la generación de Isolíneas cumple con las expectativas que el equipo de desarrollo tenía.

5 Conclusiones

Al comenzar la investigación del presente trabajo la finalidad era conocer todo lo relacionado con la corrosión atmosférica y como esta afecta a una serie de materiales usados en las construcciones, ser capaces de entender este fenómeno e idear la forma de construir un mapa para la velocidad de corrosión atmosférica de todo Chile.

Esta forma de trabajo tiene muchos rasgos nuevos con los cuales el equipo de desarrollo no estaba familiarizado, debido a que siempre se comenzaba con la implementación de un sistema desde cero, realizando la toma de requerimientos y el análisis en un inicio, y no con una investigación tan en profundidad sobre el tema en cuestión.

En un principio se pensó el implementar un software de escritorio para cumplir con la meta de este trabajo, incluyendo el uso de un SIG, uDig. El cual cumplió un gran papel al inicio del desarrollo del proyecto, ya que con las diferentes opciones que posee, se logró construir el primer ejemplar de un mapa de velocidad de corrosión atmosférica.

Sin embargo, en el transcurso del trabajo fueron surgiendo nuevos requerimientos, por ende, se tuvo que volver a analizar la mejor forma de construir y publicar los mapas de velocidad de corrosión atmosférica, y finalmente se decidió que la mejor forma de llegar a cumplir con los distintos objetivos era la de implementar un sitio Web, el cual se encargara tanto de la construcción de los mapas, como de su publicación.

Una de las razones por la que se optó el desarrollo de sitio Web fue que la mayoría de los usuarios ya están familiarizados con el uso de sitios Web, por lo que se les haría más sencillo la manipulación del sistema. También se debe mencionar que al ser un sitio Web no es necesario instalar ningún otro software para comenzar a utilizar el sistema.

Muchas decisiones se tomaron durante el transcurso del proyecto, pero las que tuvieron mayor influencia sobre la dirección que llevaba el trabajo fue uno de los requerimientos pedido en una reunión realizada por el equipo del proyecto INNOVA CORFO 09CN14-5879, el que consistía en la construcción de mapas totalmente dinámicos, a diferencia del que se contaba en ese entonces, que poseía zonas estáticas. Y por último el cambio de método para el trazado de los mapas, mediante Isolíneas, que en un comienzo se había decidido por el algoritmo Spline, no obstante, luego de pruebas realizadas a los tiempos de respuesta para la generación de los mapas se optó por la utilización del método IDW, el cual generaba mapas más rápidamente. Además el algoritmo Spline poseía una gran complejidad en el uso e implementación.

La meta lograda de este trabajo fue la implementación del sitio Web, en el que se plasma el desarrollo e investigación realizada, la función más importante que posee el sitio es la que permite la construcción de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica, en base al tipo de metal y a la fecha en que fueron obtenidos los datos.

El sitio también cuenta con un sistema para el ingreso de los datos, necesarios para el cálculo de la velocidad de corrosión, que facilita enormemente el manejo de los mismos y

además de una forma de administrar las distintas cuentas de usuario, para que sólo los que cuenten con el debido permiso puedan administrar datos.

Al igual que la mayoría de los sitios Web, este cuenta con una sección de ayuda orientada a auxiliar al usuario, en caso de que necesite asistencia para terminar con alguna determinada tarea. Debido a las distintos tipos de usuarios que pueden existir en este sistema, cada uno de ellos tendrá una sección de ayuda personalizada con distintas imágenes, explicando de forma detallada cada una de las distintas tareas que pueden efectuar.

En la elaboración del actual trabajo de título se utilizaron con éxito una serie de herramientas de libre acceso, como PHP, HTML, PostgreSQL (PostGis), GeoServer entre otras, las cuales fueron fundamentales tanto en la generación y publicación de los mapas de velocidad de corrosión atmosférica, como en la construcción del sitio Web. Al mismo tiempo se reducen los costos totales en perspectiva con el uso de herramientas o software con licencia de pago.

Al ser parte de un proyecto pionero en Chile, la construcción de mapas de velocidad de corrosión atmosférica, es algo que mantiene expectante al equipo de desarrollo y espera contribuir en gran medida en posteriores estudios sobre el tema, ya que con esto se da un primer paso en la generación de un mapa de velocidad de corrosión atmosférica en Chile.

6 Referencias

- [1] MICAT, disponible vía Web en <http://www.materia.coppe.ufrj.br/artigos/artigo10098>, M. Ronda, J. Gómez, M. Balmayor, J. A. Alonso, P. Leiva, D. Ruiz, J. Davis, A. Cabezas. Revisada por ultima vez miércoles 14 de abril de 2010.
- [2] Mapa de corrosividad de Bolivia. Presentación Dr. Jaime Rocha Valenzuela, 2010.
- [3] Mapas de corrosividad atmosférica en Colombia. Presentación Dr. Juan Guillermo Castaño, 2010.
- [4] La corrosión atmosférica en Cuba mapa de corrosividad. Presentación Dra. Ada Cabezas Soto, 2010.
- [5] Mapa de corrosividad atmosférica de Argentina. Presentación Dra. Blanca Rosales, 2010
- [6] Noticia proyecto creación mapas de corrosión, disponible vía Web en http://www.ucv.cl/p1_rector/antialone.html?page=http://www.ucv.cl/p4_extension/site/pags/20100119130922.html. Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [7] Sistema de Información Geográfica..National Center for Geographic Information and Analysis –NCGIA- de USA 1990.
- [8] Base de Datos Geográfica, Environment Systems Research Institute. [On –line]. Home Page: <http://www.esri.com>.
- [9] GRASS, disponible vía Web en <http://grass.itc.it/> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [10] GvSig, disponible vía Web en <http://www.gvsig.gva.es> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [11] Kosmo, disponible vía Web en <http://www.opengis.es/> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [12] JUMP, disponible via web en <http://www.openjump.org> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [13] Geomedia disponible vía Web en <http://www.solgrafperu.com/geomedia.htm> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.
- [14] ArcGIS disponible vía Web en <http://www.esri.com/products/index.html> . Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.

[15] MapInfo, disponible vía Web en <http://www.rockware.com/product/overview.php?id=274&gclid=CPeb-Oiik6ECFUuU7QodZkaHNQ>. Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.

[16] Latino GIS disponible vía Web en http://www.sgrin.es/wfPlantilla_ListadoDoble.aspx?idMenu=abfbabb2-f44d-4b16-a1fb-63a5a5350319. Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.

[17] SuperGIS disponible vía Web en http://www.supergeotek.com/products_desktop_SuperGIS.aspx. Revisada por ultima vez Lunes 19 de abril de 2010.

[18] uDig, disponible vía Web en <http://udig.refractions.net/>. Revisada por última vez miércoles 21 de abril de 2010.

[19] RCP, disponible vía Web en http://wiki.eclipse.org/RCP_FAQ. Revisada por última vez miércoles 14 de abril de 2010

[20] GeoTools, disponible vía Web en <http://www.geotools.org/>. Revisada por última vez viernes 16 de abril de 2010

[21] FORMULARIO INNOVA CHILE BIENES PLUBLICOS, publicación noviembre 2009.

[22] GeoServer, disponible vía Web en <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>. Revisada por última vez jueves 23 de septiembre de 2010

