



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE
LA COMPUTACIÓN

MODELAMIENTO COMPUTACIONAL Y VISUAL DE LA INFORMACIÓN DEL
PROYECTO ESTATUARIA ISLA DE PASCUA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL EN COMPUTACIÓN

NATALIA SOLEDAD TAPIA RODRÍGUEZ

PROFESORAS GUÍAS:
NANCY HITSCHFELD KAHLER
PATRICIA VARGAS CASANOVA

MIEMBRO DE LA COMISIÓN:
MARÍA RIVARA ZÚÑIGA

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Proyecto Fondecyt N°1120495

SANTIAGO DE CHILE
SEPTIEMBRE 2013

Resumen

El Centro de Estudios Isla de Pascua y Oceanía, dependiente del Departamento de Antropología en la Facultad de Ciencias Sociales, se dedica a realizar proyectos relacionados con el patrimonio arqueológico de la Isla de Pascua. Uno de estos proyectos corresponde al proyecto Estatuaria de la Isla de Pascua, el cual, ha recopilado información significativa referente a los Moai y los atributos de estos tales como largo total, largo cabeza, material y localización.

De acuerdo a la información recolectada, se ha determinado que existe una tipología de la estatuaria de la Isla de Pascua definida a partir de un conjunto de atributos. Debido a la enorme cantidad de información que existe actualmente y a que los investigadores responsables del proyecto no cuentan con herramientas apropiadas ni poseen la especialización necesaria, no ha habido un avance significativo en un análisis estilístico más detallado de los Moai, de los patrones recurrentes de diseño, proporciones, medidas, ni se ha abordado a la fecha la visualización y/o modelamiento de la data recopilada con respecto a estos.

El objetivo de la memoria es desarrollar una herramienta que permita un análisis más riguroso de la información disponible por medio de la visualización científica de datos, la computación gráfica y de algoritmos apropiados para extraer información valiosa.

Para cumplir el objetivo de la memoria, primero se realizó una toma de requerimientos y se describieron los casos de uso del sistema. Luego se desarrollaron prototipos basados en los casos de uso lo que involucró la investigación de variadas tecnologías. Posteriormente se creó una base de datos que contiene datos ficticios y una base de datos que contiene un subconjunto de Moai. Finalmente, se diseñó la arquitectura del sistema basándose en los prototipos creados, se implementó la administración de las bases de datos, la búsqueda entre intervalos de atributos, la búsqueda basada en la relación de dos atributos, la clasificación de Moai según su tipo, mapas interactivos con distintos modos de visualización y el modelamiento en 3D de un Moai.

La validación de la herramienta se realizó evaluando su funcionalidad sobre los datos ficticios y para ver si efectivamente la herramienta visualizaba de forma correcta la información del catastro.

El resultado final es una herramienta de escritorio gráfica e interactiva que permite difundir y analizar el registro arqueológico que se tiene hasta ahora de los Moai ya sea para fines educativos o de investigación.

Agradecimientos

A la profesora Nancy Hitschfeld, por su gran disposición y paciencia durante el desarrollo de esta memoria.

A la profesora Patricia Vargas, por haberme dado la oportunidad de realizar mi memoria en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile.

A mi madre María Rosa, mi abuelita María Inés, mi tata Enrique y mi tío Enrique, por nunca dejarme sola en los momentos más difíciles. Gracias por todo el apoyo entregado a lo largo de mi carrera.

A mi pololo Cristian, por la preocupación y el apoyo brindado en esta última etapa. Gracias por creer en mí.

A mis amigas y amigos, por apoyarme y darme ánimos.

Tabla de contenido

1. Introduccion	1
1.1. Aspectos Generales	1
1.2. Motivación	2
1.3. Objetivo General	3
1.4. Objetivos Específicos	3
1.5. Contenido	3
2. Antecedentes	5
2.1. Conceptos básicos	5
2.1.1. Definiciones relacionadas con la información geográfica y los objetos geométricos	5
2.1.2. Definiciones relacionadas con Computación gráfica, Ingeniería de Software y Servicios Webs	7
2.1.3. Definiciones matemáticas	7
2.2. Información disponible de los Moai y de la Isla de Pascua	9
2.2.1. Datos geográficos	9
2.2.2. Características de los Moai	9
2.2.3. Conclusiones obtenidas a partir del catastro	10
3. Análisis de la solución	12
3.1. Descripción de la herramienta a desarrollar	12
3.2. Requerimientos	13
3.3. Tipo de Usuario	14
3.4. Diagramas UML de casos de uso	14
3.5. Casos de uso detallados	16
4. Diseño e implementación de la solución	20
4.1. Ambiente de desarrollo	20
4.2. Descripción general de la solución	22
4.3. Diseño de Base de Datos	23
4.4. Procedimientos para generar datos geográficos y modelos 3D de los Moai	26
4.4.1. Generación de un Moai a partir de imágenes	26
4.4.2. Generación de datos geográficos para Google Earth	30
4.4.3. Generación de datos geográficos para Google Maps	31
4.5. Estructura de clases	31
4.5.1. Visualización de la Isla de Pascua en la ventana principal	31

4.5.2.	Creación y visualización de la malla de un Moai	32
4.5.3.	Creación de un mapa interactivo con Google Earth y Google Maps .	33
4.5.4.	Creación de un mapa interactivo con OpenGL	34
4.5.5.	Creación de la clasificación de un moai de acuerdo a su tipo	35
4.5.6.	Creación de la búsqueda entre intervalos de atributos	35
4.5.7.	Creación de la búsqueda basada en la relación de dos atributos	36
4.5.8.	Manipulación de las bases de datos	37
4.5.9.	Creación de la ventana principal	38
4.6.	Módulo de Herramientas	38
4.6.1.	Clasificación de Moai según su tipo	38
4.6.1.1.	Resolución de un problema de multi-clasificación con SVM .	39
4.6.1.2.	Implementación de la funcionalidad Clasificación de Moai .	40
4.6.2.	Búsqueda entre intervalos de atributos	42
4.6.3.	Búsqueda basada en la relación de dos atributos	42
4.7.	Módulo Mapas Interactivos	43
4.7.1.	Mapa Interactivo con OpenGL	43
4.7.2.	Mapa Interactivo con Google Earth y Google Maps	43
4.8.	Módulo Administración de Base de Datos	44
4.8.1.	Actualizar, Borrar e Insertar datos	44
4.8.2.	Cambiar Base de Datos y actualizar datos	44
4.9.	Visualizador	44
4.9.1.	Widgets que integran las interfaces gráficas del visualizador	45
4.9.2.	Componentes del visualizador	46
4.9.2.1.	Ventana Principal	46
4.9.2.2.	Clasificación de Moai	48
4.9.2.3.	Búsqueda entre intervalos de atributos	49
4.9.2.4.	Búsqueda basada en la relación de dos atributos	50
4.9.2.5.	Mapa Interactivo Google Earth	50
4.9.2.6.	Mapa Interactivo Google Maps	51
4.9.2.7.	Mapa Interactivo OpenGL	51
4.9.2.8.	Borrar	52
4.9.2.9.	Insertar	52
4.9.2.10.	Actualizar	52
4.9.2.11.	Cambiar Base de datos y actualizar datos	53
5.	Validación de la solución	54
6.	Conclusiones y trabajo futuro	64
6.1.	Conclusiones	64
6.2.	Trabajo futuro	65
	Bibliografía	66
A.	Anexo: Lista de atributos y posibles valores que pueden adquirir	67
B.	Anexo: Diagrama de Bases de Datos	70
C.	Anexo: Diagrama de Clases	72

D. Anexo: Interfaces gráficas	82
E. Anexo: Procedimiento para generar datos geográficos para Google Earth	88
F. Anexo: Procedimiento para generar datos geográficos para Google Maps	93

Índice de tablas

3.1. Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Opendgl.	16
3.2. Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Earth.	16
3.3. Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Maps.	16
3.4. Caso de uso: Mostrar información de un Moai.	17
3.5. Caso de Uso: Buscar Moai que contengan ciertos atributos que se encuentran en intervalos determinados por el usuario.	17
3.6. Caso de Uso: Buscar Moai de acuerdo a la relación de dos atributos.	17
3.7. Caso de Uso: Clasificar Moai de acuerdo a su tipo.	18
3.8. Caso de Uso: Ingresar datos.	18
3.9. Caso de Uso: Borrar datos	18
3.10. Caso de Uso: Actualizar datos	18
3.11. Caso de Uso: Cambiar Base de Datos	19
5.1. Tabla que contiene algunos Moai con datos de sus atributos	54
5.2. Estatuas registradas: Distribución, Material y Localización	55
5.3. Información ficticia relacionada con el largo total y el largo cabeza de un conjunto de Moai	57
5.4. Información ficticia relacionada con el ancho de hombros y el ancho base de un conjunto de Moai	57
5.5. Información de la relación largo total y largo cabeza de un conjunto de Moai	58
5.6. Información de la relación ancho de hombros y ancho base de un conjunto de Moai	63
A.1. Tabla que contiene los atributos del Moai y los valores que pueden adquirir .	67

Índice de figuras

2.1. Fórmula de la distribución de Poisson	8
2.2. Ilustración de la reconstrucción de Poisson en 2D.	9
2.3. Figura de los tipos de Moai A,B,C,D y E.	10
2.4. Figura de los tipos de Moai F y G.	11
3.1. Diagrama visualizar Isla de Pascua y mostrar información de un Moai	14
3.2. Diagrama herramientas para clasificar y filtrar la información	15
3.3. Diagrama administración base de datos	15
4.1. Relación entre las tablas Moai, Material y Tipomoai	24
4.2. Tabla Material	25
4.3. Tabla Tipomoai	25
4.4. Tabla ItemsBusquedaRango	25
4.5. Nube de Puntos de un Moai en Rano Raraku	26
4.6. Nube de Puntos de un Moai en Tongariki	27
4.7. Opción Import Photosynth Data de Meshlab	27
4.8. Opción Poisson-disk Sampling de Meshlab	28
4.9. Opción Compute normals for point sets de Meshlab	29
4.10. Opción Surface Reconstruction: Poisson de Meshlab	30
4.11. Diagrama de las clases que crean el mapa que se dibuja en la ventana principal	32
4.12. Diagrama de las clases involucradas en la creación y la visualización de la malla de un Moai	33
4.13. Diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Google Earth y Google Maps	34
4.14. Diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Opengl	35
4.15. Diagrama de las clases que permiten la clasificación de un Moai de acuerdo a su tipo	36
4.16. Diagrama de las clases que conforman la búsqueda entre intervalos de atributos	36
4.17. Diagrama de las clases que conforman la búsqueda basada en la relación de dos atributos	37
4.18. Diagrama de las clases relacionadas con la manipulación de las bases de datos	37
4.19. Diagrama de las clases que componen la ventana principal	38
4.20. Hiperplano óptimo que separa un conjunto de puntos de dos clases.	39
4.21. Problema de optimización que usa máquinas de soporte vectorial	39
4.22. Ejemplo de como se utiliza $\phi(x_i)$ para que los datos sean separables.	40
4.23. Problema de optimización que usa máquinas de soporte vectorial	40

4.24. QWidget	45
4.25. QComboBox	45
4.26. QSpinBox	45
4.27. QGLWidget que dibuja un Moai	46
4.28. QScrollArea	46
4.29. QSlider	46
4.30. QWebView que contiene a Google Earth	47
5.1. Cuadrantes de la Isla de Pascua.	56
5.2. Resultado prueba 1	59
5.3. Material de los Moai encontrados al realizar la prueba 1	60
5.4. Resultado prueba 2	61
5.5. Resultado prueba 3	62
5.6. Resultado prueba 4	62
B.1. Diagrama de la base de datos parte 1	70
B.2. Diagrama de la base de datos parte 2	71
C.1. Diagrama de Clases	72
C.2. Diagrama detallado de las clases que crean el mapa de la isla de pascua que se encuentra en la ventana principal	73
C.3. Diagrama detallado de las clases que crean y visualizan la malla de un Moai	74
C.4. Diagrama detallado de las clases que crean los mapas interactivos con Google Earth y Google Maps	75
C.5. Diagrama detallado de las clases que crean el mapa interactivo con OpenGL	76
C.6. Diagrama detallado de las clases involucradas en la clasificación de un Moai según su tipo	77
C.7. Diagrama detallado de las clases involucradas en la búsqueda entre intervalos de atributos	78
C.8. Diagrama detallado de las clases involucradas en la búsqueda basada en la relación de dos atributos	79
C.9. Diagrama detallado de las clases involucradas con la manipulación de la base de datos	80
C.10. Diagrama detallado de las clases que componen la ventana principal	81
D.1. Ventana Principal Inicio	82
D.2. Interfaz del método Búsqueda entre intervalos de atributos	82
D.3. Interfaz del resultado de Búsqueda entre intervalos de atributos	83
D.4. Interfaz del método Clasificación de Moai según su tipo.	83
D.5. Interfaz del resultado de Clasificación de Moai según su tipo.	84
D.6. Interfaz del método de Búsqueda basada en la relación de 2 atributos.	84
D.7. Interfaz del resultado de Búsqueda basada en la relación de 2 atributos.	84
D.8. Interfaz de la opción Actualizar Datos.	85
D.9. Interfaz de la opción Insertar Datos.	85
D.10. Interfaz de la opción Borrar Datos.	85
D.11. Interfaz de la opción Cambiar Base de Datos.	86
D.12. Interfaz de la opción Mapa Interactivo con OpenGL.	86
D.13. Interfaz de la opción Mapa Interactivo con Google Earth.	86

D.14. Interfaz de la opción Mapa Interactivo con GoogleMaps.	87
E.1. Opción Añadir capa vectorial de Quantum GIS	88
E.2. Opción Selector de sistema de referencia de coordenadas de Quantum GIS .	89
E.3. Tabla de atributos de un archivo shapefile visto en Quantum GIS	90
E.4. Calculadora de Campos en Quantum GIS	91
E.5. Opción Guardar capa vectorial como... en Quantum GIS	92

1. Introduccion

1.1. Aspectos Generales

La Computación Gráfica provee métodos para modelar, solucionar y visualizar computacionalmente problemas que surgen en aplicaciones científicas, de ingeniería, de entretenimiento, entre otras. Dentro de los usos más destacados en Computación Gráfica se encuentra la visualización científica, la cual se define como la transformación de datos científicos a imágenes. Este tipo de visualización tiene como finalidad mostrar de forma entendible y más simple un conjunto de datos.

Desde la creación del Centro de Estudios Isla de Pascua de la Universidad de Chile en 1979, actualmente Centro de Estudios Isla de Pascua y Oceanía, dependiente del Departamento de Antropología en la Facultad de Ciencias Sociales, el núcleo de académicos fundadores de dicho Centro ha venido desarrollando en forma sostenida una serie de estudios del patrimonio arqueológico de la isla. Entre éstos, el proyecto Estatuaria de Isla de Pascua dirigido por la profesora Patricia Vargas Casanova, cuyo objetivo ha sido el registro arqueológico, la documentación sistemática y estudio de las monumentales estatuas de piedra, localmente denominadas Moai.

A la fecha, se han localizado 870 estatuas, documentándose sus características específicas y el estado en que se encuentra este patrimonio. Entre 1979 y 1980, las actividades de este proyecto se focalizaron en un detallado registro y estudio del complejo de canteras del volcán Rano Raraku, donde se localizaron 397 Moai en distintas fases de tallado. El resto de las estatuas registradas a través de este proyecto se localizan mayoritariamente en la zona costera, asociadas a los grandes centros ceremoniales que caracterizan el paisaje de la isla. El registro arqueológico ha dado origen a una compleja base de datos de la estatuaria de Isla de Pascua, en la que se consignan entre 12 y 55 atributos para cada estatua documentada, además de información descriptiva relacionada con el estado en que se encuentra este patrimonio, su localización geográfica y contexto cultural.

El análisis y la sistematización de la data recolectada, ha tenido como resultado varias publicaciones en las que se ha determinado la distribución espacial de los Moai en la isla, se han establecido tipos, técnicas y fases de tallado y se ha abordado aspectos significativos del análisis morfológico y estilístico de las estatuas. El estudio de la evolución de los Moai a través del tiempo es interesante para definir la secuencia tipológica y estilística de la estatuaria, su relación con el sistema de organización socio-político y religioso, y con otros importantes

aspectos de la cultura como son el arte, la tecnología y el sistema económico.

Junto a los fines científicos señalados anteriormente, el proyecto Estatuaria de Isla de Pascua también ha tenido el propósito de crear un catastro de los Moai existentes en la isla, para dar a conocer a la propia comunidad Rapanui y al público en general una gran variedad de información sobre los Moai, contribuyendo a la puesta en valor y conservación de la estatuaria, icono del patrimonio arqueológico de Isla de Pascua [1].

1.2. Motivación

Actualmente los datos de aproximadamente 870 Moai se encuentran en fichas descriptivas de cada estatua. Se dispone también de síntesis de registros en planillas de Excel que consiguen en forma sistemática datos relevantes para definir las dimensiones mayores y formas de las estatuas tales como orientación cabeza/base, posición, largo total, ancho de hombros y largo cabeza. No todos los Moai registrados presentan los valores de las dimensiones y formas ya sea porque algunos están quebrados, deteriorados o faltan fragmentos para estudiar.

Debido a la enorme cantidad de información que existe actualmente y a que los investigadores responsables del proyecto no cuentan con herramientas apropiadas ni poseen la especialización necesaria, no ha habido un avance significativo en un análisis estilístico más detallado de los Moai, de los patrones recurrentes de diseño, proporciones, medidas, ni se ha abordado a la fecha la visualización y/o modelamiento de la data recopilada con respecto a estos.

A partir de los datos recolectados, se han planteado las siguientes interpretaciones:

- Una forma de tipología de la estatuaria de la Isla de Pascua ha sido desarrollada a partir de un conjunto de atributos compuesto por el tamaño, la forma y la proporción de la cabeza y el cuerpo de los Moai.
- Los datos recolectados indican claramente que un proceso de estilización se llevó a cabo a través del aumento de tamaño de las estatuas.
- El estudio de los Moai ha determinado que existe cierta cronología ordenada por el tipo donde los Moai evolucionan desde las estatuas pequeñas hasta las estatuas más grandes y estilizadas que se encuentran en Rano Raraku.

Es fundamental poder comprobar las interpretaciones anteriores y hacer un análisis de todos los datos recolectados hasta el momento relacionados con la Estatuaria de la Isla de Pascua. Es por eso que se pretende crear una herramienta gráfica e interactiva que permita estudiar los datos de los Moai a través de métodos adecuados.

1.3. Objetivo General

Diseñar e implementar una herramienta gráfica e interactiva que permita estudiar y analizar la tipología de los Moai registrados por el proyecto Estatuaria de Isla de Pascua.

1.4. Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar una base de datos que contenga la información guardada actualmente en las planillas de Excel.
- Diseñar e implementar una base de datos que contenga información ficticia para validar la herramienta.
- Visualizar en un mapa de la Isla de Pascua las ubicaciones de los Moai registrados.
- Generar y visualizar un modelo 3D (malla de superficie) de un Moai de acuerdo a sus proporciones reales.
- Diseñar e implementar un método para clasificar los Moai de acuerdo a su tipo.
- Diseñar e implementar un método que permita seleccionar un primer conjunto de Moai donde sus atributos métricos se encuentran en ciertos intervalos y un método que filtra la información del primer grupo de Moai por medio de la relación de dos atributos métricos.
- Visualizar los datos de la Estatuaria utilizando Google Earth o Google Maps ya sea tanto para fines pedagógicos como científicos.

1.5. Contenido

Esta memoria se agrupa de la siguiente manera:

- **Introducción:** Se presentan los aspectos generales del tema de memoria, se expone la motivación y se enuncian los objetivos a realizar.
- **Antecedentes:** Se explican los conceptos básicos para entender el trabajo realizado. Se detalla la información que hay disponible del proyecto Estatuaria Isla de Pascua y las conclusiones obtenidas hasta el momento.
- **Análisis de la solución:** Se presentan los requerimientos del sistema, los tipos de usuario y los casos de uso.
- **Diseño e implementación de la solución:** En esta sección, se explica el ambiente de desarrollo, el diseño de la base de datos que usa el sistema, la estructura de clases y la

implementación de los distintos módulos de la herramienta.

- Validación de la solución: En este capítulo, se valida la herramienta desarrollada con datos ficticios basados en los estudios obtenidos del proyecto Estuarina Isla de Pascua.
- Conclusiones: Se exponen las conclusiones que se obtuvieron del trabajo realizado. Además, se indica el trabajo a futuro que se puede hacer sobre la herramienta.
- Referencias: Se señalan todas las referencias que se utilizaron para realizar esta memoria.
- Anexos: Se muestra información relacionada con el proyecto Estuarina Isla de Pascua, los procedimientos detallados para generar los datos geográficos tanto para Google Earth como para Google Maps y los diagramas e interfaces de la herramienta.

2. Antecedentes

En este capítulo, se exponen al lector los términos necesarios para entender con cabalidad el trabajo realizado. Además, se detalla la data recolectada por el catastro, cómo esta información es estudiada y las conclusiones obtenidas a partir del catastro.

2.1. Conceptos básicos

Las definiciones que se muestran en esta sección están relacionadas con la información geográfica y los objetos geométricos que se utilizan, los conocimientos de ingeniería de software involucrados y los algoritmos matemáticos que hay detrás del software y de las librerías que se usan.

2.1.1. Definiciones relacionadas con la información geográfica y los objetos geométricos

Los siguientes conceptos ayudan a entender como se presenta y se estudia la información geográfica disponible. Además, se mencionan los elementos geométricos presentes en la etapa de implementación.

- ArcView GIS: Es un software GIS (Sistema de Información Geográfica) de escritorio. En el Centro de Estudios Isla de Pascua, es usado para examinar la información geográfica descrita en la sección 2.2.1.
- Shapefile: Es un formato que se utiliza para almacenar la ubicación e información de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un Shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos. Un archivo Shapefile puede contener archivos del tipo DBF que almacena información adicional que se puede vincular a las entidades de un Shapefile y archivos SHX que permiten un rápido acceso a las entidades geográficas. Se usa para la representación de la información geográfica que esta descrita en la sección 2.2.1 y la visualización del relieve de la Isla de Pascua en la herramienta descrita en las secciones 4.5.1 y 4.5.4.
- KML: Es un formato de archivo que se utiliza para mostrar datos geográficos en un

navegador terrestre, como Google Earth y Google Maps. Este archivo se usa para visualizar la Isla de Pascua tanto en Google Earth como en Google Maps como se muestra en la sección 4.4.2.

- Nube de puntos: Es un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son usados en esta memoria para la representación de la superficie externa de un Moai. De acuerdo a lo descrito en la sección 4.4.1, la nube de puntos de un Moai se genera en Photosynth a partir de un Moai fotografiado.
- Malla de triángulos 3D: Es una colección de triángulos y vértices. En general, la malla de triángulos se usa para aproximar una superficie. En la sección 4.4.1, se explica como se genera la malla de un Moai que se utiliza en los mapas interactivos descritos en la sección 4.7.
- OFF: Los archivos Object File Format (.off) se utilizan para representar la geometría de un modelo especificando los polígonos de la superficie del modelo. Los polígonos pueden tener cualquier número de vértices. El archivo se compone de la siguiente manera (el símbolo # es un comentario):

```
numeroVertices numeroCaras numeroAristas
```

```
# Se listan tantos vértices como se indica en numeroVertices.
```

```
x y z
```

```
# Se listan tantas caras como se indica en numeroCaras. Además, se tiene que NVertices indica cuantos vértices tiene la cara donde los vértices que componen la cara son representados por medio de sus índices.
```

```
NVertices v1 v2 v3 ... vN
```

```
MVertices v1 v2 v3 ... vM
```

La Malla de Moai se guarda en este tipo de archivo. Como se describe en la sección 4.5.2, estos archivos son leídos para la visualización de un Moai.

- PLY: Es un formato de archivo informático conocido como Polygon File Format o Stanford Triangle Format. El formato fue diseñado principalmente para almacenar datos tridimensionales de escáneres 3D. De acuerdo a lo descrito 4.4.1, este el formato utilizado para guardar la nube de puntos de un Moai importada desde Photosynth en Meshlab.
- Octree: Es una estructura de árbol en la cual cada nodo interno tiene exactamente ocho hijos. Las estructuras octree se usan mayormente para particionar un espacio tridimensional, dividiéndolo recursivamente en ocho octantes. Según lo descrito en la sección 4.4.1, esta estructura se utiliza en el algoritmo de reconstrucción de superficie Poisson (ver sección 2.1.3) que se encuentra en Meshlab para reconstruir a partir de la nube de puntos de un Moai.

2.1.2. Definiciones relacionadas con Computación gráfica, Ingeniería de Software y Servicios Webs

En esta sección, se presentan los términos informáticos que se usan en el desarrollo de los módulos y de la interfaz gráfica de la herramienta.

- **Librería:** Es un conjunto de subprogramas utilizados en el desarrollo de software. Las librerías contienen código y datos, que proporcionan servicios a programas. Al momento de implementar la herramienta, se van a usar diversas librerías tales como OpenGL y LIBSVM (ver sección 4.1).
- **API:** Es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta librería para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción. En esta memoria, se van a utilizar las APIS de Google Earth y Google Maps para implementar los mapas interactivos descritos en la sección 4.7.2.
- **Lenguaje de programación:** Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras. Como se señala en la sección 4.1, el lenguaje que se optó para el desarrollo de esta herramienta fue C++.
- **IDE:** Es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. De acuerdo a lo descrito la sección 4.1, el IDE QtCreator es la herramienta que se uso para desarrollar.
- **Widget:** Es un elemento gráfico con el que el usuario puede interactuar. Un widget ocupa una porción rectangular en una ventana. Ejemplos de widgets son: botones, áreas de texto, etc. Los widgets que se utilizaron para crear la interfaz de la aplicación se describen en la sección 4.9.1.

2.1.3. Definiciones matemáticas

En esta sección, se van a presentar las ecuaciones y los algoritmos que están detrás del software y de las librerías que se usaron en la etapa de desarrollo.

- **SVM:** Las máquinas de soporte vectorial (Support Vector Machines) son un conjunto de algoritmos que están relacionados con problemas de clasificación (la acción de ordenar por clases). El algoritmo construido en base de SVM, va a tomar un conjunto de puntos, subconjunto de un espacio mayor, en el que cada punto pertenece a una de las dos posibles clases y va a construir un modelo capaz de predecir a qué clase pertenece un nuevo punto. Según lo indicado en la sección 4.6.1, se utiliza este concepto matemático en la librería LIBSVM que se utiliza en el desarrollo de la clasificación de un conjunto de Moai de acuerdo a su tipo.
- **Distribución de Poisson:** Esta distribución se utiliza para calcular las posibilidades de un evento con la tasa media dada de valor (λ). Una variable aleatoria de Poisson (x) se

refiere al número de éxitos en un experimento de Poisson. La fórmula de la distribución tiene la siguiente forma:

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}$$

Figura 2.1: Fórmula de la distribución de Poisson

donde

λ es una tasa promedio del valor.

x es una variable aleatoria de Poisson.

e es la base del logaritmo ($e = 2,718$).

Esta distribución se utiliza en el algoritmo Poisson Disk Sampling que se ve más adelante y que participa en el procedimiento descrito en la sección 4.4.1.

- Poisson disk sampling: Este método genera puntos aleatorios donde la probabilidad de cada punto sigue una distribución Poisson. Además, cada punto satisface la restricción de una distancia mínima. De acuerdo a lo descrito en la sección 4.4.1, este algoritmo es utilizado en Meshlab para disminuir la cantidad de puntos de una nube de puntos de un Moai.
- Ecuación de Poisson: La ecuación de Poisson se define como $\Delta\varphi = f$ donde Δ es el operador laplaciano, y f y φ son funciones reales o complejas. En un sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, la ecuación es igual a $(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})\varphi(x, y, z) = f(x, y, z)$

Se utiliza en el algoritmo de reconstrucción de superficie Poisson que se ve a continuación y en el procedimiento descrito en la sección 4.4.1.

- Algoritmo de reconstrucción de superficie Poisson: Para reconstruir la malla a partir de la nube de puntos y sus normales se utiliza el algoritmo de Reconstrucción de Poisson. Para eso, se utiliza la siguiente función indicador χ en 3 dimensiones definida de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \chi &= 1; \text{Puntos dentro del modelo} \\ \chi &= 0; \text{Puntos fuera del modelo} \end{aligned}$$

Donde la función indicador tiene una estrecha relación entre los puntos orientados como se observa en la figura 2.2. Esta relación va a permitir que el problema de reconstrucción de una malla sea visto como el siguiente problema de Poisson estándar: $\Delta\chi = \nabla \cdot \nabla\chi = \nabla \cdot \vec{v}$

De acuerdo a lo descrito en la sección 4.4.1, este algoritmo es utilizado para reconstruir la superficie de un Moai a partir de una nube de puntos en Meshlab.

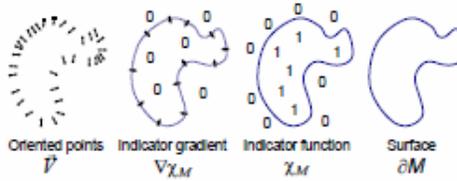


Figura 2.2: Ilustración de la reconstrucción de Poisson en 2D.

- Algoritmo de des-refinamiento basado en la estrategia de colapso de arcos: Es un algoritmo que permite eliminar vértices de una malla de forma estratégica por medio del colapso de un arco. Según lo descrito en la sección 4.4.1, este algoritmo se utiliza en el software TreeSteamMeshGenerator[13] para disminuir la cantidad de puntos que conforman la malla de un Moai generada con Meshlab.

2.2. Información disponible de los Moai y de la Isla de Pascua

Esta sección describe el tipo de dato utilizado para la ubicación geográfica tanto de los Moai como de la Isla de Pascua, y para describir las características de cada Moai. Además, se incluyen las conclusiones obtenidas por los investigadores a partir del análisis de datos.

2.2.1. Datos geográficos

Para poder visualizar datos geográficos relacionados con los Moai y la Isla de Pascua, el departamento de antropología de la Universidad de Chile usa la herramienta de escritorio ArcView GIS. Como datos de entrada y salida, utilizan el formato Shapefile que es descrito en la sección 2.1.1.

La ubicación de los Moai, se representa por un punto que consta de un par de coordenadas en el orden X, Y. El relieve de la Isla de pascua, se representa por un conjunto de polilíneas. Una Polilínea es una estructura de datos que contiene un conjunto ordenado de dos o más vértices y un bounding box que almacena el Xmin, Ymin, Xmax e Ymax.

2.2.2. Características de los Moai

La información obtenida de los catastros se encuentra almacenada en formato Excel, la cual, contiene las medidas tomadas de los distintos atributos de los Moai. Dentro de los atributos disponibles están largo total, largo cabeza, ancho hombros y material. Para mayor detalle de todos los atributos ir a anexo A.

2.2.3. Conclusiones obtenidas a partir del catastro

A partir de los datos recolectados, se ha deducido una tipología basada en el tamaño, la proporción y la forma de la cabeza y cuerpo de los Moai. Además, el análisis de la información ha deducido que los Moai han ido evolucionando con el tiempo desde una pequeña estatua del tipo A, B y C como se puede apreciar en la figura 2.3 a una estatua más grande y estilizada del tipo F y G como se observa en la figura 2.4.

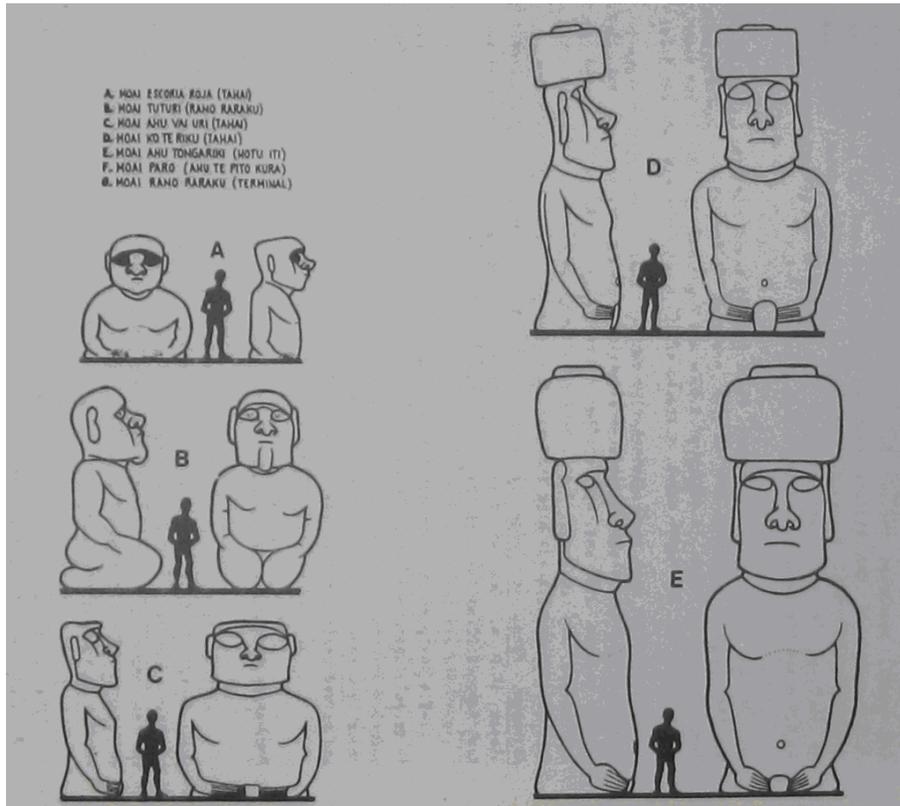


Figura 2.3: Figura de los tipos de Moai A,B,C,D y E.

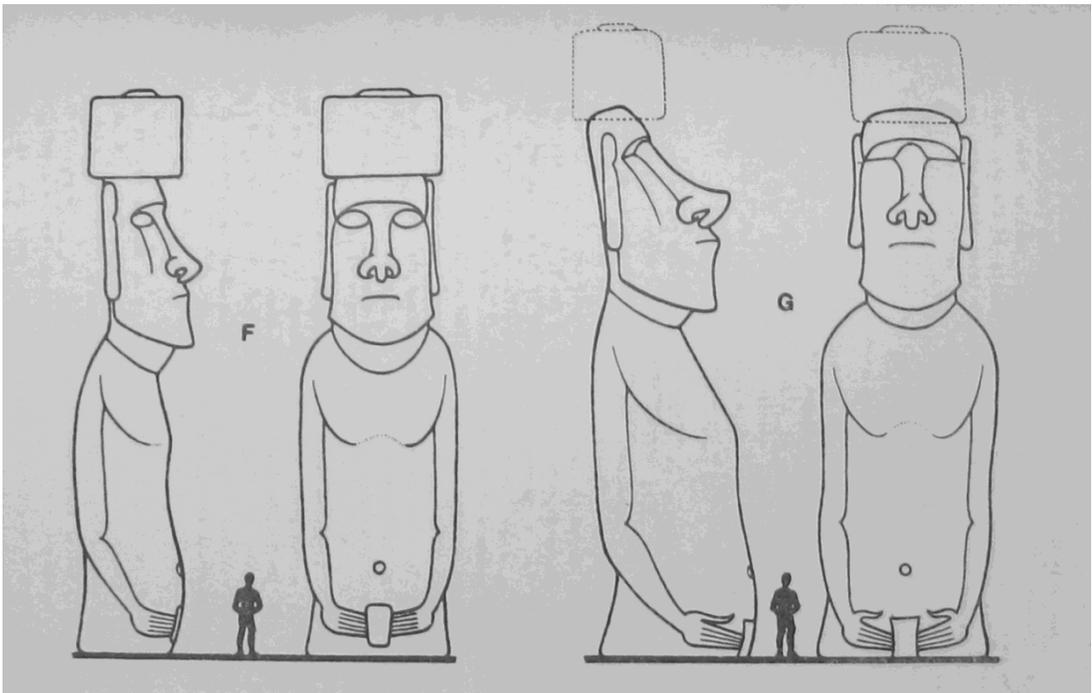


Figura 2.4: Figura de los tipos de Moai F y G.

3. Análisis de la solución

En este capítulo, se describe el análisis de la solución por medio de una descripción de la herramienta a desarrollar, los requerimientos del sistema, los tipos de usuarios, los diagramas UML y los casos de uso detallado.

3.1. Descripción de la herramienta a desarrollar

En un inicio, el usuario debe poder acceder al relieve de la Isla de la Pascua que está compuesto por un conjunto de polilíneas y las ubicaciones de un conjunto de Moai. Además, la herramienta debe permitir al usuario tener acceso a las siguientes opciones:

- Mapas Interactivos: Es un conjunto de opciones que permiten ver la Isla de Pascua y las ubicaciones de un conjunto de Moai utilizando Google Earth, Google Maps o un conjunto de polilíneas. Si el usuario desea ver información de un Moai, se selecciona un Moai que se encuentra sobre el mapa y se visualiza su modelo en 3D y la información asociada.
- Herramientas: Contiene un conjunto de métodos que permiten clasificar y filtrar la información del catastro utilizando los atributos de los Moai. Para fines prácticos, solo se consideran los atributos numéricos de los Moai medidos en metros. Las opciones que componen este conjunto son:
 - Búsqueda entre intervalos de atributos: Con esta opción se selecciona un primer grupo de Moai cuyos atributos están definidos en ciertos intervalos indicados por el usuario (Por ejemplo, seleccionar todos los Moai donde el largo cuerpo se encuentra entre 5 y 12 metros).
 - Búsqueda basada en la relación de dos atributos: Si el usuario desea, puede filtrar la información del primer grupo de Moai con esta opción y seleccionar aquellos Moai que cumplan cierta condición basada en la relación de dos atributos (por ejemplo, seleccionar todos los Moai donde el largo cabeza sea aproximadamente 3 veces el largo cuerpo).
 - Clasificación de Moai según su tipo: Esta opción indica a qué tipo pertenece un conjunto de Moai.

- Administración base de datos: Corresponde a un conjunto de opciones que permite administrar la base de datos que contiene el catastro de Moai y cambiar la base de datos que usa la herramienta.

Si bien bastaría con visualizar la Isla de Pascua de una sola manera, la idea es tener tres modos de visualización distintos para permitir al usuario seleccionar aquel modo de visualización que más se adecue a sus necesidades.

3.2. Requerimientos

A continuación, se presentan los requisitos fundamentales que debe contener la herramienta con el fin de satisfacer las funcionalidades esperadas:

- Visualizar en Google Earth y Google Maps la Isla de Pascua y la ubicación de los Moai de acuerdo a la información geográfica entregada por archivos del tipo KML.
- Visualizar en OpenGL la Isla de Pascua y la ubicación de los Moai de acuerdo a la información geográfica entregada por archivos del tipo Shapefile.
- Seleccionar un Moai de la Isla de Pascua y visualizar un modelo en 3D y los atributos del Moai seleccionado.
- Rotar el modelo en 3D de un Moai seleccionado.
- Navegar en la Isla de Pascua.
- Realizar zoom sobre la Isla de Pascua.
- Seleccionar un primer grupo de Moai que contengan ciertos atributos que se encuentran en intervalos determinados por el usuario, visualizar la ubicación geográfica de los Moai del primer grupo seleccionado en un mapa de la Isla de Pascua y desplegar la información de los Moai del primer grupo a través de una tabla.
- Filtrar la información del primer grupo de Moai seleccionados usando una búsqueda basada en la relación de dos atributos, crear grupos de Moai con la información filtrada y visualizar la ubicación geográfica de los Moai de los grupos creados. Cada grupo está identificado de forma única por un intervalo de valores creados a partir de la relación de los dos atributos y un color.
- Crear una base de datos que contenga información ficticia para probar la validez de la herramienta y una base de datos que contenga los datos reales del catastro de Moai.
- Crear, actualizar y borrar información de la base de datos que contiene el catastro de Moai.
- Indicar si la herramienta debe usar la base de datos con la información ficticia o la base de datos que contiene el catastro de Moai.

- Clasificar un Moai de acuerdo a su tipología.
- Mostrar los distintos tipos de usuario.

3.3. Tipo de Usuario

El sistema presenta los siguientes tipos de usuario:

- Administrador: Es el usuario encargado de administrar la base de datos que contiene los datos reales del catastro y de cambiar la base de datos que usa la herramienta.
- Investigador: Es el usuario que conoce más sobre los Moai y la Isla de Pascua y quiere usar la herramienta para fines científicos.
- Estudiante: Es el usuario que no tiene conocimientos tan avanzados sobre los Moai y la Isla de Pascua, sin embargo quiere conocer más al respecto para fines educativos.

3.4. Diagramas UML de casos de uso

Los diagramas UML que presenta el sistema son los siguientes:

- Diagrama visualizar Isla de Pascua y mostrar información de un Moai.

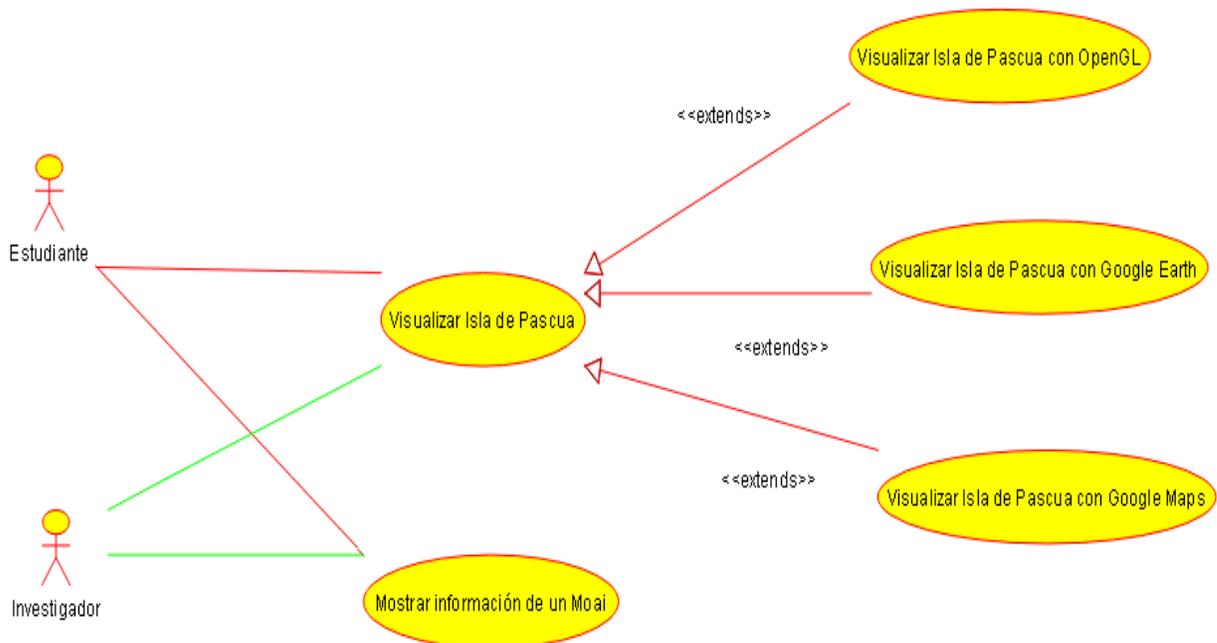


Figura 3.1: Diagrama visualizar Isla de Pascua y mostrar información de un Moai

- Diagrama herramientas para clasificar y filtrar la información.

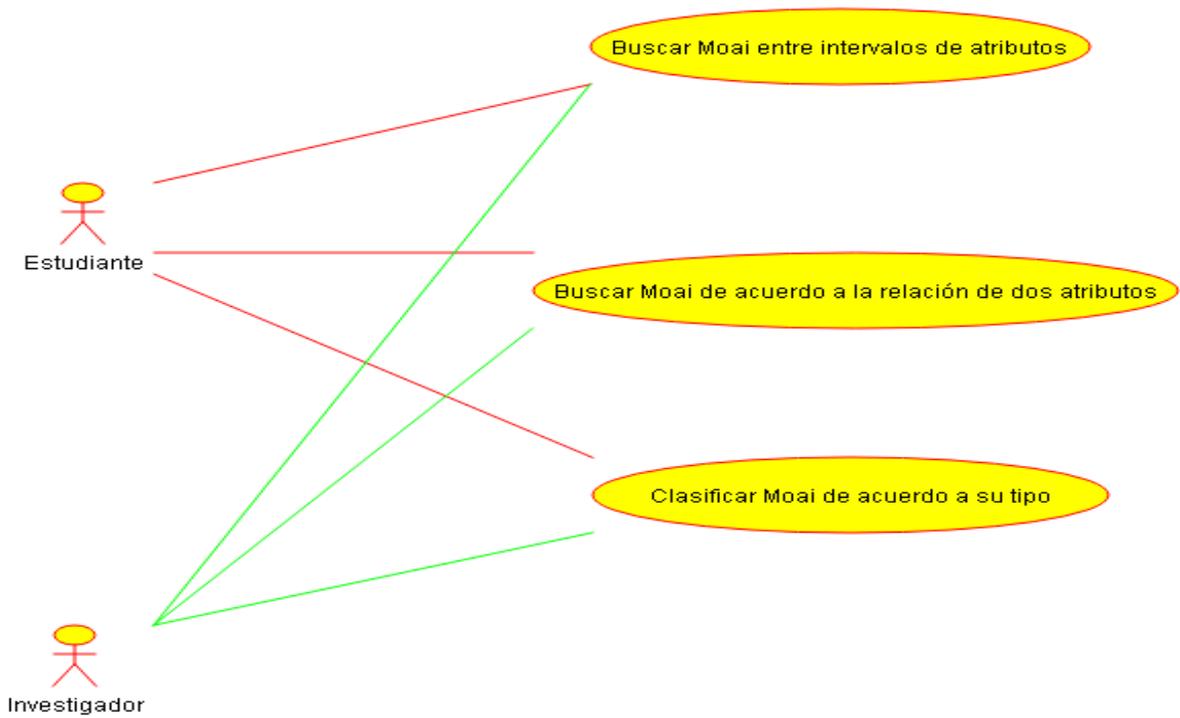


Figura 3.2: Diagrama herramientas para clasificar y filtrar la información

- Diagrama administración base de datos.

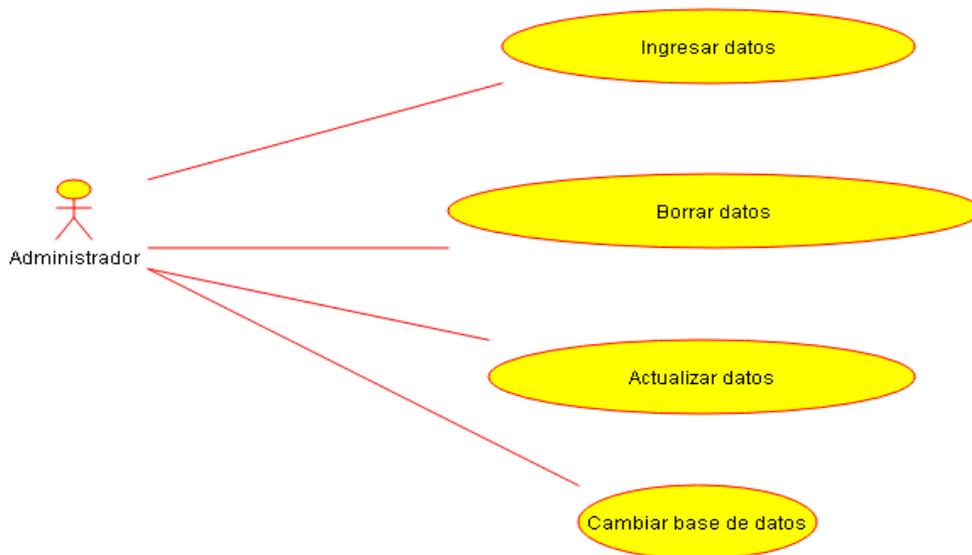


Figura 3.3: Diagrama administración base de datos

3.5. Casos de uso detallados

Los casos de uso detallados que representan las acciones que van a realizar los actores dentro del sistema son:

Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Opengl.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Resumen: El usuario visualiza la Isla de Pascua y la ubicación de los Moai. En este caso, se despliega el mapa en forma de polilíneas utilizando la librería Opengl. Si el usuario desea, puede moverse a lo largo del mapa o realizar un zoom sobre el.

Tabla 3.1: Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Opengl.

Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Earth.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Resumen: El usuario visualiza la Isla de Pascua y la ubicación de los Moai. En este caso, se despliega el mapa de la Isla de Pascua con Google Earth. Si el usuario desea, puede moverse a lo largo del mapa o realizar un zoom sobre el.

Tabla 3.2: Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Earth.

Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Maps.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Resumen: El usuario visualiza la Isla de Pascua y la ubicación de los Moai. En este caso, se despliega el mapa de la Isla de Pascua con Google Maps. Si el usuario desea, puede moverse a lo largo del mapa o realizar un zoom sobre el.

Tabla 3.3: Caso de uso: Visualizar Isla de Pascua con Google Maps.

Caso de uso: Mostrar información de un Moai.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Precondiciones: El usuario anteriormente seleccionó el caso de uso <i>Visualizar Isla de Pascua con Opendgl/GoogleEarth/GoogleMaps</i> .
Resumen: El usuario puede seleccionar un Moai que se encuentra sobre la Isla de Pascua. Una vez seleccionado el Moai, el sistema despliega la información de sus respectivos atributos y el modelo en 3D asociado a el en caso de que existiera. Si el usuario desea, puede rotar el Moai.

Tabla 3.4: Caso de uso: Mostrar información de un Moai.

Caso de Uso: Buscar Moai entre intervalos de atributos.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Resumen: El usuario selecciona el filtro búsqueda entre intervalos de atributos y luego selecciona un grupo de atributos a partir de una lista. Cada atributo del conjunto seleccionado se mueve en ciertos intervalos que el usuario indica. El usuario presiona Aceptar y el sistema busca todos los Moai cuyos atributos estén entre los intervalos que fueron indicados por el usuario. Una vez que el sistema termine la búsqueda, despliega la información de los Moai encontrados en una tabla y la ubicación de los Moai sobre un mapa de la isla de pascua.

Tabla 3.5: Caso de Uso: Buscar Moai que contengan ciertos atributos que se encuentran en intervalos determinados por el usuario.

Caso de Uso: Buscar Moai de acuerdo a la relación de dos atributos.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Primario.
Precondiciones: El usuario aplicó el caso de uso <i>Buscar Moai entre intervalos de atributos</i> anteriormente para generar el primer grupo de Moai seleccionados.
Resumen: El usuario selecciona el filtro de búsqueda basada en la relación entre dos atributos para aplicarse sobre el primer grupo de Moai seleccionados. El usuario le indica al sistema que busque todos los Moai donde el valor de un atributo sea aproximadamente igual a un factor por el valor de otro atributo. Si el usuario estima conveniente, puede indicar la cantidad de grupos que se quieren formar a partir del resultado que se va a generar. Luego el usuario presiona Buscar y el sistema realiza la búsqueda de los Moai que cumplan la condición indicada anteriormente. Terminada la búsqueda, el sistema muestra la información relacionada con la búsqueda y despliega la ubicación de los grupos de los Moai sobre el mapa de la isla de pascua en el cual cada grupo es identificado únicamente por un color y un intervalo de valores creados a partir de la relación de los dos atributos seleccionados por el usuario.
Postcondiciones: Si el usuario quiere aplicar el filtro búsqueda entre intervalos de atributos nuevamente, tiene que seleccionar la opción de Reiniciar.

Tabla 3.6: Caso de Uso: Buscar Moai de acuerdo a la relación de dos atributos.

Caso de Uso: Clasificar Moai de acuerdo a su tipo.
Actores: Investigador, Estudiante.
Tipo: Secundario.
Precondiciones: En la base de datos donde se va a guardar la información de catastro de Moai debe haber como mínimo dos Moai cuyo tipo esta definido.
Resumen: El usuario ingresa parámetros relacionados con el algoritmo que clasifica los Moai, un conjunto de atributos numéricos del Moai y un conjunto de Moai a donde el usuario indique de que tipo son. Luego de presionar el botón Clasificar Moai, el sistema entrega el valor de exactitud con que predice el modelo construido a partir de los valores entregados y el tipo al que pertenece cada Moai seleccionado por el usuario.

Tabla 3.7: Caso de Uso: Clasificar Moai de acuerdo a su tipo.

Caso de Uso: Ingresar datos.
Actores: Administrador.
Tipo: Secundario.
Resumen: El usuario selecciona una tabla de una lista de tablas de la base de datos que contiene la información del catastro de Moai. Luego el sistema muestra los nombres de las columnas que conforman la tabla seleccionada y un campo que permite ingresar el valor asociado a cada columna. Después de ingresar los datos en los campos, el usuario presiona el botón Insertar y el sistema inserta una nueva fila con los valores ingresados por el usuario en la tabla indicada.

Tabla 3.8: Caso de Uso: Ingresar datos.

Caso de Uso: Borrar datos
Actores: Administrador
Tipo: Secundario
Resumen: El usuario selecciona una tabla de una lista de tablas de la base de datos que contiene la información del catastro de Moai. Luego selecciona un id de la fila que desea borrar. Al presionar Borrar, se borra la fila seleccionada.

Tabla 3.9: Caso de Uso: Borrar datos

Caso de Uso: Actualizar datos
Actores: Administrador
Tipo: Secundario
Resumen: El usuario selecciona una tabla de una lista de tablas de la base de datos que contiene la información del catastro de Moai y luego selecciona un id de la fila que desea actualizar de la tabla. Luego el sistema muestra los valores que contiene la fila y que el usuario puede modificar. Una vez que el usuario modifique los valores de la fila, presiona el botón Actualizar y el sistema actualiza la fila seleccionada.

Tabla 3.10: Caso de Uso: Actualizar datos

Caso de Uso: Cambiar Base de Datos
Actores: Administrador
Tipo: Secundario
Resumen: El usuario al presionar aceptar cambia la base de datos que usa la herramienta.
Postcondiciones: El usuario debe seleccionar la opción Cargar Datos para actualizar el filtro búsqueda entre intervalos de atributos con los datos provenientes de la base de datos nueva.

Tabla 3.11: Caso de Uso: Cambiar Base de Datos

4. Diseño e implementación de la solución

En este capítulo, se describe el diseño e implementación de la solución detallando el ambiente de desarrollo, las tecnologías usadas, el diseño de la base de datos, la generación de un Moai a partir de imágenes, la generación de datos geográficos tanto para Google Earth como para Google Maps, la estructura de clases y la implementación de la arquitectura de la herramienta. Cabe destacar que esta memoria integra varias herramientas que no son fáciles de usar, por lo tanto, algunas de ellas se describen con bastante detalle para que el lector pueda entender de mejor manera el trabajo realizado.

4.1. Ambiente de desarrollo

El desarrollo de la herramienta se construye con el lenguaje de programación C++. Además, se utilizaron diversas tecnologías de apoyo, las cuales, se detallan a continuación.

- Photosynth: Es una aplicación que genera una nube de puntos a partir de distintas fotografías digitales de un mismo objeto[2]. Esta aplicación se usa para crear una nube de puntos a partir de un Moai fotografiado. El uso de Photosynth se explica en la sección 4.4.1.
- Meshlab: Es un software que permite trabajar con mallas de triángulos 3D[3]. También puede importar una nube de puntos de un Moai creada con Photosynth y construir una superficie a partir de esta como se describe en la sección 4.4.1.
- Quantam GIS: Es un software SIG (Sistema de Información Geográfica)[4]. Esta herramienta permite transformar un archivo Shapefile que contiene la información geográfica de los Moai a un archivo KML que es el archivo que usa Google Earth y Google Maps para obtener las coordenadas geográficas de los Moai. El archivo KML generado es usado en los mapas interactivos descritos en la sección 4.7.2, la descripción de un archivo Shapefile y KML se encuentra en la sección 2.1.1 y el procedimiento de transformación de un archivo Shapefile a KML se detalla en la sección 4.4.2.
- TreeSteamMeshGenerator: Existe en el DCC una herramienta que sirve para generar mallas apropiadas para la simulación de ramas de árboles. En particular, esta herramienta implementa algoritmos generales de refinamiento, des-refinamiento y mejoramiento de malla de triángulos[13]. Se usa para disminuir la cantidad de puntos de la

mallado del Moai que se genera con Meshlab y Photosynth. El procedimiento anterior se explica en la sección 4.4.1 y permite proporcionar una mejor visualización de la mallado de los Moai en los mapas interactivos descritos en la sección 4.7.

- PostgreSQL: Es un Sistema de Gestión de Bases de Datos [12]. Se usa para gestionar la base de datos que contiene la información ficticia y la base de datos que contiene la información real. El diseño de ambas bases de datos se encuentra en la sección 4.3.
- LIBSVM: Es una librería que permite ayudar a resolver problemas de clasificación de multi-clases. El objetivo principal de LIBSVM es entregar una forma fácil de usar SVM (ver sección 2.1.3) entregando una interfaz simple que permite a los usuarios usar esta herramienta en sus respectivos programas para distintos lenguajes de programación[8]. En la sección 4.6.1, la librería LIBSVM se usa para la clasificación de un conjunto de Moai según su tipo.
- Google Sites: Esta aplicación permite crear un sitio web de forma sencilla[10]. Se utiliza para subir el archivo KML que contiene las ubicaciones de los Moai y que son leídas por Google Earth en el mapa interactivo descrito en la sección 4.7.2. El uso específico de Google Sites se ve en la sección 4.4.2.
- Google Fusion Tables: Es un servicio web que proporciona un medio para visualizar mapas geográficos basados en Google Maps[11]. Este servicio permite ver el archivo KML que contiene las ubicaciones de los Moai de forma más rápida por Google Maps en el mapa interactivo descrito en la sección 4.7.2. El uso específico de este servicio se ve en la sección 4.4.3.
- Google Maps API: Es una API que permite utilizar el servicio de aplicaciones de mapas Google Maps en un sitio web [5]. Este servicio se usa para importar un mapa de Google Maps al mapa interactivo que se describe en la sección 4.7.2.
- Google Earth API: Permite colocar el globo terráqueo en 3D en los sitios webs [6]. Este servicio se utiliza para indicar dónde se encuentra la Isla de Pascua y las ubicaciones de los Moai en Google Earth. Esta API se utiliza en el mapa interactivo descrito en la sección 4.7.2.
- OpenGL: Es una API para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D. La interfaz contiene funciones que pueden usarse para dibujar escenas tridimensionales complejas a partir de primitivas geométricas simples, tales como puntos, líneas y triángulos[7]. Esta librería se utiliza para dibujar el relieve de la isla de pascua que se encuentra en el mapa interactivo con OpenGL y en la ventana principal. Además, esta librería permite dibujar una mallado de superficie de un Moai. La creación y visualización del relieve de la Isla de Pascua y de los Moai se ve en la sección 4.7.
- QT: Es una librería que se usa para desarrollar aplicaciones con interfaz gráfica de usuario[9]. Las interfaces gráficas de la herramienta utilizaron esta librería para su construcción como se puede observar en la sección 4.9.
- Shapefile C: Es una librería que permite leer la información geográfica contenida en un

archivo Shapefile. Esta librería extrae la información geográfica del relieve de la Isla de Pascua y de los Moai que se encuentran en los archivos Shapefile entregados por el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile (ver sección 2.2.1). La información geográfica es utilizada para poblar las bases de datos con las ubicaciones geográficas de los Moai como se describe en la sección 4.3 y para crear el relieve de la Isla de Pascua que se encuentra en la ventana principal y en el mapa interactivo con OpenGL (ver secciones 4.5.1 y 4.5.4)

- QtCreator: Es un IDE que permite el desarrollo de aplicaciones integrando fácilmente la librería Qt. Además, dentro del IDE, se incluye la herramienta Qt Designer que permite diseñar la interfaz de una aplicación gráfica de forma simple[9]. Este IDE fue utilizado para construir la solución de la herramienta.

4.2. Descripción general de la solución

Para conseguir los objetivos propuestos, el trabajo realizado se dividió en 2 etapas:

- Creación de datos: En esta etapa se generan los datos que utiliza la herramienta y se divide en las siguientes actividades:
 - Diseño e implementación de la base de datos: En esta fase, se diseña e implementa la base de datos que contendrá la información del proyecto estatuaría isla de pascua y la base de datos que contendrá la información ficticia para validar la herramienta.
 - Generación de un Moai a partir de imágenes: Este procedimiento se encarga de generar la malla de superficie a partir de un Moai fotografiado con Meshlab y Photosynth. La malla es utilizada en los mapas interactivos.
 - Generación de datos geográficos para Google Earth y Google Maps: En este proceso, se genera el archivo que contiene la información geográfica de los Moai tanto para Google Earth como para Google Maps.
- Diseño e implementación de módulos: En esta etapa, se diseña la arquitectura y se implementan los siguientes módulos:
 - Módulo Visualizador: En este módulo se genera la interfaz gráfica donde el usuario interactúa con la herramienta.
 - Módulo Mapa Interactivo: Este módulo permite al usuario poder ver la información del catastro de Moai sobre un mapa interactivo de la Isla de Pascua, el cual, tiene distintos modos de visualización (OpenGL, Google Maps y Google Earth).
 - Módulo Herramientas: Este módulo contiene las herramientas que el usuario puede usar sobre la información del catastro. Dentro de estas herramientas, se encuentran la búsqueda entre intervalos de atributos, la búsqueda basada en la relación de

dos atributos y la clasificación de Moai de acuerdo a su tipo.

- Módulo Administración de Base de Datos: Este Módulo tiene vínculo con todo lo que se refiere a la manipulación de la base de datos.

A continuación, se explica en forma detallada, la estructura de clases y las etapas que se mencionaron anteriormente.

4.3. Diseño de Base de Datos

En esta etapa, se construyó dos bases de datos para distintos propósitos. Una base de datos llamada `validacion_proyecto_estatuaria` con datos ficticios para validar la herramienta y otra base de datos llamada `proyecto_estatuaria` a donde se va a albergar los datos reales referentes al catastro de Moai. Las dos bases de datos poseen la misma estructura, por ende, la única diferencia entre ambas son los datos.

Para poblar ambas base de datos con información geográfica de los Moai, se creó un programa externo a la herramienta que extrae las coordenadas geográficas de los Moai y la información adicional asociada a cada Moai desde un archivo Shapefile (ver sección 2.2.1) con la librería Shapefile C. La librería Shapefile C (ver sección 4.1 es una librería que permite extraer la información geográfica y adicional del archivo Shapefile que contiene los datos geográficos de los Moai. Dentro de la información adicional, se encuentran datos tales como el cuadrante y el sitio asociado a cada estatua.

A continuación, se presentan las principales tablas que componen ambas base de datos:

- Moai: Corresponde a la tabla que representa un Moai y que está compuesta por las siguientes columnas:
 - Id: Es la columna que contiene el número que identifica de forma única un Moai registrado en la base de datos. Cada Moai que se encuentra en el archivo Shapefile, posee un número que lo identifica de forma única dentro de la estructura. Este número es extraído con la librería Shapefile C para ser usado como identificador de un Moai en ambas bases de datos y que es guardado en la columna `id` de la tabla Moai.
 - Coordenadas geográficas: Son las columnas que contienen las ubicaciones geográficas de los Moai. Los valores de las coordenadas geográficas de los Moai se obtienen a partir del archivo Shapefile que contiene la información geográfica de los Moai.
 - Atributos numéricos: Es el conjunto de columnas que representan los atributos numéricos de los Moai tales como `largo total`, `largo cabeza` y `ancho hombros`.
 - Atributos no numéricos: Es el conjunto de columnas que representan los atributos no numéricos tales como `material` y `orientación`. Para este caso, las columnas que representan atributos no numéricos son claves foráneas que apuntan a la columna

id de una tabla que representa un atributo no numérico. Un ejemplo de lo anterior es cuando la columna material apunta a la columna id de la tabla Material y con el valor del id podemos obtener el valor del atributo no numérico asociado a ese id como se observa en la figura 4.1

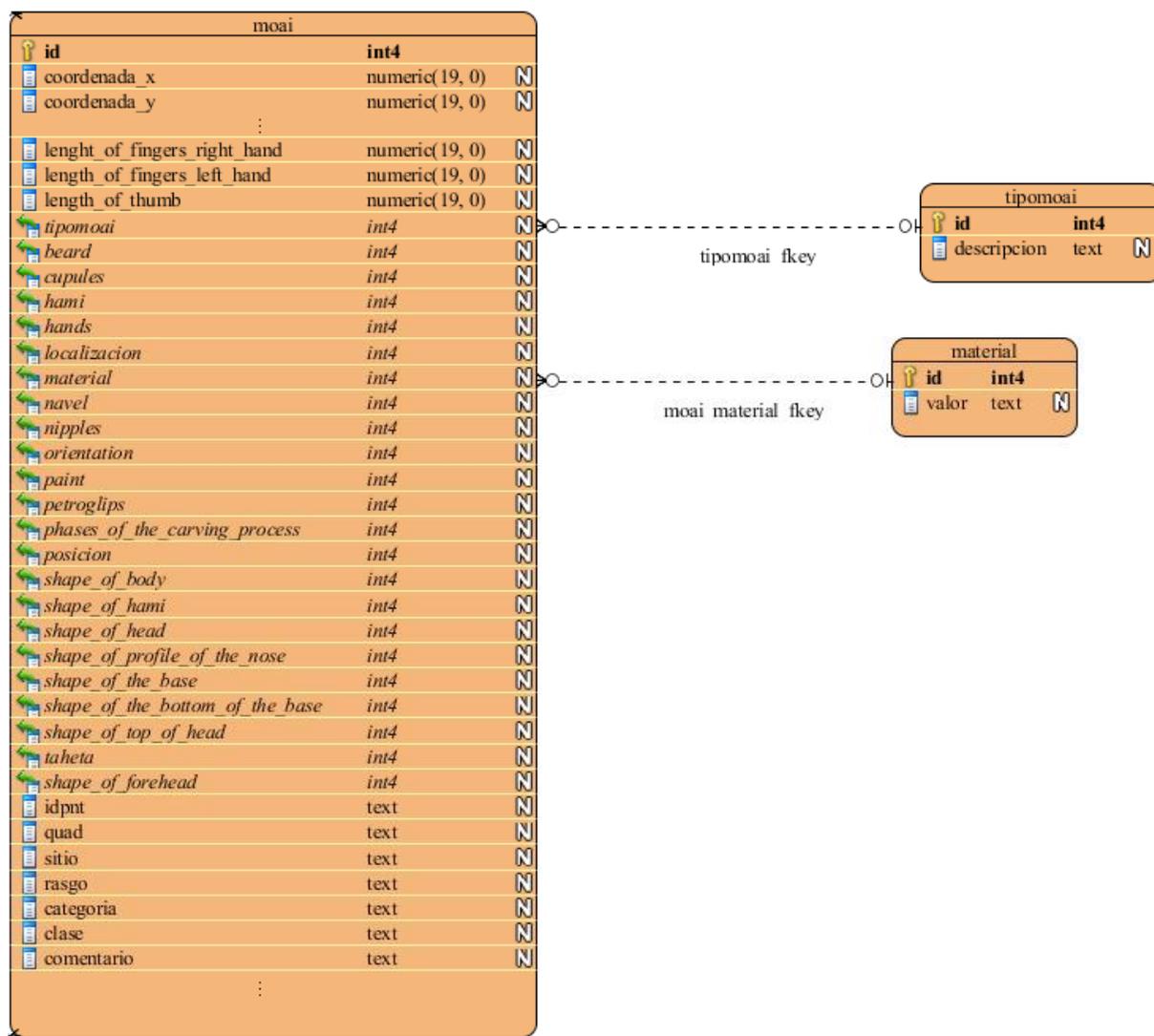


Figura 4.1: Relación entre las tablas Moai, Material y Tipomoai

- Tipo de Moai: Indica el tipo de Moai y está representado por la columna tipomoai que es una clave foránea que apunta a la columna id de la tabla Tipomoai como se observa en la figura 4.1.
- Información adicional: Son las columnas que conforman la información adicional extraída desde el archivo Shapefile que contiene a los Moai. Las columnas que son parte de este grupo se ven en el diagrama de base de datos que se encuentra en el anexo B

La lista de todos los atributos utilizados para construir la tabla Moai se encuentran en

el anexo A.

- **Atributos no numéricos:** Es el conjunto de tablas que representan los atributos no numéricos de los Moai. Cada registro contiene un identificador y el valor del atributo no numérico. Por ejemplo, en la tabla Material que se observa en 4.2, el registro con identificador 1 tiene como valor asociado a toba de Rano Raraku.

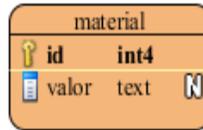


Figura 4.2: Tabla Material

- **Tipomoai:** Esta tabla representa el tipo de Moai como se observa en la figura 4.3. Cada registro esta representado de forma única por un identificador y una descripción que indica el tipo de Moai. De acuerdo a lo descrito en 2.2.3, los valores que puede adquirir el tipo de Moai son A, B, C, D, E, F o G.

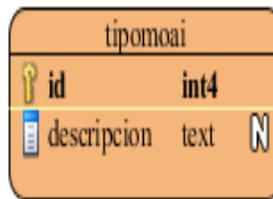


Figura 4.3: Tabla Tipomoai

- **ItemsBusquedaRango:** Esta tabla va a contener los valores mínimo y máximo de los atributos numéricos como se observa en la figura 4.4. Se usa esta tabla para obtener los valores mínimo y máximo de los atributos numéricos usados en la búsqueda entre intervalos de atributos.

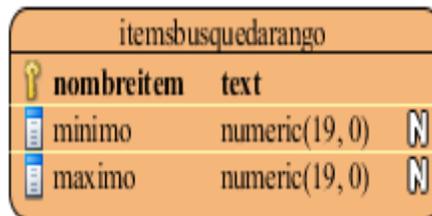


Figura 4.4: Tabla ItemsBusquedaRango

El diagrama de la entidad relación base de datos que muestra todas las tablas mencionadas anteriormente se encuentra en el anexo B.

4.4. Procedimientos para generar datos geográficos y modelos 3D de los Moai

En esta sección se explican los procedimientos para crear una malla a partir de un conjunto de imágenes para ser usada dentro de la herramienta con Photosynth y Meshlab y para crear los datos geográficos para Google Earth y Google Maps.

4.4.1. Generación de un Moai a partir de imágenes

En este procedimiento, se explica cómo generar un archivo de formato OFF (ver sección 2.1.1) que contiene la geometría de un Moai a partir de imágenes usando Photosynth y Meshlab (ver sección 4.1).

Para realizar este procedimiento, primero se buscó en la página web de Photosynth aquellos Synth (objetos que produce Photosynth) formados por nubes de puntos creados con imágenes de Moai. Después de realizar la búsqueda, se seleccionó dos Synth que contenían Moai provenientes de Rano Raraku[14] y Tongariki[15] como se observa en las figuras 4.5 y 4.6 respectivamente.

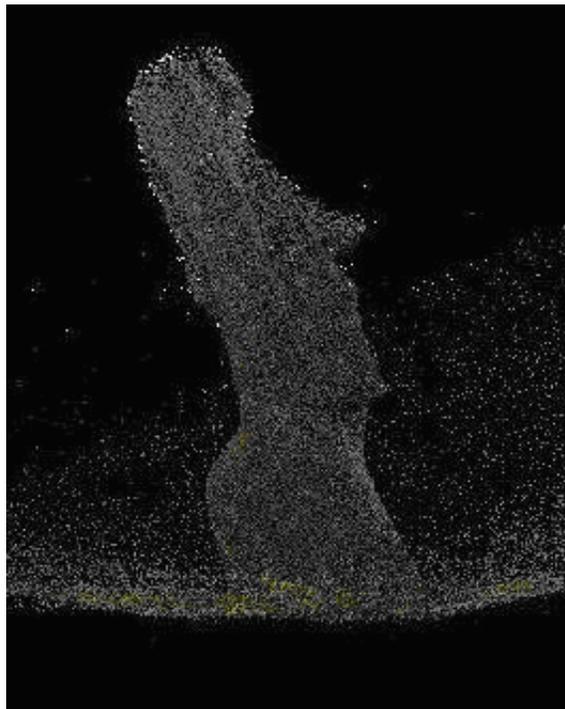


Figura 4.5: Nube de Puntos de un Moai en Rano Raraku

Para generar una malla de triángulos de los Synth encontrados, se utilizó el software Meshlab. Meshlab permite importar una nube de puntos generada por Photosynth con Import Photosynth Data, la cual, se muestra en la figura 4.7. Los datos que se usan en Import Photosynth Data son los siguientes:



Figura 4.6: Nube de Puntos de un Moai en Tongariki

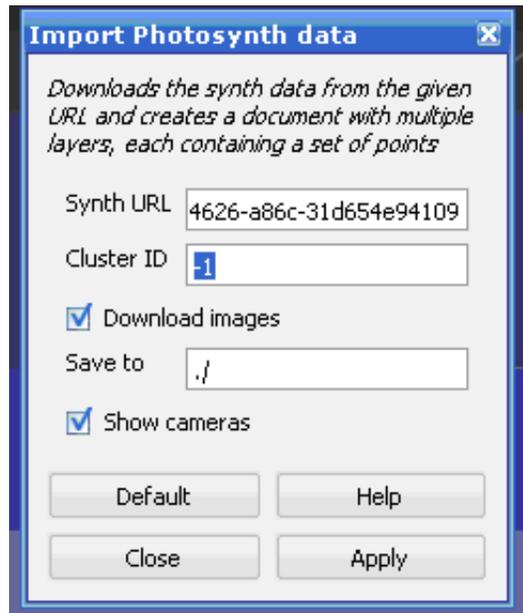


Figura 4.7: Opción Import Photosynth Data de Meshlab

- Synth URL: Corresponde a la ruta del Synth.
- Cluster ID: Un Synth puede contener múltiples nubes de puntos donde cada uno es identificado por un id. Si se ingresa el valor -1, se cargan todas las nubes de puntos del Synth.
- Download Images: Esta opción permite obtener las imágenes que componen el Synth.
- Save to: Indica la ruta a donde se van a bajar las imágenes del Synth.
- Show Cameras: Con esta opción se muestra las posiciones de la cámara en Meshlab.

Con los datos ingresados, se presiona el botón Apply que aparece en la figura 4.7 para importar la nube de puntos directamente desde el servidor de Photosynth. Para observar la nube de puntos importada, se selecciona el ícono points. Luego se guarda la nube de puntos en formato PLY que es un formato que sirve para guardar este tipo de información (ver sección 2.1.1).

Para facilitar la creación de una malla, es conveniente disminuir la cantidad de puntos del Moai guardado en formato PLY con la opción Poisson-Disk Sampling (ver figura 4.8). La opción Poisson-Disk Sampling se basa en el algoritmo Poisson Sampling Disk descrito en la sección 2.1.3 y utiliza los siguientes parámetros:

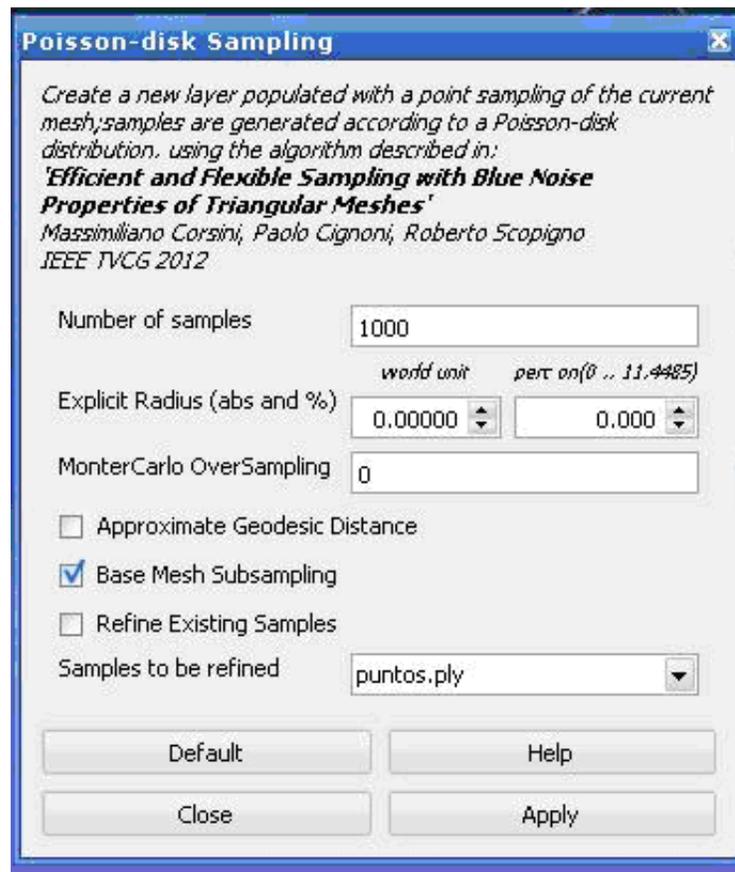


Figura 4.8: Opción Poisson-disk Sampling de Meshlab

- Number of samples: Es el número de puntos aleatorios cuya probabilidad sigue una distribución de Poisson (ver sección 2.1.3). Se utilizaron valores entre 10000-100000.
- Base Mesh Subsampling: Se selecciona esta opción para que los puntos aleatorios se obtengan desde la nube de puntos del Moai.
- Simple to be refined: En esta opción se indica la nube de puntos del Moai.

Las parámetros que no se mencionaron de la opción Poisson-Disk Sampling y que se ven en la figura 4.8 tienen valores igual a cero o no se seleccionaron.

Luego de aplicar el algoritmo Poisson-Disk Sampling, se selecciona la opción Compute Normal for Point Sets (ver figura 4.9) para calcular las normales en la nube de puntos de un Moai. El parámetro que se ingresa en esta opción es el siguiente:

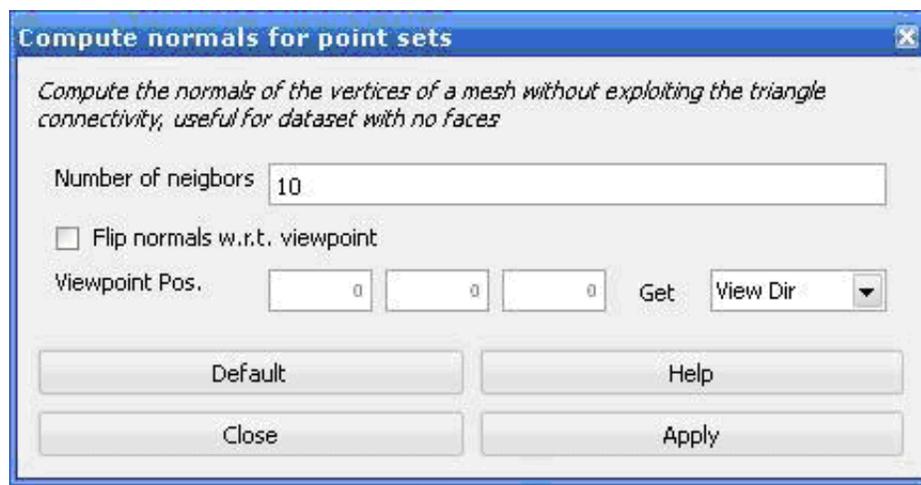


Figura 4.9: Opción Compute normals for point sets de Meshlab

- Number of neighbors: Es el número de vecinos cercanos a cada vértice. Si k es el valor ingresado por el usuario entonces se calcula la normal del punto promedio de los k puntos vecinos de cada vértice. El valor que se ingreso para calcular las normales fue 10.

Las parámetros que no se mencionaron de la opción Compute Normal for Point Sets y que se ven en la figura 4.9 conservan sus valores por defecto.

Una vez calculada las normales, se procede a construir una malla triangular 3D a partir de la nube de puntos de un Moai. Para lograrlo, se selecciona la opción Surface Reconstruction: Poisson que utiliza el algoritmo de reconstrucción de superficie Poisson visto en la sección 2.1.3. Los parámetros que se ingresan en la opción Surface Reconstruction: Poisson (ver figura 4.10) son los siguientes:

- Octree Depth: Para resolver la ecuación de Poisson asociada al algoritmo de reconstrucción de superficie, se usa un Octree con una profundidad D . Esa profundidad D corresponde al valor que se ingresa en esta opción. Se sugiere un rango entre 5-10 ya que números altos implican un largo tiempo de procesamiento. Las definiciones de Octree



Figura 4.10: Opción Surface Reconstruction: Poisson de Meshlab

y ecuación de Poisson se describen en la sección 2.1.1.

- Solver Divide: Este parámetro es usado en la ecuación de Poisson asociada al algoritmo de reconstrucción de superficie. Según Meshlab, se puede reducir el uso de memoria si el valor de Solver Divide es 7 o 8, en caso de que Octree Depth tenga valores mayores a 9.

Los parámetros que no se mencionaron de la opción Surface Reconstruction: Poisson y que se ven en la figura 4.10 conservan sus valores por defecto.

Una vez finalizada la construcción de la malla, el usuario debe exportar la malla en formato OFF. Un archivo de formato OFF es un archivo especializado que permite guardar la geometría de un Moai (ver sección 2.1.1). Dado que cada Moai en la base de datos está identificado de forma única por un número (ver sección 4.3, para asociar una malla a un Moai con la base de datos, se debe poner como nombre de la malla el número que identifica al Moai. La base de datos `validacion_proyecto_estatuaria` es la base de datos utilizada para buscar la información de los Moai en los mapas interactivos mencionados anteriormente.

La malla de triángulos que fue generada por Meshlab posee una gran cantidad de puntos (entre 20000-25000) que hacen lenta su visualización. Para obtener una malla con alrededor de 5000 puntos se usó el algoritmo de desrefinamiento basado en la estrategia de colapso de arcos implementada en `TreeSteamMeshGenerator`.

4.4.2. Generación de datos geográficos para Google Earth

La información geográfica de los Moai se encuentra disponible en un archivo Shapefile que es generado por la herramienta ArcView GIS usada en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile (ver sección 2.2.1), la cual, es utilizada en el mapa interactivo con Google Earth descrito en la sección 4.7. Para leer la información geográfica de los Moai,

Google Earth utiliza archivos KML para leer y mostrar datos geográficos. Además, para generar un archivo KML desde un archivo Shapefile se utilizan las herramientas Quantum GIS y Google Sites (ver sección 4.1). El procedimiento que permite generar un archivo KML con los datos geográficos de los Moai obtenidos desde un archivo Shapefile se encuentra descrito en el anexo E.

4.4.3. Generación de datos geográficos para Google Maps

Para generar los datos geográficos para Google Maps, se utiliza el archivo KML generado en el proceso 4.4.2 y los elementos Fusion Table de Google Fusion Tables (ver sección 4.1). Fusion Table es un elemento del servicio Google Fusion Tables que puede contener información geográfica y que permite que la lectura y visualización de múltiples datos en Google Maps sea más rápida. El procedimiento que permite generar datos geográficos para Google Maps está descrito en el anexo F.

4.5. Estructura de clases

En esta sección, se describe cada una de las clases diseñadas e implementadas (ver anexo C) dentro de la herramienta para representar la malla de un Moai, el mapa de la Isla de Pascua, la búsqueda entre intervalos de atributos, la búsqueda basada en la relación de dos atributos, la clasificación de los Moai según su tipo y la generación de mapas interactivos.

4.5.1. Visualización de la Isla de Pascua en la ventana principal

Para generar la Isla de Pascua en la ventana principal, es necesario utilizar la clase Shapefile que permite el almacenamiento de la información proveniente de un archivo Shapefile usando la librería Shapefile C. Los elementos que va a contener son:

- Point: Contiene las coordenadas x e y de un punto y su correspondiente id.
- Polyline: Contiene un vector de objetos Point que corresponde a una polilínea.
- Box: Contiene los valores máximo y mínimo de las coordenadas x e y que se obtiene del Shapefile.

Con la clase Shapefile se crea un objeto que contiene el relieve de la isla de pascua y con la clase Pointwidget se representan los Moai con la información obtenida desde la base de datos que el usuario indica. Con estos objetos se crea la clase MapaInicio que crea el mapa que se encuentra con OpenGL en la ventana principal que es controlada por la clase MainWindow (ver sección 4.9.2.1). El diagrama de clases que crean el mapa que se dibuja en la ventana principal se aprecia en la figura 4.11.

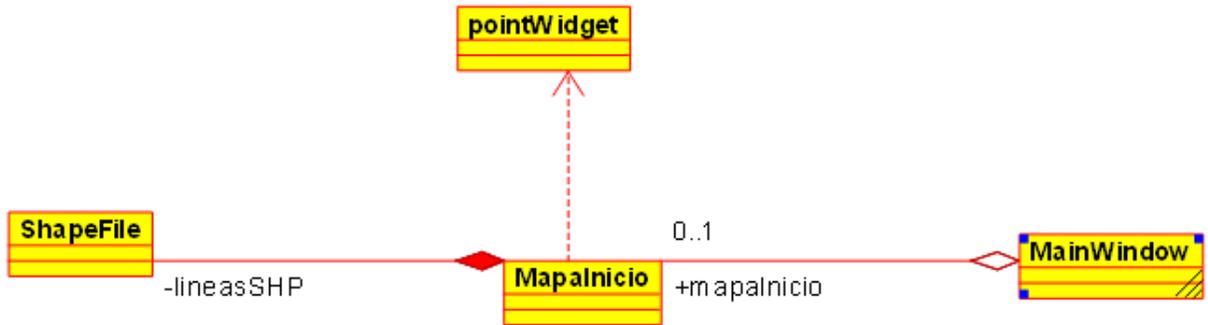


Figura 4.11: Diagrama de las clases que crean el mapa que se dibuja en la ventana principal

4.5.2. Creación y visualización de la malla de un Moai

Para la construcción de una malla de un Moai dentro de la herramienta, se creó la clase Malla, la cual, está compuesta por los siguientes elementos:

- **Nodos:** Es un objeto de la clase Nodos que corresponde a un contenedor de nodos. Un nodo es un objeto de la clase Nodo que contiene un objeto de la clase Punto que representa un punto específico y un objeto de la clase Vect que representa al vector asociado al punto.
- **Arcos:** Es un objeto de la clase Arcos que representa un contenedor de arcos. Un arco es un objeto de la clase Arco que esta formando por dos índices a un conjunto de objetos del tipo Nodo.
- **Caras:** Es un objeto de la clase Caras que contiene un contenedor de caras. Una cara es un objeto de la clase Cara que corresponde a una cara del objeto a modelar, la cual, está compuesta por una lista de índices a los nodos de la cara y por una lista de índices a los arcos de la cara.

Además, con el archivo de formato OFF que es creado en el proceso de generación de un Moai a partir de imágenes (ver sección 4.4.1), se utiliza la clase Generafromoff que permite crear un objeto de la clase Malla a partir de un archivo OFF que va a contener la geometría de un Moai. En cuanto a la visualización, se utiliza la clase Moai que permite renderizar con OpenGL la malla asociada a un Moai. Para ver como se usa la malla de un Moai ir a la sección 4.7. El diagrama de las clases involucradas en la creación y la visualización de la malla de un Moai se muestra en la figura 4.12.

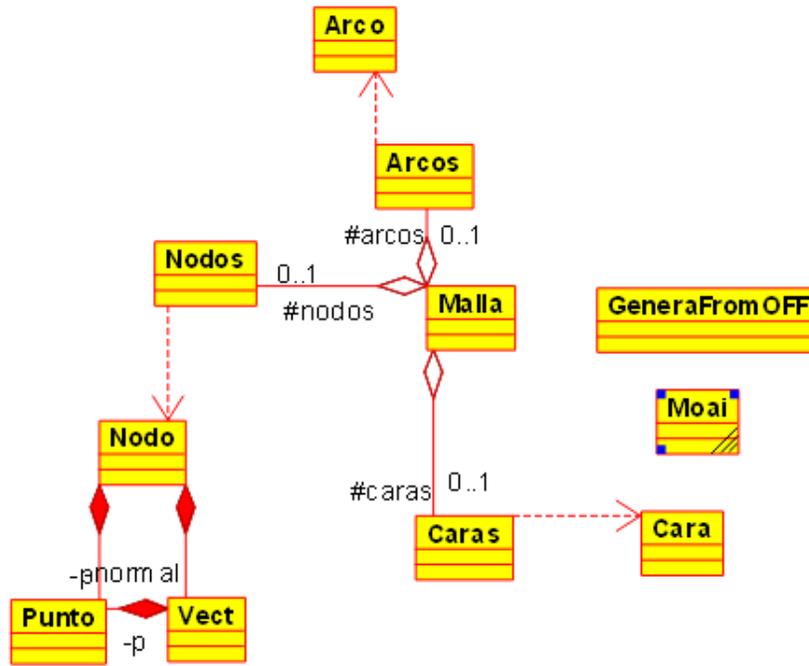


Figura 4.12: Diagrama de las clases involucradas en la creación y la visualización de la malla de un Moai

4.5.3. Creación de un mapa interactivo con Google Earth y Google Maps

La clase `Googleearthmapainteractivo` es la encargada de crear un mapa interactivo con Google Earth utilizando el archivo KML que contiene las ubicaciones de los Moai y que fue generado en la sección 4.4.2 y la clase `Googlemapsmapainteractivo` que crea un mapa interactivo con Google Maps utiliza los datos geográficos de los Moai generados en sección 4.4.3. En ambas clases se utiliza la malla de un Moai (ver sección 4.5.2) que se utiliza en la sección 4.7.2.

Para explorar los datos geográficos de los Moai y la Isla de Pascua tanto en Google Maps como en Google Earth por medio del navegador web de Qt se utiliza la clase `MyWebPage` que permite reconocer el plugin de Google Earth. Por defecto, el navegador web de Qt no reconoce el plugin de Google Earth, por ende, no se puede visualizar las ubicaciones de los Moai ni la Isla de Pascua dentro de la herramienta con Google Earth.

Para reconocer el plugin de Google Earth dentro de la herramienta, se crea la clase `MyWebPage` que es una clase derivada de la clase `QWebPage` que es la encargada de crear objetos que permitan crear y editar documentos web. La clase `QWebPage` posee la funcionalidad `userAgentForUrl` que indica el agente de usuario del navegador web de Qt. Los agentes de usuario son los programas que empleamos para interactuar con el contenido en la web como los navegadores web. En la clase `MyWebPage` la funcionalidad `userAgentForUrl` es re-implementada para que el agente de usuario del Navegador Web de Qt sea el mismo agente de usuario de Mozilla Firefox que es un navegador que reconoce el plugin de Google Earth.

En el mapa interactivo con Google Earth se carga el archivo Ruta_Fuentes_Herramienta/html/mapaGoogleEarth.html en un objeto de la Clase MyWebPage. El archivo mapaGoogleEarth es un archivo html que lee los datos geográficos de los Moai generados en la sección 4.4.2 para que sean visualizados en la Isla de Pascua con la API y el plugin de Google Earth.

En el mapa interactivo con Google Maps se carga el archivo Ruta_Fuentes_Herramienta/html/mapaGoogleMaps.html en un objeto de la Clase MyWebPage. El archivo mapaGoogleMaps es un archivo html que utiliza la API de GoogleMaps y lee los datos geográficos de los Moai generados en la sección 4.7.2 para que sean visualizados en Google Maps.

El diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Google Earth y Google Maps se muestra en la figura 4.13.

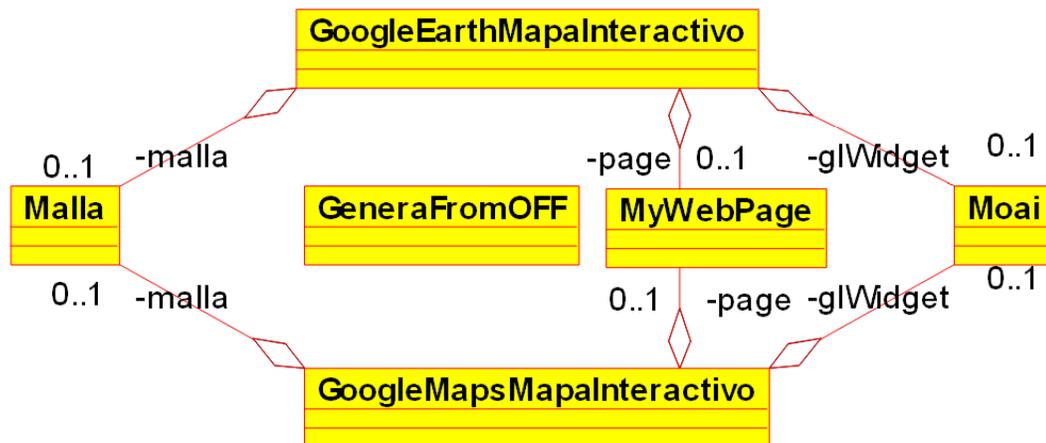


Figura 4.13: Diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Google Earth y Google Maps

4.5.4. Creación de un mapa interactivo con OpenGL

La creación de este mapa utiliza la clase Shapefile(ver sección 4.5.1) que crea un objeto que contiene el relieve de la Isla de Pascua desde un archivo Shapefile, la clase Pointwidget que contiene la información geográfica de los Moai obtenida desde la base de datos validacion_proyecto_estatuaria y las clases involucradas en la creación y visualización de la malla de un Moai descritas en la sección 4.5.2. Con estos objetos, la clase Mapaopenglview crea un mapa que contiene el relieve de la isla de pascua con las ubicaciones de los Moai y una malla de un Moai utilizando OpenGL. La clase Openglmapainteractivo permite unir el mapa creado con OpenGL y la interfaz gráfica de usuario. El detalle del uso de estas clases se describe en la sección 4.7.1 y el diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Opengl se muestra en la figura 4.14.

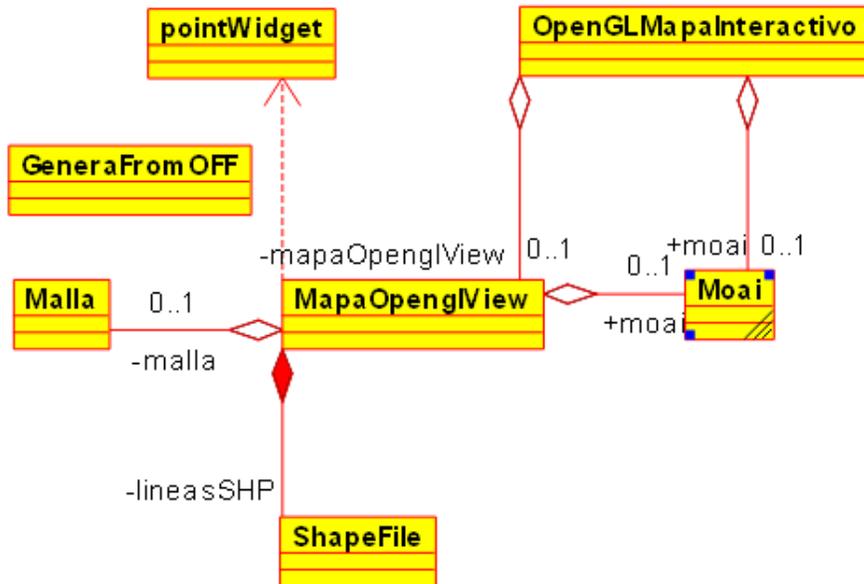


Figura 4.14: Diagrama de las clases que crean un mapa interactivo con Opengl

4.5.5. Creación de la clasificación de un moai de acuerdo a su tipo

La clasificación de un conjunto de Moai de acuerdo a su tipo es realizada por la clase Predecirtipomoai en conjunto con las siguientes clases que utilizan la librería LIBSVM:

- Svm-scalenew: Clase que escala los datos de un conjunto de Moai.
- Svm-trainnew: Clase que construye un SVM (ver sección 2.1.3) a partir de un conjunto de Moai.
- Svm-predictnew: Clase que indica a que tipo pertenece un conjunto de Moai.

El detalle de como participan las distintas clases que se mencionaron para clasificar un conjunto de Moai de acuerdo a su tipo se describe en la sección 4.6.1 y el diagrama de las clases que permiten la clasificación de un Moai de acuerdo a su tipo se muestra en la figura 4.15.

4.5.6. Creación de la búsqueda entre intervalos de atributos

Para realizar la búsqueda entre intervalos de atributos se utiliza la clase Busquedaderango que gestiona los eventos que se realizan sobre la interfaz asociada a esta opción, la clase MainWindow que realiza la búsqueda y la visualización del resultado y la clase Mapainicio que actualiza la ubicación de los Moai de acuerdo al resultado que se generó al realizar la búsqueda entre intervalos de atributos. La implementación de este método se describe en la sección 4.6.2 y el diagrama de las clases que conforman la búsqueda entre intervalos de atributos se muestra en la figura 4.16.

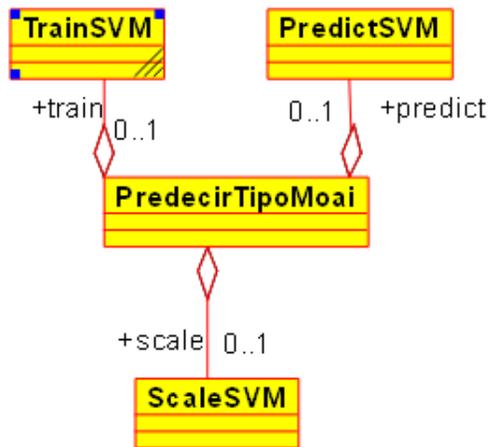


Figura 4.15: Diagrama de las clases que permiten la clasificación de un Moai de acuerdo a su tipo

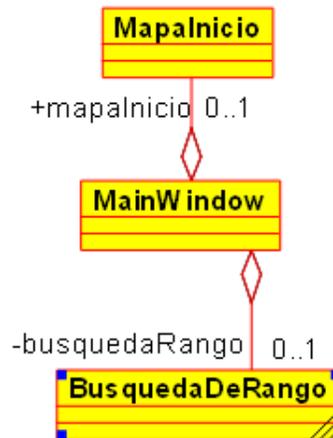


Figura 4.16: Diagrama de las clases que conforman la búsqueda entre intervalos de atributos

4.5.7. Creación de la búsqueda basada en la relación de dos atributos

La búsqueda basada en la relación de dos atributos utiliza la clase Busquedaproporciones que es encargada de los eventos que se hacen a la interfaz asociada, la clase MainWindow que realiza la búsqueda y la visualización del resultado, la clase Resultadobusquedaproporciones que crea información relacionada al resultado entregado por la búsqueda y la clase Mapainicio que actualiza la ubicación de los Moai de acuerdo al resultado que se generó al realizar la búsqueda basada en la relación de dos atributos. La implementación de este método se describe en la sección 4.6.3 y el diagrama de las clases que conforman la búsqueda basada en la relación de dos atributos se muestra en la figura 4.17.

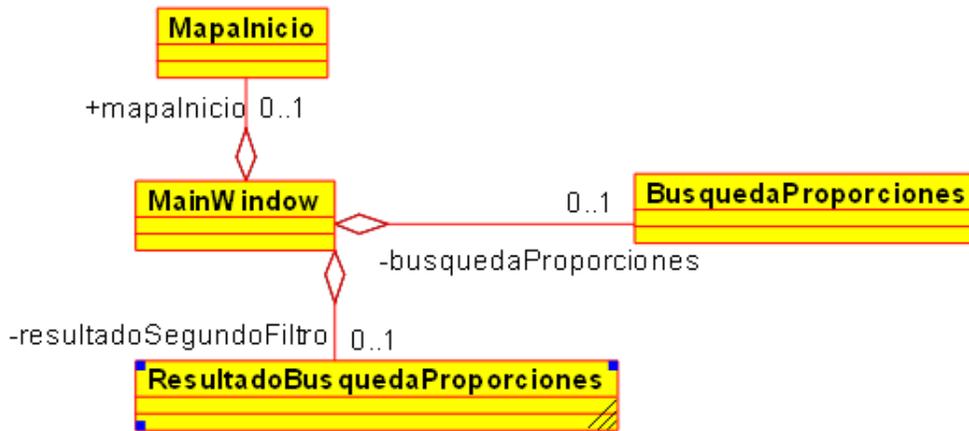


Figura 4.17: Diagrama de las clases que conforman la búsqueda basada en la relación de dos atributos

4.5.8. Manipulación de las bases de datos

Para la administración de la base de datos proyecto_estatuaria, se utilizan las clases Insertdatabase, Deletedatabase y Updatedatabase para insertar, borrar y actualizar datos respectivamente. Para cambiar la base de datos que utiliza la herramienta se usan las clases Switchdabatase, MainWindow y MapaInicio. La implementación de estas clases se describe en la sección 4.8 y el diagrama de clases de las clases relacionadas con la manipulación de las bases de datos se muestra en la figura 4.18.

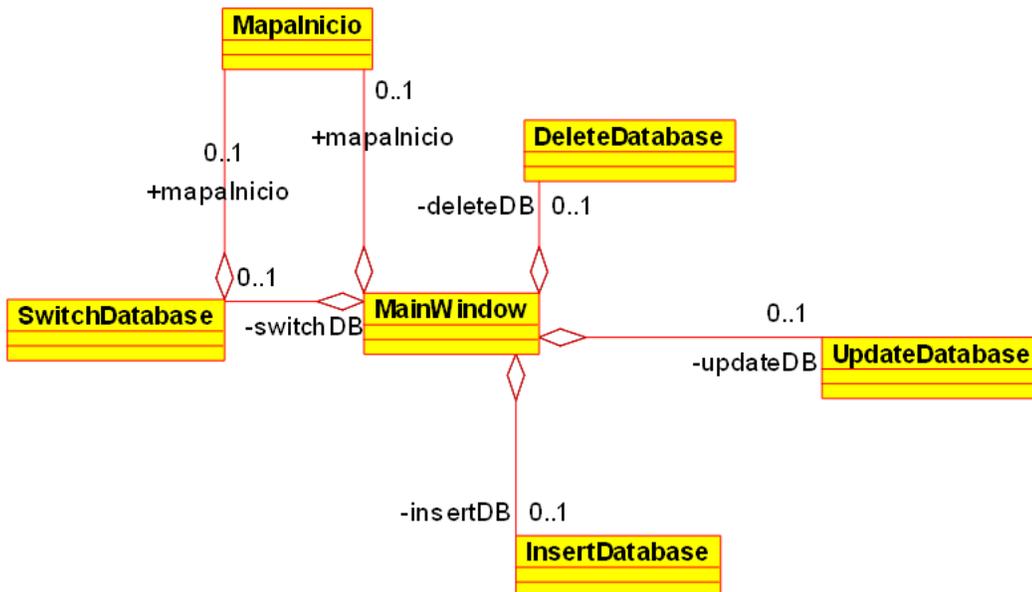


Figura 4.18: Diagrama de las clases relacionadas con la manipulación de las bases de datos

4.5.9. Creación de la ventana principal

La clase MainWindow es la encargada de la ventana principal y está compuesta por objetos de las clases MapaInicio, DeleteDatabase, InsertDatabase, UpdateDatabase, PredecirTipoMoai, SwitchDatabase, BusquedaProporciones, ResultadoBusquedaProporciones, BusquedaDeRango, GoogleMapsMapaInteractivo, GoogleEarthMapaInteractivo y OpenGLMapaInteractivo que se mencionaron anteriormente. La implementación de la ventana principal se describe en la sección 4.9.2.1 y el diagrama de las clases que componen la ventana principal se muestra en la figura 4.19.

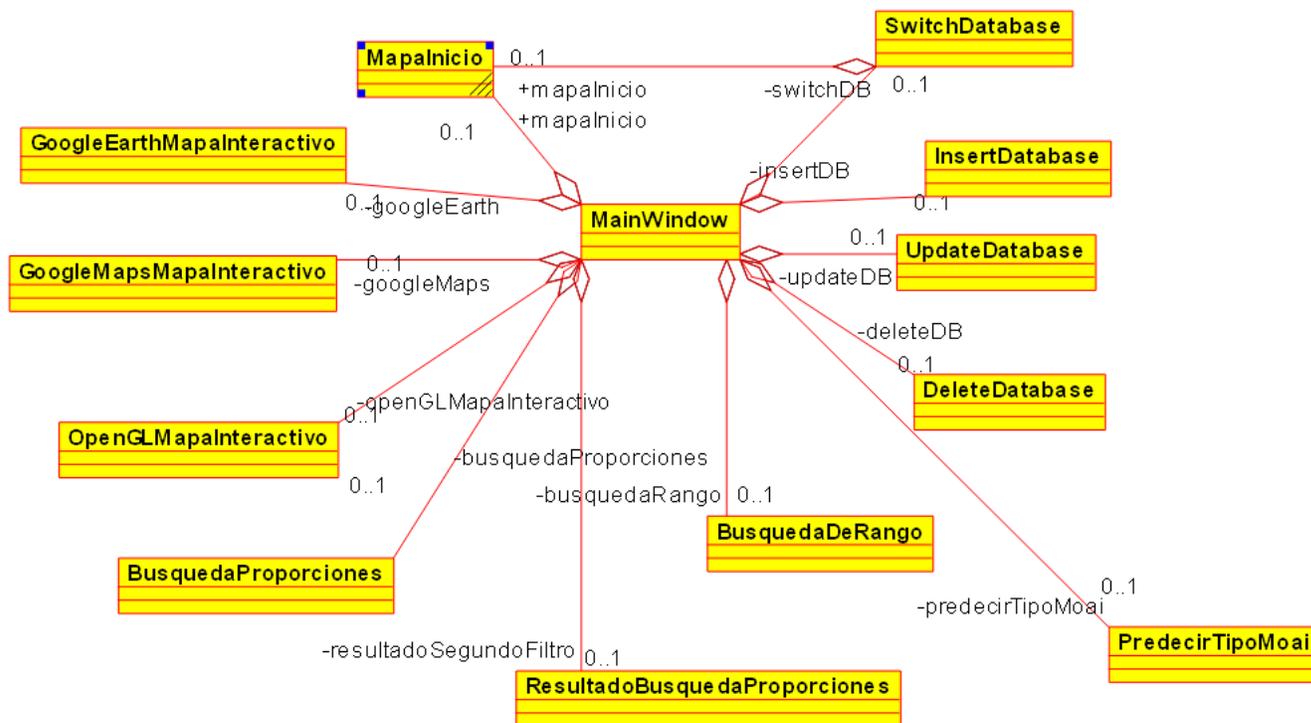


Figura 4.19: Diagrama de las clases que componen la ventana principal

4.6. Módulo de Herramientas

Este módulo agrupa los métodos que permiten filtrar y clasificar la información relacionada con los Moai. Los métodos que pertenecen a este módulo son los siguientes:

4.6.1. Clasificación de Moai según su tipo

En esta sección, se describe como implementar la clasificación de Moai según su tipo viéndolo como un problema de multi-clasificación y usando la librería LIBSVM.

4.6.1.1. Resolución de un problema de multi-clasificación con SVM

Para el caso de un problema de clasificación binaria, se tiene un conjunto de entrenamiento \mathcal{D} de l puntos que tiene la forma de $\mathcal{D} = \{(\mathbf{x}_i, y_i) \mid \mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^n, y_i \in \{-1, 1\}\}_{i=1}^l$. La máquina de soporte vectorial busca el hiperplano óptimo que separa los puntos que tienen $y_i = 1$ de los que tienen $y_i = -1$ del conjunto \mathcal{D} como se observa en la figura 4.20 donde \mathbf{w} es el vector normal del hiperplano y \mathbf{x} es un conjunto de puntos.

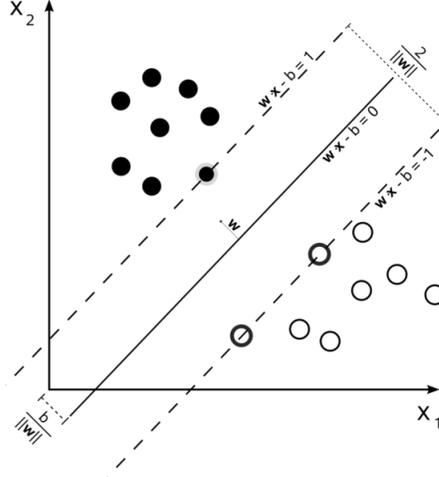


Figura 4.20: Hiperplano óptimo que separa un conjunto de puntos de dos clases.

Para encontrar el hiperplano óptimo hay que resolver la ecuación que se muestra en la figura 4.21 donde $\phi(x_i)$ es una función que mapea x_i a un espacio de dimensión mayor para que los datos sean separables como se observa en la figura 4.22, ξ_i es el costo por observación mal clasificada y C es un parámetro de regularización que se multiplica a la sumatoria de costos.

$$\text{mín}_{\mathbf{w}, \xi, b} \left\{ \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{w} + C \sum_{i=1}^n \xi_i \right\}$$

$$y_i(\mathbf{w}^T \cdot \phi(x_i) - b) \geq 1 - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0, \quad C > 0$$

Figura 4.21: Problema de optimización que usa máquinas de soporte vectorial

De acuerdo a lo indicado en la referencia [8], usualmente el problema de optimización que se observa en la figura 4.21 se puede llevar al problema que se muestra en la figura 4.23 donde $\mathbf{e} = [1; \dots; 1]^T$ es un vector que contiene solo unos y Q es una matriz de l por l . Cada elemento Q_{ij} de la matriz Q es igual a $y_i y_j K(x_i, x_j)$ donde $K(x_i, x_j)$ corresponde a la función kernel que equivale a $\phi(x_i)^T \phi(x_j)$.

Para resolver el problema de optimización que se observa en la figura 4.23, la máquina de soporte vectorial usa una de las siguientes funciones kernel:

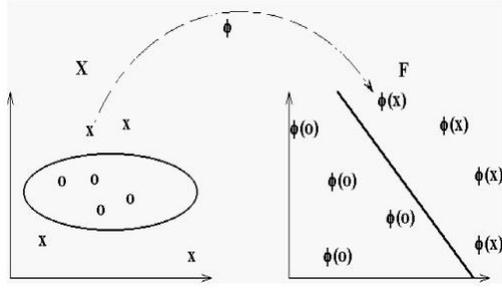


Figura 4.22: Ejemplo de como se utiliza $\phi(x_i)$ para que los datos sean separables.

$$\min_{\alpha} \left\{ \frac{1}{2} \alpha^T \cdot Q \cdot \alpha - e^T \cdot \alpha \right\}$$

$$y^T \alpha = 0$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C, \quad i = 1, \dots, l$$

Figura 4.23: Problema de optimización que usa máquinas de soporte vectorial

- Linear: $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{x}_j$.
- Polynomial: $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (\gamma \mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{x}_j + r)^d, \quad \gamma > 0$.
- Radial basis function (RBF): $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \exp(-\gamma \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2), \quad \gamma > 0$.
- Sigmoid: $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \tanh(\gamma \mathbf{x}_i^T \cdot \mathbf{x}_j + r)$.

Los parámetros γ , r y d son utilizados en las funciones kernel mencionadas y los valores de estos son indicados por el usuario a través de una interfaz gráfica en conjunto con la librería LIBSVM como se describe en las secciones 4.6.1.2 y 4.9.2.2.

Para el caso de los problemas de multi-clase, se construye $k(k-1)/2$ modelos binarios, donde k es el número de las clases. Luego se usa la estrategia de votación para clasificar a que clase pertenece un dato, es decir, se evalúa el dato en cada modelo binario que cuenta como un voto y se toma la clase con mayor número de votos para indicar a que clase pertenece el dato.

4.6.1.2. Implementación de la funcionalidad Clasificación de Moai

Para la implementación, se utilizó la librería LIBSVM[8] y los siguientes datos de entrada que se obtienen de la interfaz inicial descrita en la sección 4.9.2.2:

- Un conjunto *Atributos* seleccionado por el usuario que va a contener los $atributo_1 \dots atributo_i$ donde $atributo_i$ corresponde a una columna que representa un atributo numérico de la tabla Moai (ver sección 4.3). El largo total, el largo cabeza o el ancho de hombros son ejemplos de atributos numéricos.
- Un conjunto de testing T formado por pares (A, B) que tienen la siguiente estructura:
 - El primer elemento A corresponde al identificador de un Moai donde el tipo de este Moai es desconocido.
 - Un segundo elemento B corresponde al tipo de Moai al que pertenece el primer elemento basado en los criterios del usuario.

De acuerdo a las conclusiones obtenidas del catastro descritas en la sección 2.2.3, se ha generado una tipología de la estatuaria a partir de un conjunto de atributos (tales como largo total y largo cabeza) que distingue 7 tipos de Moai que se observan en las figuras 2.3 y 2.4. Los tipos de Moai que hay son A, B, C, D, E, F y G y dentro de la herramienta están representados por los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 respectivamente.

- Función Kernel: Este parámetro indica la función kernel que usa la máquina de soporte vectorial para resolver el problema de la figura 4.21. Las opciones son:
 - Linear
 - Polynomial
 - Radial basis function
 - Sigmoid

El detalle de cada una de las funciones mencionadas se muestra en la sección 4.6.1.1

- Grado: Indica el grado del polinomio de la función kernel polynomial. De acuerdo a lo descrito en la sección 4.6.1.1, corresponde al valor de d .
- Gamma: Corresponde al valor de gamma en la funciones kernel polynomial, radial basis function y sigmoid. En la sección 4.6.1.1, este valor esta representado por γ .
- r: De acuerdo a lo descrito en la sección 4.6.1.1, corresponde al valor de r en la funciones kernel polynomial y sigmoid.
- C: Corresponde el valor de C que es el parámetro que se multiplica a la sumatoria de errores como se muestra en la figura 4.21

Una vez obtenidos los datos de entrada mencionados, el sistema construye los siguientes conjuntos:

- La data de entrenamiento se construye con aquellos Moai en la base de datos cuyo tipo es conocido y el conjunto *Atributos* que contiene los atributos numéricos que el usuario

indico.

- La data de testing se construye de acuerdo al conjunto de testing T ingresado por el usuario y el conjunto *Atributos* ya mencionado.

Ambas datas contienen pares de elementos (X, Y) que tienen la siguiente estructura:

- El elemento X corresponde a un Moai representado por un vector de atributos que provienen de *Atributos*. Cada atributo del vector de atributos es escalado entre $[0, 1]$ para evitar dificultades numéricas.
- El elemento Y corresponde al tipo de moai.

Después de construir ambas datas, se construye la máquina de soporte vectorial de acuerdo a la data de entrenamiento que se creó y los parámetros ingresados por el usuario.

Luego, con la máquina de soporte vectorial generada anteriormente y la data de testing, el sistema va a crear una interfaz final donde se muestra a que clase pertenece cada instancia del conjunto de testing T en una tabla y el valor de exactitud con que predice la máquina de soporte vectorial.

4.6.2. Búsqueda entre intervalos de atributos

En este método, se pasa como entrada los datos obtenidos de la interfaz de usuario inicial de la búsqueda entre intervalos de atributos. Esta interfaz aparece descrita en la sección 4.9.2.3.

A partir de los datos de entrada, se busca en la base de datos todos aquellos Moai cuyos atributos se encuentren en los intervalos indicados por el usuario. Una vez que termine la búsqueda, se va a crear la interfaz final con el resultado de la búsqueda que se mostrará en la ventana principal descrita en la sección 4.9.2.1.

4.6.3. Búsqueda basada en la relación de dos atributos

En este método, se pasa como entrada el conjunto de Moai que son resultado de aplicar el primer filtro (búsqueda entre intervalos de atributos) y los datos de entrada que se pasan a través de la interfaz inicial descrita en la sección 4.9.2.4. Luego, sobre aquel resultado, se busca en la base de datos aquellos Moai donde el valor de un atributo numérico sea aproximadamente igual a el valor de otro atributo numérico multiplicado por cierto factor.

Una vez que se termine la búsqueda, se crea la interfaz final que se despliega en la ventana principal. La descripción de la interfaz final aparece en la sección (4.9.2.1).

4.7. Módulo Mapas Interactivos

Este módulo permite crear mapas con distintas opciones de visualización donde la información del catastro se podrá acceder de forma interactiva. A continuación, se describen cada una de las opciones de visualización de la Isla de Pascua involucradas en este módulo.

4.7.1. Mapa Interactivo con OpenGL

Esta opción se encarga de crear un mapa de la Isla de Pascua con OpenGL y Shapefile C Library. El mapa que se construye esta compuesto por las polilíneas que forman la Isla de Pascua desde un archivo de tipo Shapefile y por las ubicaciones de los Moai que se obtiene de la base de datos `validacion_proyecto_estatuaria`. Una vez que se termine de dibujar el mapa, se inserta el mapa sobre la interfaz gráfica asociada a esta opción.

4.7.2. Mapa Interactivo con Google Earth y Google Maps

Esta opción se encarga de realizar las siguientes funcionalidades:

- Si el mapa esta en Google Maps, carga el archivo html que contiene la ubicación de la Isla de Pascua y los puntos de los moai en Google Maps en MyWebPage. La descripción de como se genera el archivo html con los datos geográficos para Google Maps se encuentra en la sección 4.4.3.
- Si el mapa esta en Google Earth, carga el archivo html que contiene la ubicación de la Isla de Pascua y los puntos de los moai en Google Earth en MyWebPage. El proceso de como se genera el archivo html que contiene los datos geográficos se describe en la sección 4.4.2.
- Una vez que se carga el html correspondiente en MyWebPage, esta se visualiza en el elemento QWebView que se encuentra en la interfaz gráfica asociada a la opción correspondiente. Un elemento QWebview se muestra en la figura 4.30.

La clase MyWebpage es una clase de Qt que representa una página web y sirve para cargar los archivos html que contiene la información geográfica de los Moai tanto para Google Maps como para Google Earth. En la sección 4.5.3, se describe como se relaciona con las demás clases que intervienen en la creación de los mapas interactivos para Google Earth y Google Maps.

También en ambos métodos, se realizan las siguientes tareas:

- Conectar el mapa con la base de datos `validacion_proyecto_estatuaria`.
- Comprobar si existe una malla asociada a un Moai o no. Si existe una malla asociada, se busca el archivo OFF correspondiente para luego crear un objeto Malla que va a ser

dibujado sobre un elemento QGLWidget como se observa en la figura 4.27.

- Gestionar todos los eventos que se realizan sobre la interfaz gráfica correspondiente.

4.8. Módulo Administración de Base de Datos

En esta sección, se explica los métodos que están vinculados con la manipulación de las bases de datos construidas para la herramienta.

4.8.1. Actualizar, Borrar e Insertar datos

Son un conjunto de métodos que permiten borrar, insertar y actualizar un dato indicado por el usuario en la base de datos proyecto_estatuaria. Además, estos métodos se encargan de gestionar los eventos que se realizan sobre la interfaz gráfica correspondiente.

4.8.2. Cambiar Base de Datos y actualizar datos

Este método se encarga de realizar las siguientes funcionalidades:

- Cambiar la base de datos que se esta usando por otra base de datos (Si la base de datos que usa la herramienta es validacion_proyecto_estatuaria, se cambia la base de datos proyecto_estatuaria y viceversa)
- Después de cambiar la base de datos, el sistema actualiza la herramienta con la información de la base de datos correspondiente.

4.9. Visualizador

Para ver la información del proyecto Estatuaria Isla de Pascua de forma gráfica e interactiva, se crea un visualizador el cual está construido usando la librería Qt. Además, para el desarrollo del visualizador, se utilizo el IDE QtCreator para crear clases con una interfaz asociada a éstas y para el diseño de las interfaces gráficas se uso QtDesigner. Las interfaces gráficas creadas para la herramienta se pueden ver en el anexo D. Por último, para poder entender en qué consiste este visualizador, se nombran los widgets usados para la construcción de las interfaces gráficas y los componentes del Visualizador.

4.9.1. Widgets que integran las interfaces gráficas del visualizador

Para crear las interfaces gráficas asociadas a los componentes del visualizador, se usaron diversos widgets en Qt, los cuales, se mencionan en el siguiente listado con su respectivo uso:

- QWidget: Es la clase base para todos los objetos de la interfaz de usuario.

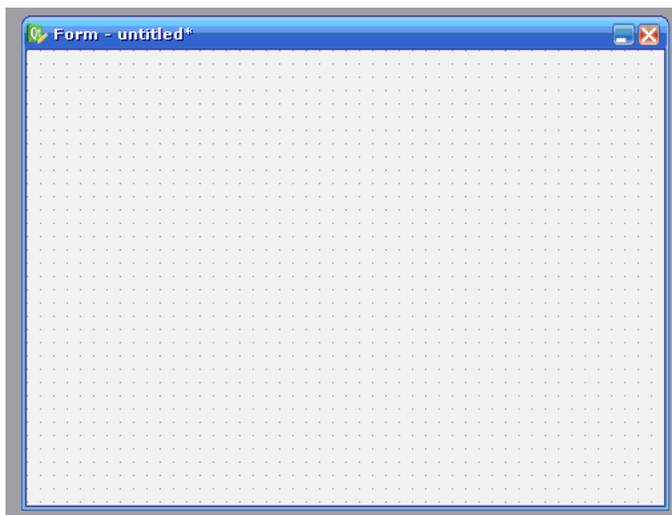


Figura 4.24: QWidget

- QComboBox: Es una lista desplegable.

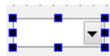


Figura 4.25: QComboBox

- QSpinBox: Elemento que permite seleccionar un valor ya sea haciendo click sobre los botones arriba/abajo para incrementar/bajar el valor o escribiendo el valor directamente dentro del elemento.



Figura 4.26: QSpinBox

- QGLWidget: Es el widget que permite renderizar gráficos de OpenGL
- QScrollArea: Es un área donde el usuario puede hacer desplazamiento dentro de ella.
- QSlider: Es una barra que permite cambiar el valor de una variable.
- QWebView: Es un widget que es usado para ver y editar documentos web.

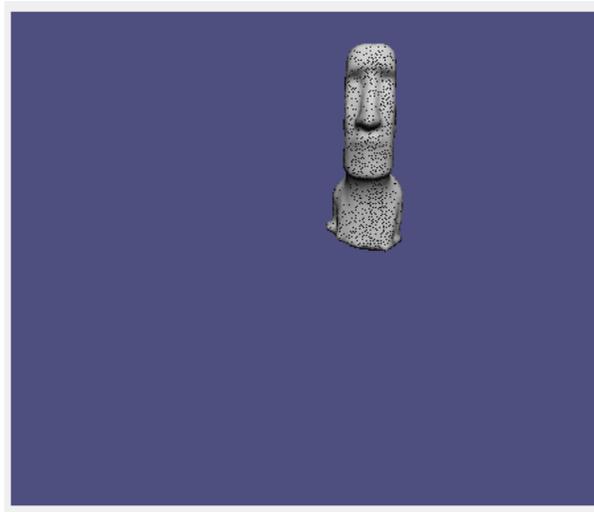


Figura 4.27: QGLWidget que dibuja un Moai

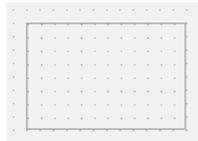


Figura 4.28: QScrollArea



Figura 4.29: QSlider

4.9.2. Componentes del visualizador

Las componentes que estructuran el visualizador son las siguientes:

4.9.2.1. Ventana Principal

Corresponde a la ventana principal del visualizador. Esta componente está formada por los siguientes elementos:

- Una interfaz gráfica que contiene:
 - Opciones de menú de los mapas interactivos, las herramientas que se pueden usar sobre la información disponible del catastro de Moai y las opciones relacionadas

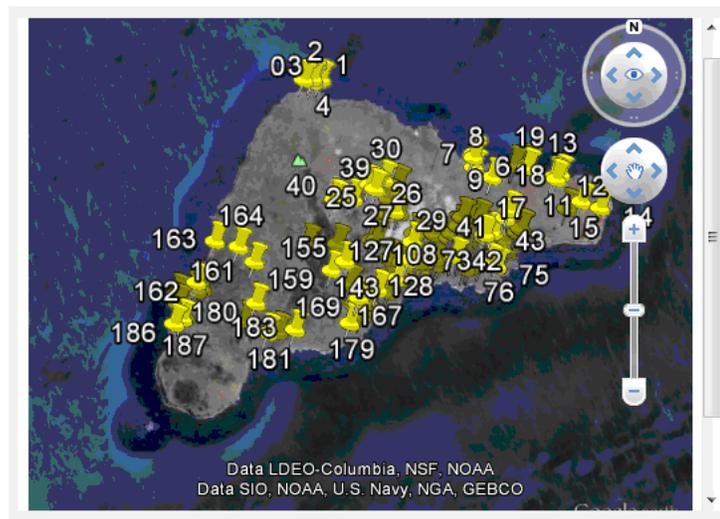


Figura 4.30: QWebView que contiene a Google Earth

con la administración de la base de datos.

- Un QWidget que va a ir cambiando de acuerdo a las siguientes situaciones:
 - * Al inicio de la Aplicación se muestra en el centro de la ventana un mapa de la Isla de Pascua formado por polilíneas en el cual se muestran todas las ubicaciones de los Moai que se encuentran en la base de datos que esta usando la herramienta. Este mapa es creado por la clase MapaInicio.
 - * Al desplegar el resultado de aplicar una búsqueda entre intervalos de atributos donde se muestran los siguientes elementos:
 - ◇ Un mapa que muestra la ubicación de todos los Moai que tienen los atributos especificados.
 - ◇ Una tabla que contiene la información de cada Moai seleccionado.
 - * Al desplegar el resultado de aplicar la búsqueda basada en la relación de dos atributos donde se muestran los siguientes elementos:
 - ◇ Un mapa que muestra la ubicación de todos los Moai que hay en el resultado. Cada grupo de Moai es identificado por un color.
 - ◇ Una tabla que muestra la siguiente información:
 - ★ Razón: Se muestra la relación de los dos atributos que el usuario seleccionó.
 - ★ El factor de multiplicación que el usuario ingreso.
 - ★ Razón Mínima: Es la razón mínima que se encontró del resultado.

* Razón Máxima: Es la razón máxima que se encontró del resultado

Por ejemplo, si el usuario busca todos aquellos Moai cuyo largo total sea aproximadamente igual a 3 veces el largo de la cabeza entonces la razón corresponde a la división entre el largo total y el largo de la cabeza y el factor de multiplicación a 3. Además, la razón mínima y máxima pueden tener los valores 2,5 y 3,4 respectivamente.

◇ Una tabla que muestra los grupos formados indicados por un color y la cantidad de elementos que hay en ese grupo

* Al cambiar la base de datos, el mapa que se encuentra dentro del QWidget, va a actualizar la ubicación de los Moai de acuerdo a la base de datos nueva.

- Una clase mainwindow que permite llamar a la interfaz correspondiente de acuerdo a las opciones que marca el usuario en el menú y la encargada de hacer los cambios en el QWidget principal de acuerdo a las circunstancias que fueron mencionadas.

4.9.2.2. Clasificación de Moai

Esta componente corresponde a la herramienta que indica a qué tipo pertenece un conjunto de Moai de acuerdo a ciertos parámetros que el usuario ingresa. Está compuesta por:

- Por una interfaz gráfica que contiene:
 - Parámetros de entrada que sirven para poder hacer la clasificación de moai, los cuales son:
 - * Un QComboBox que contiene las funciones kernel.
 - * Un QSpinBox donde se señala el grado utilizado en la función kernel polynomial.
 - * Un QSpinBox donde se señala el valor de gamma en las funciones kernel polynomial, radial basis function y sigmoid.
 - * Un QSpinBox donde se señala el valor del parámetro r de las funciones kernel polynomial y sigmoid.
 - * Un QSpinBox donde se señala el valor del parámetro C que se multiplica a la sumatoria de errores que se muestra en la figura 4.21.

Para mayor detalle de estos parámetros ir a la sección 4.6.1.2.

- Un QComboBox que contiene los identificadores de los Moai cuyo tipo es desconocido
- Una tabla a donde se ingresa el conjunto de Moai de tipo desconocido que el

sistema va a clasificar. Contiene un botón para agregar un Moai a la tabla y otro botón para borrar un Moai de la tabla. También, en la tabla, el usuario indica el tipo de Moai al cual cree que pertenece.

- Un QComboBox con atributos numéricos de los Moai.
 - Una tabla donde se ingresa los atributos numéricos. Contiene un botón para agregar un atributo a la tabla y otro botón para borrar un atributo de la tabla
 - Un botón llamado Clasificar Moai que llama al método Clasificación de Moai según su tipo del Módulo de Herramientas.
- Por la clase predecirtipomoai que realiza lo descrito en el método Clasificación de Moai según su tipo del Módulo de Herramientas y crea una interfaz final que tiene las siguientes características:
 - Una tabla donde se muestra todos los Moai que el usuario seleccionó para predecir su tipo. Cada Moai es identificado por su id y el tipo al cual corresponde según la máquina de soporte vectorial creada en el método Clasificación de Moai según su tipo del Módulo de Herramientas
 - Un texto que contiene el nivel de exactitud con que se realizó la clasificación de Moai de acuerdo a su tipo.

4.9.2.3. Búsqueda entre intervalos de atributos

Esta componente permite llamar al método que realiza la búsqueda entre intervalos de atributos. Está compuesta por:

- Por una interfaz gráfica inicial que contiene los siguientes elementos:
 - Una tabla a donde se encuentran todos los atributos que el usuario seleccionó con sus respectivos intervalos.
 - Un QComboBox que contiene todos los atributos numéricos de los Moai
 - Un QSpinBox que indica el valor mínimo a buscar del atributo seleccionado en el QComboBox
 - Un QSpinBox que indica el valor máximo a buscar del atributo seleccionado en el QComboBox
 - Un botón que permite agregar a la tabla un atributo y su intervalo de búsqueda asociado.
 - Un botón que permite eliminar un elemento de la tabla.
 - Un botón para cancelar la búsqueda y otro botón para realizar la búsqueda

- Por la clase `busquedaderango` que se encarga de todos los eventos que se realizan sobre la interfaz gráfica inicial.
- La clase `mainwindow` que realiza lo descrito en el método `búsqueda` entre intervalos de atributos del Módulo de Herramientas y crea la interfaz final descrita en la sección 4.9.2.1.

4.9.2.4. Búsqueda basada en la relación de dos atributos

Esta componente permite llamar al método que hace la búsqueda de basada en la relación de dos atributos. Está compuesta por

- Por una interfaz gráfica inicial la cual tiene:
 - Un `QComboBox` donde el usuario selecciona el atributo numérico que sea aproximado al resultado de la multiplicación.
 - Un `QComboBox` donde el usuario selección el atributo numérico que es factor de la multiplicación.
 - Un `QComboBox` donde el usuario selecciona el número entero que es factor de la multiplicación
 - Un `QComboBox` con el número de grupos que quiero formar a partir del resultado
- Por la clase `busquedaderango` que se encarga de todos los eventos que se realizan sobre la interfaz gráfica inicial.
- La clase `mainwindow` que llama al método de búsqueda basada en la relación de 2 atributos del Módulo de Herramientas y crea la interfaz final descrita en la sección 4.9.2.1.

4.9.2.5. Mapa Interactivo Google Earth

Esta componente corresponde al mapa interactivo que tiene a Google Earth como mapa. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz grafica que contiene:
 - Un elemento `QWebView` que va a mostrar el mapa de la Isla de Pascua en modo Google Earth
 - Un elemento `QGLWidget` en el cual se dibuja el modelo 3d de un Moai asociado algún punto del mapa. Este modelo se puede rotar usando 3 `QSlider`.
 - Un elemento `QScrollArea` donde se despliega toda la información asociada a un

Moai.

- La clase `googleearthmapinteractivo` que realiza las funcionalidades indicadas en el Mapa Interactivo con Google Earth y Google Maps del Módulo Mapas Interactivos.

4.9.2.6. Mapa Interactivo Google Maps

Esta componente corresponde al mapa interactivo que tiene a Google Maps como mapa. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz gráfica que contiene:
 - Un elemento `QWebView` que va a mostrar el mapa de la Isla de Pascua en modo Google Maps
 - Un elemento `QGLWidget` en el cual se dibuja el modelo 3d de un Moai asociado algún punto del mapa. Este modelo se puede rotar usando 3 `QSlider`.
 - Un elemento `QScrollArea` donde se despliega toda la información asociada a un Moai.
- La clase `googlemapsmainteractivo` que realiza las funcionalidades indicadas en el Mapa Interactivo con Google Earth y Google Maps del Módulo Mapas Interactivos.

4.9.2.7. Mapa Interactivo OpenGL

Esta componente corresponde al mapa interactivo que usa OpenGL para visualizar la Isla de Pascua. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz gráfica que contiene
 - Un panel de control donde el usuario puede desplazarse en la Isla de Pascua y hacer zoom sobre ella
 - Un `QGLWidget` donde se despliega el mapa de la Isla de Pascua en modo OpenGL
 - Un elemento `QGLWidget` en el cual se dibuja el modelo 3d de un Moai asociado algún punto del mapa. Este modelo se puede rotar usando 3 `QSlider`.
 - Un elemento `QScrollArea` donde se despliega toda la información asociada a un Moai.
- La clase `openglmapainteractivo` que realiza las funcionalidades indicadas en el Mapa Interactivo con OpenGL del Módulo Mapas Interactivos.

4.9.2.8. Borrar

Esta componente permite borrar un dato en una tabla de la base de datos proyecto_estatuaria. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz Gráfica que contiene:
 - Un QComboBox que contiene una lista de tablas que provienen de la base de datos proyecto_estatuaria
 - Un QComboBox que muestra el identificador de todas las filas que hay en la tabla que selecciono el usuario
 - Una tabla que muestra toda la información que hay en la fila seleccionada.
 - Un botón que borra la fila seleccionada y un botón cancelar
- Una clase deletedatabase que realiza las funcionalidades del método Borrar Datos del Módulo Administración de Base de Datos.

4.9.2.9. Insertar

Esta componente permite insertar un dato en una tabla de la base de datos proyecto_estatuaria. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz Gráfica que contiene:
 - Un QComboBox que contiene una lista de tablas que provienen de la base de datos proyecto_estatuaria
 - Una tabla donde el usuario puede agregar un dato nuevo a la tabla seleccionada
 - Un botón que inserta la fila seleccionada y un botón cancelar
- Una clase insertdatabase realiza las funcionalidades del método Insertar Datos del Módulo Administración de Base de Datos.

4.9.2.10. Actualizar

Esta componente permite actualizar un dato en una tabla de la base de datos proyecto_estatuaria. Esta opción se divide en dos partes:

- Interfaz Gráfica que contiene:
 - Un QComboBox que contiene una lista de tablas que provienen de la base de datos proyecto_estatuaria

- Un QComboBox que muestra el identificador de todas las filas que hay en la tabla que selecciono el usuario
- Una tabla que muestra toda la información que hay en la fila seleccionada y que permite que sea editada por el usuario
- Un botón para actualizar la fila seleccionada y un botón para cancelar
- Una clase updatedatabase que realiza las funcionalidades del método Actualizar Datos del Módulo Administración de Base de Datos.

4.9.2.11. Cambiar Base de datos y actualizar datos

Esta componente cambia la base de datos que utiliza la herramienta. Está compuesta por:

- Una interfaz Gráfica que contiene un Qwidget donde le indica al usuario si desea cambiar la base de datos o no.
- Una clase switchdabatase que esta asociada a los eventos de la interfaz gráfica
- La clase mainwindow que realiza lo indicado en el método Cambiar base de datos y actualizar datos del Módulo Administración de Base de Datos y modifica las ubicaciones de los Moai en el mapa que se encuentra en la ventana principal descrita en la sección 4.9.2.1.
- Una opción que actualiza los valores mínimo y máximo de los atributos usados en el filtro búsqueda entre intervalos de atributos.

5. Validación de la solución

Dado que los datos reales de los Moai y sus respectivos atributos entregados por el Departamento de Antropología para validar la herramienta son pocos, se generaron datos ficticios basados en la información del paper "The Moai as Archaeological Feature"[1] y de las tablas 5.1 y 5.2.

Cantera Interior N°3	Orientación Cabeza/Base	Posición	Largo total	Largo cuerpo	Ancho Hombros	Ancho Base	Largo Cabeza	Ancho corona	Ancho mentón	Fase de tallado
Moai N° 5	NNW/SSE	Supina	4.20 m*	3.10 m	1.40 m*	1.50 m	—	—	—	5
Moai N° 6	SSE/NNW	Supina	5.40 m	3.40 m	—	1.43 m	2.15 m	1.76 m	1.21 m	7
Moai N° 7	SSE/NNW	Supina	4.45 m	2.80 m	1.80 m	1.75 m	1.86 m	1.38 m	1.20 m	7
Moai N° 8	S/N	Supina	3.00 m*	—	—	—	2.50 m	1.26 m	1.22 m	7
Moai N° 9	SSE/NNW	Supina	7.40 m*	4.90 m	2.30 m	2.14 m	2.70 m*	—	1.45 m	—
Moai N° 10	NW-SE	Supina	4.60 m	2.64 m	2.18 m	2.10 m	1.96 m	1.26 m	1.24 m	6

Tabla 5.1: Tabla que contiene algunos Moai con datos de sus atributos

Ademas, de acuerdo a la tabla 5.2, se toma en consideración la información de los siguientes atributos:

- Localización: Corresponde a la ubicación en la que se encontraron las estatuas registradas. Las ubicaciones pueden adquirir los siguientes valores:
 - Ahu: Un Ahu es una plataforma ceremonial de la Isla de Pascua, donde se rendía culto a los ancestros, por ende, este término señala si el Moai se encontraba en Ahu.
 - Cantera: Indica si el Moai está localizado en las canteras de Rano Raraku.
 - Transporte: Esta categoría define a la estatuaria que se encuentra entre Rano

Cuadrantes	Estatuas	Material				Localización			
		Toba de Rano Raraku	Escoria	Traquita	Basalto	Cantera	Transporte	Ahu	Intermedio
2	18	16	1	-	1	1	-	17	-
3	15	13	-	2	-	-	-	9	6
4	3	1	-	1	1	1	-	1	1
5	17	16	1	-	-	-	1	14	2
6	28	28	-	-	-	-	-	28	-
7	43	42	1	-	-	-	2	32	9
8	19	15	4	-	-	-	2	13	14
9	4	1	2	-	1	2	-	1	1
10	5	3	-	-	2	1	1	1	2
11	10	9	1	-	-	-	2	1	7
12	39	38	1	-	-	-	12	26	1
13	60	60	-	-	-	-	23	30	7
14	69	68	1	-	-	-	1	49	19
18	14	8	6	-	-	-	1	-	13
26	4	3	-	-	1	-	1	3	-
30	19	18	-	-	1	1	-	15	3
31	5	5	-	-	-	-	1	4	-
32	5	5	-	-	-	-	1	4	-
33	9	8	-	-	1	-	-	9	-
34	15	15	-	-	-	-	-	14	1
Poike	21	5	-	16	-	-	-	17	4
Rano Raraku	396	396	-	-	-	347	45	1	3
Total	818	772	19	19	8	353	92	288	85

Tabla 5.2: Estatuas registradas: Distribución, Material y Localización

Raraku y un Ahu dado y que tiene las cuencas de sus ojos de forma no uniforme.

– Intermedio: Este término esta definido como una de las siguientes situaciones:

- * Si la estatua llegó a Ahu, pero nunca se levantó.
- * Si la estatua se levantó y se movió lejos de un Ahu (se encontró en otros sitios arqueológicos).
- * Si la estatua se levantó y se movió desde un Ahu hacia otros sitios.

• Material: Corresponde al material de las estatuas. Los valores que puede tomar este atributo son:

- Toba de Rano Raraku: Indica si la estatua fue tallada en toba volcánica (roca que se forma a partir de la actividad volcánica) en las canteras del volcán Rano Raraku.
- Escoria: Indica si la estatua fue tallada en piedra rojiza o escoria volcánica de la cantera de Puna Pau. La escoria es una parte del material aéreo expulsado por un volcán, son fragmentos de lava vaporosa que al solidificarse forman rocas porosas.
- Traquita: Indica si la estatua fue tallada sobre traquita blanca que es la lava blanquecina que viene de la montaña Poike.
- Basalto: Indica si la estatua fue tallada en basalto que es una roca volcánica. El basalto es la roca volcánica más común y abundante en la superficie terrestre.

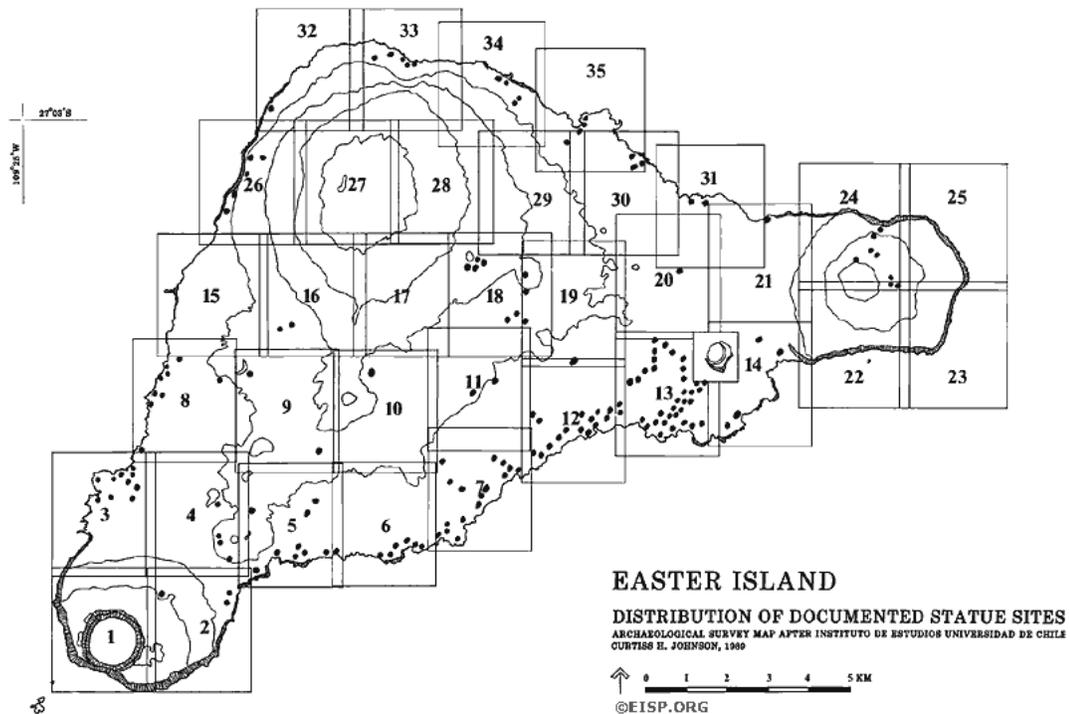


Figura 5.1: Cuadrantes de la Isla de Pascua.

A partir de la información entregada, solo se generaron datos ficticios referentes al largo total, largo cabeza, ancho hombros, ancho base y material de un Moai en los cuadrantes 3, 13, 14 y 33 (ver figura 5.1). El resultado de la generación de los datos de testing en la base de datos validacion_proyecto_estatuaria es el siguiente:

- Datos en los cuadrantes 3 y 33: En el cuadrante 3 hay 15 Moai y en el cuadrante 33 hay 6 Moai. La altura de los Moai en el cuadrante 3 esta entre 1.0 y 4.2 metros y en el cuadrante 33 esta entre 2.0 y 4.0 metros. En estos cuadrantes, no se generó información relacionada con el largo cabeza, el ancho hombros, el ancho base y el material de un Moai.
- Datos en el cuadrante 13: En este cuadrante hay 43 Moai que tienen el largo total entre 2 y 12 metros. Además, hay 13 Moai que tienen el largo cabeza entre 1,7 y 2,9 metros como se puede observar en la tabla 5.3. No se generó información relacionada el ancho hombros y el ancho base de un Moai.
- Datos en el cuadrante 14: En este cuadrante hay 39 Moai que tienen el largo total entre 1,3 y 5,6 metros. Además, hay 5 Moai que tienen el ancho de hombros entre 1,42 y 2,28 metros y el ancho de la base entre 1,4 y 2,10 metros como se puede observar en la tabla 5.4. No se genero información relacionada el largo cabeza de un Moai.
- Material de un Moai: Para este atributo, solo se generó información en los cuadrantes 13 y 14. El material de todos los Moai existentes en los cuadrantes 13 y 14 es toba de Rano Raraku, por ende, el valor que se asocio a estos Moai es 1 debido a que este es el id de toba de Rano Raraku en la tabla Material en la base de datos

Identificador del Moai	Largo total del Moai	Largo cabeza del Moai
112	4,4	1,7
111	4,5	1,8
110	4,45	1,86
125	4,6	1,96
98	7	2,1
81	5,5	2,15
109	3	2,5
115	3	2,5
91	7,4	2,7
124	3,3	2,8
84	8	2,9
122	3,4	2,9
97	7,6	2,9

Tabla 5.3: Información ficticia relacionada con el largo total y el largo cabeza de un conjunto de Moai

Identificador del Moai	Ancho de hombros de un Moai	Ancho base de un Moai
53	1,42	1,4
64	1,8	1,75
65	1,8	1,75
66	2,18	2,1
78	2,18	2,1

Tabla 5.4: Información ficticia relacionada con el ancho de hombros y el ancho base de un conjunto de Moai

validacion_proyecto_estatuaria (ver sección 4.3)

Con la información ficticia creada, se realizaron las siguientes pruebas para validar la herramienta:

- Prueba 1: Buscar aquellos Moai cuyo largo total se encuentra entre [7...12] con *búsqueda entre intervalos de atributos* y comprobar que el material de los Moai encontrados sea de toba de Rano Raraku.
- Prueba 2: Luego de realizar la prueba 1, se busca aquellos Moai cuyo largo total sea aproximadamente igual a 3 veces el largo de cara con *búsqueda basada en la relación de 2 atributos*.
- Prueba 3: Buscar aquellos Moai cuyo largo total se encuentre entre [1...12] con *búsqueda entre intervalos de atributos*
- Prueba 4: Luego de realizar la prueba 3, se busca aquellos Moai cuyo ancho de hombros sea aproximadamente igual al ancho de base con *búsqueda basada en la relación de 2 atributos*.

Identificador del Moai	Largo Total/Largo Cabeza
112	2,588235294
111	2,5
110	2,392473118
125	2,346938776
98	3,333333333
81	2,558139535
109	1,2
115	1,2
91	2,740740741
124	1,178571429
84	2,75862069
122	1,172413793
97	2,620689655

Tabla 5.5: Información de la relación largo total y largo cabeza de un conjunto de Moai

Las pruebas que se realizaron no consideran la opción Clasificación de Moai según su tipo ya que utiliza las máquinas de soporte vectorial que son un conjunto de algoritmos que permiten deducir una función a partir de datos de entrenamiento. Si no se tiene un conjunto de datos de entrenamiento suficiente y apropiado, no se va a poder generar una función que predice a que tipo pertenece un Moai con un error mínimo asociado.

Una vez finalizada las pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Resultado Prueba 1: Como se puede observar en la figura 5.2, el resultado de la prueba 1 esta en lo correcto ya que se encontraron 14 Moai que tienen el largo total entre 7 y 12 metros y se encuentran en la zona sur cercana a Rano Raraku y no en las zonas nortes costeras. Además, como se puede apreciar en la figura 5.3, el material de todos los Moai encontrados en toba de Rano Raraku.
- Resultado Prueba 2: Según la figura 5.4, se encontraron 4 Moai donde el largo de la cara cabe 3 veces aproximadamente en el largo total, lo cual, está en lo correcto de acuerdo a los datos de las tablas 5.3 y 5.5.
- Resultado prueba 3: El resultado que se puede apreciar en la figura 5.5 señala que se encontraron 103 Moai cuyo largo total esta entre 1 y 12 metros, lo cual, está en lo correcto ya que corresponde a la cantidad total de Moai con información ficticia que se generaron en los cuadrantes 3, 13, 14 y 33.
- Resultado prueba 4: Resultado Prueba 4: Según la figura 5.6, se encontraron 5 Moai cuyo ancho de hombros es aproximadamente igual al ancho base en la zona cercana a Rano Raraku. De acuerdo a las tablas 5.4 y 5.6, el resultado de esta prueba esta en lo correcto debido a que se solo se genero información ficticia relacionada con el ancho hombros y ancho base en el cuadrante 14.

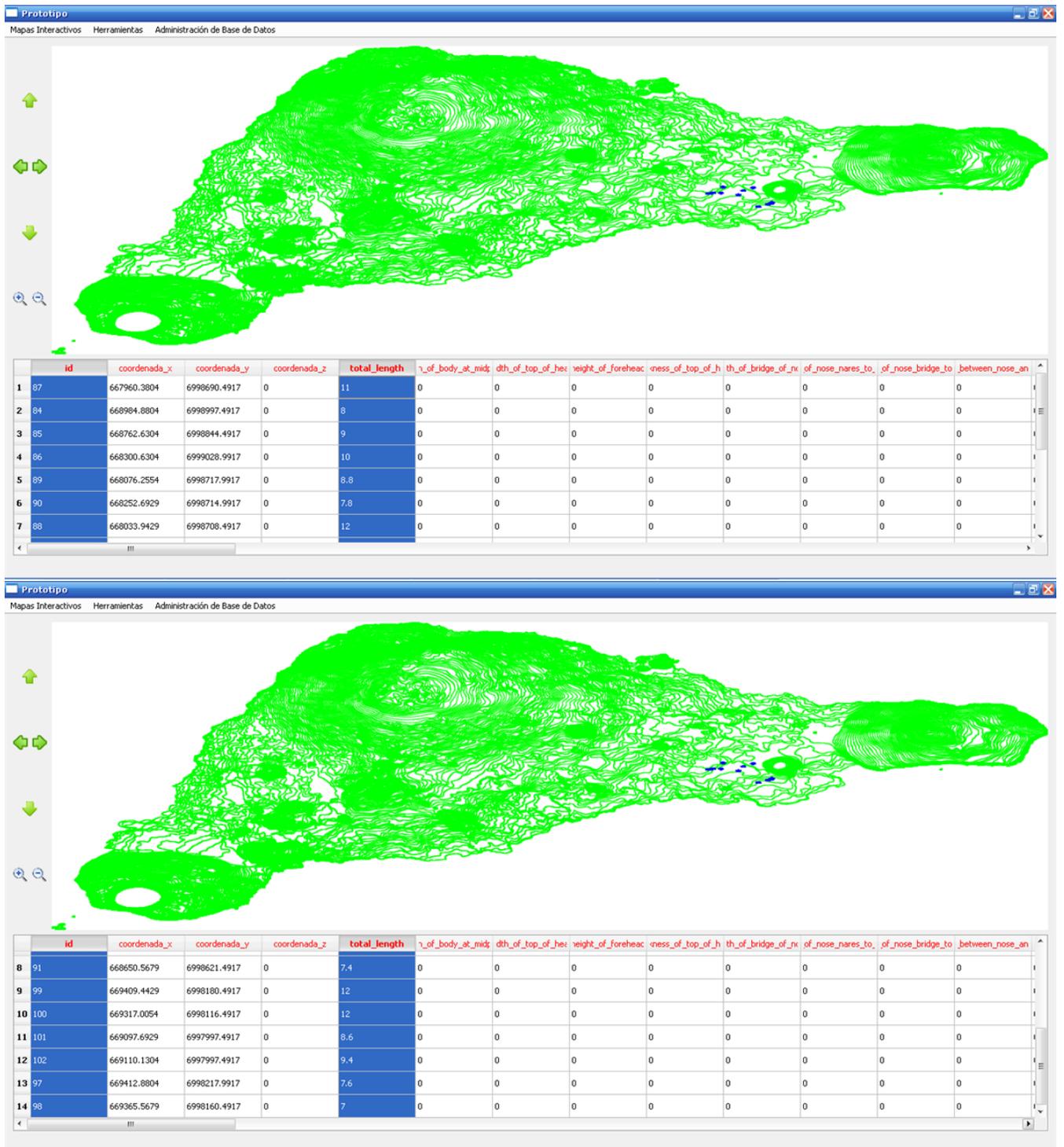


Figura 5.2: Resultado prueba 1

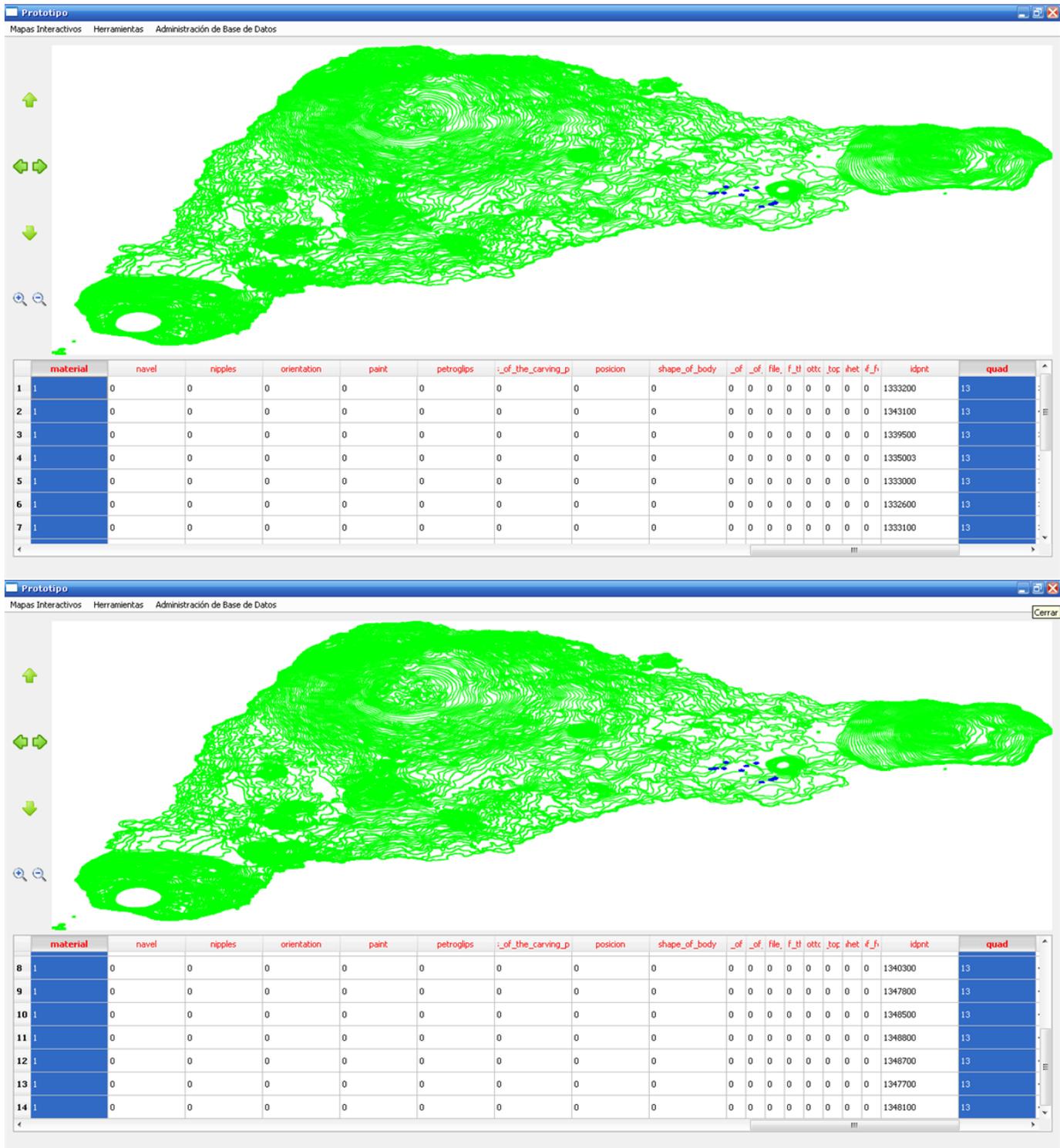


Figura 5.3: Material de los Moai encontrados al realizar la prueba 1

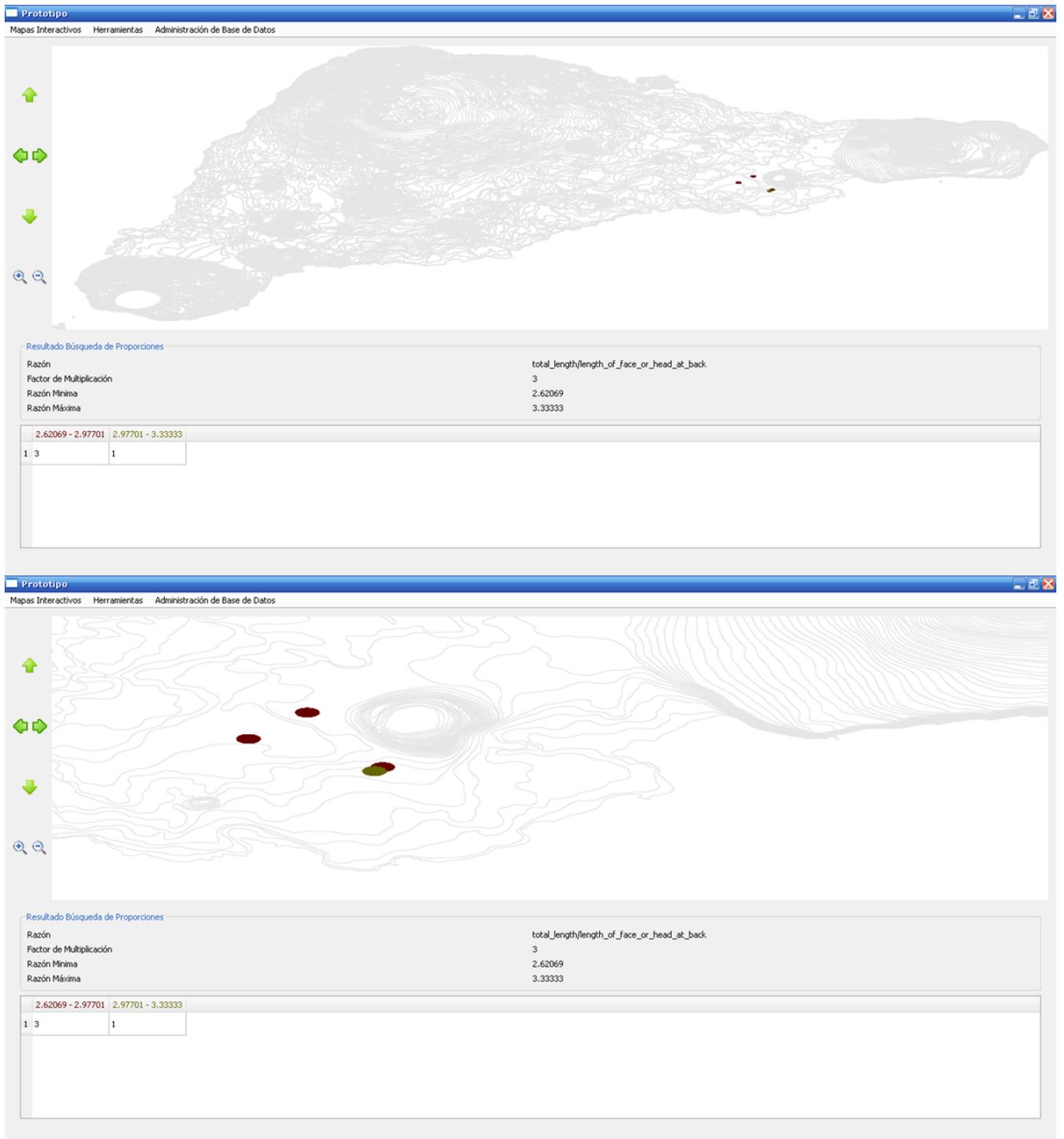


Figura 5.4: Resultado prueba 2

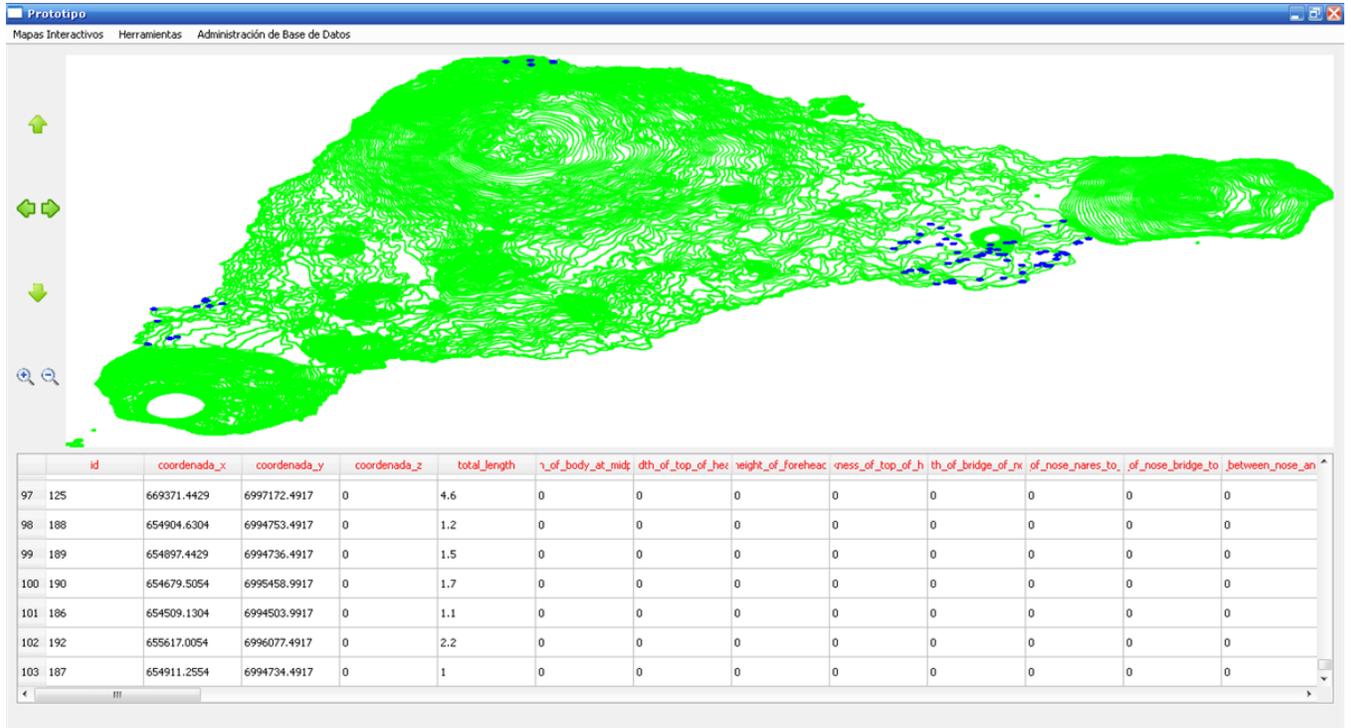


Figura 5.5: Resultado prueba 3

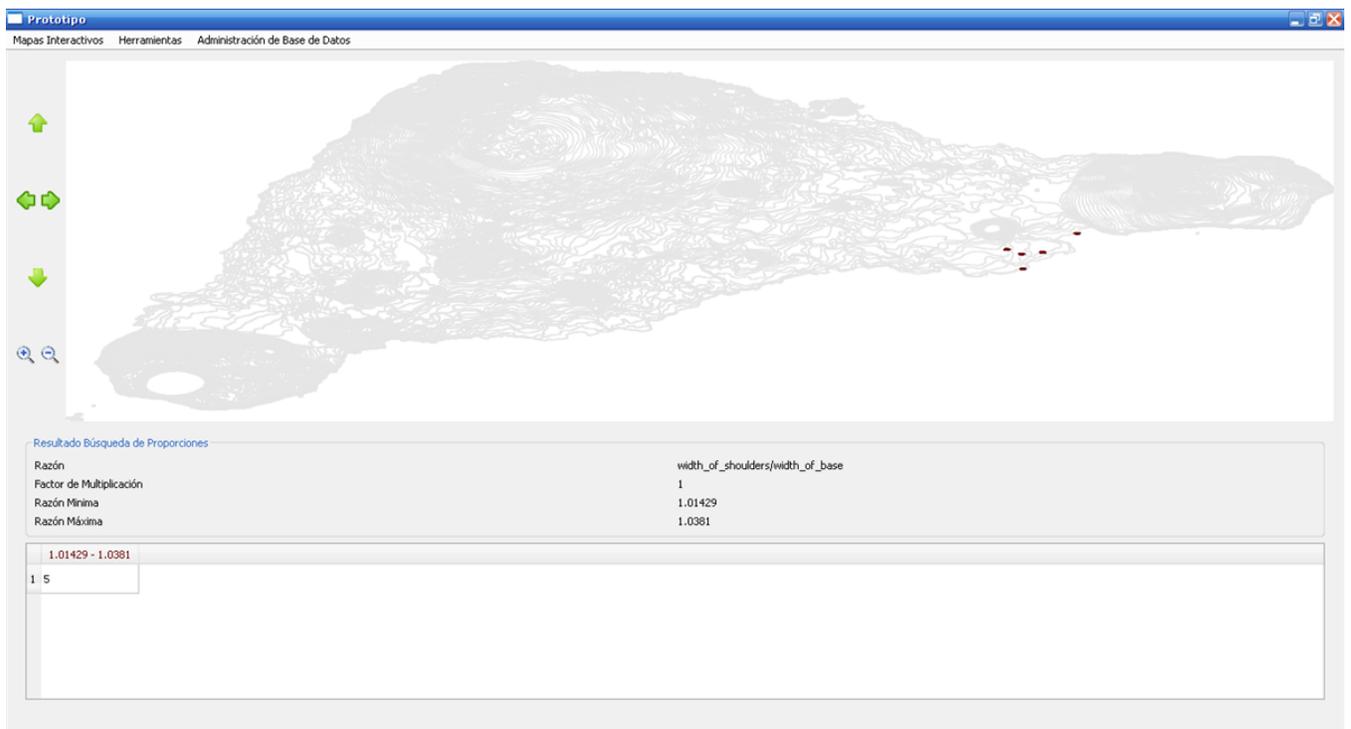


Figura 5.6: Resultado prueba 4

Identificador del Moai	Ancho de hombros/Ancho base
53	1,014285714
64	1,028571429
65	1,028571429
66	1,038095238
78	1,038095238

Tabla 5.6: Información de la relación ancho de hombros y ancho base de un conjunto de Moai

6. Conclusiones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

Durante el transcurso del trabajo, se diseñó e implementó una herramienta de escritorio para visualizar y analizar la información del proyecto estatuaría Isla de Pascua de una manera gráfica e interactiva ya sea para propósitos educativos o de investigación.

Para el desarrollo de la herramienta se utilizó el lenguaje de programación C++, la librería Qt para la creación de las interfaces gráficas y el software Qt Designer para el diseño de estas. Además, se investigaron e utilizaron técnicas para realizar diversas tareas dentro de la herramienta. Dichas tareas se enfocaron en temas vinculados tanto en campos de la informática como en campos de la antropología, dentro de las cuales, destacan las siguientes:

1. Visualización de las coordenadas geográficas de los Moai a través de Google Earth/Google Maps/OpenGL.
2. Creación de un mapa de la Isla de Pascua a partir de un archivo Shapefile usando OpenGL y la librería Shapefile C.
3. Generación de un modelo 3D de un Moai por medio de la reconstrucción de una superficie desde una nube de puntos con Meshlab y Photosynth.
4. Búsquedas personalizadas que permiten apoyar de manera gráfica los estudios relacionados con el proyecto Estatuaría Isla de Pascua.
5. Clasificación de un Moai de acuerdo a su tipo usando una maquina de soporte vectorial y la librería LIBSVM.
6. Creación y administración de una base de datos en la cual se va a albergar una enorme cantidad de datos antropológicos.

Para validar la herramienta, se realizaron pruebas sobre datos ficticios que fueron creados basándose en la información entregada por el Departamento de Antropología debido a que se entregaron pocos datos reales. De acuerdo a las pruebas realizadas, los filtros búsqueda entre intervalos de atributo y búsqueda de proporciones entregaron los resultados esperados.

Cabe mencionar que la investigación realizada en esta memoria puede generar un trabajo

cooperativo e interdisciplinario entre Computación y Antropología ya que las tecnologías usadas pueden ayudar a otros estudios de Antropología a través de distintas formas como por ejemplo la computación gráfica o la visualización de datos.

6.2. Trabajo futuro

El trabajo realizado puede ser mejorado en los siguientes aspectos:

- Probar con datos reales la funcionalidad Clasificación de Moai por tipo. Para eso, se debe ingresar en la base de datos un conjunto de 20 Moai como mínimo de cada tipo. Una vez que se ingresen todos los datos relacionados con el catastro de Moai, se tiene que modificar la herramienta para que use solo la base de datos con datos reales.
- Para fines prácticos, los atributos numéricos de un Moai están medidos en metros, por ende, se espera que más adelante los atributos numéricos consideren otras medidas de longitud.
- En el módulo de herramientas, agregar métodos que incorporen atributos no numéricos tales como material, forma de la cabeza y petroglíficos.
- Investigar la existencia de otras herramientas que permitan crear una nube de puntos a partir de un objeto fotografiado y ver cual es la más conveniente.
- Investigar si hay otros métodos para disminuir la nube de puntos y ver cual es más óptimo en Meshlab
- Investigar si hay otros métodos para reconstruir una superficie desde una nube de puntos y ver cual es más óptimo en Meshlab
- Investigar si hay otros software parecidos a Meshlab y ver cual es el más conveniente.
- Generar un archivo KML desde un archivo Shapefile y subirlo a Google Sites/Google Fusion Tables de forma automática desde la herramienta y visualizar los cambios enseguida.
- Indicar el modelo 3D de un Moai a través de la herramienta en los distintos mapas.
- Guardar el resultado de la búsqueda entre intervalos de atributos, la búsqueda basada en la relación de 2 atributos y la clasificación de Moai por tipo.
- Permitir borrar, crear o actualizar de forma automática una enorme cantidad de datos desde la herramienta.
- Realizar una reingeniería sobre la herramienta debido a que existen procesos que se repiten y código fuente que no se utiliza.

Bibliografía

- [1] Vargas Casanova, P., 1988. Easter Island Statue Type. Part One: The Moai as Archaeological Feature. *First International Congress: Easter Island and East Polynesia. Volume 1, Archaeology, 133-149*. U. de Chile, Instituto de Estudios Isla de Pascua. Santiago.
- [2] Photosynth www.photosynth.net
- [3] Meshlab www.meshlab.sourceforge.net
- [4] Quantum GIS www.qgis.org
- [5] Google Maps API www.developers.google.com/maps/
- [6] Google Earth API www.developers.google.com/earth/
- [7] OpenGL www.opengl.org
- [8] LIBSVM www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/
- [9] QT www.qt-project.org/
- [10] Google Sites www.sites.google.com
- [11] Google Fusion Tables www.tables.googlelabs.com
- [12] Postgresql www.postgresql.org/
- [13] TreeSteamMeshGenerator www.thesis.uchile.cl/handle/2250/104953
- [14] Synth de Moai en Rano Raraku www.photosynth.net/view.aspx?cid=3c2daf90-cdcc-42fb-a91f-8e3f2057af21
- [15] Synth de Moai en Tongariki www.photosynth.net/view.aspx?cid=5b1c3b96-61aa-4771-8a77-c38eb065e337
- [16] *Object-Oriented Software Engineering: Practical Software Development using UML and Java Second Edition* Timothy C. Lethbridge and Robert Laganière

A. Anexo: Lista de atributos y posibles valores que pueden adquirir

Tabla A.1: Tabla que contiene los atributos del Moai y los valores que pueden adquirir

Atributo	Valor
Location	Interior Slope
Position	Vertical
Orientation	SSE / NNW
Material	Rano Raraku
Phases of the carving process	Delimitation of a block
Total Length	3,10 m
Width of body at midpoint	1.40 m
Width of top of head	1.76 m
Thickness of top of head	Not recorded, feature incomplete
Shape of top of head	Ovoid
Height of forehead	2,15 m
Shape of forehead	Convex
Width of bridge of nose	Not recorded, broken
Width of nose (Nares to nares)	Not recorded, broken
Width of nose (Bridge to base)	Not recorded, broken
Shape of profile of the nose	Not recorded, feature incomplete
Distance between nose and mouth	Not recorded, feature incomplete
Length of lips	Not recorded, feature incomplete
Width of lips	Not recorded, feature incomplete
Distance between mouth and chin	Not recorded, feature incomplete
Width of face at medial	Not recorded, feature incomplete
Width of face at jaw	Not recorded, feature incomplete
Length of face (or head at back)	Not recorded, feature incomplete
Distance from top of head to jaw	Not recorded, feature incomplete
Shape of head	Vertically rectangular
Length of body of ear	Not recorded, feature incomplete
Length of lobe of ear	Not recorded, feature incomplete
Total length of ear	Not recorded, feature incomplete
Thickness of ear at top	Not recorded, feature incomplete

Tabla A.1

Atributo	Valor
Thickness of lobe	Not recorded, feature incomplete
Width of ear	Not recorded, feature incomplete
Length of neck	Not recorded, feature incomplete
Width of neck	Not recorded, feature incomplete
Length of torso	Not recorded, feature incomplete
Width of shoulders	Not recorded, feature incomplete
Width of body at midpoint	Not recorded, feature incomplete
Thickness of body	Not recorded, feature incomplete
Shape of body	Vertically rectangular
Length of arms	Not recorded, feature incomplete
Width of arms at midpoint	Not recorded, feature incomplete
Width of base	Not recorded, feature incomplete
Thickness of base	Not recorded, feature incomplete
Shape of the base	Ovoid
Shape of the bottom of the base (Angle)	Plane
Nipples	Presence of feature
Distance from chin to nipple	Not recorded
Navel	Presence of feature
Hami	Absence of feature
Length of hami	Absence of feature
Upper width of hami	Absence of feature
Lower width of hami	Absence of feature
Shape of hami	Absence of feature
Hands	Presence of feature
Width of hands	1,0 m
Taheta	Absence of feature
Petroglips	Presence of feature
Cupules	Absence of feature
Paint	Presence of feature
Beard	Presence of feature
Lenght of beard	1,0 m
Width of beard	1,0 m
Circumference of body at midpoint	Not recorded
Thickness of Arms	Not recorded
Depth of shoulders	Not recorded
Circumference of neck	Not recorded
Length of septum	Not recorded
Depth of neck at shoulders	Not recorded
Height of eye socket right	Not recorded
Height of eye socket left	Not recorded
Width of eye socket right	Not recorded
Width of eye socket left	Not recorded
Depth of eye socket right	Not recorded
Depth of eye socket left	Not recorded

Tabla A.1

Atributo	Valor
Depth of Mouth	Not recorded
Width of ear lobe	Not recorded
Length of fingers (from wrist to middle digit) right hand	Not recorded
Length of fingers, left hand	Not recorded
Length of thumb	Not recorded

B. Anexo: Diagrama de Bases de Datos

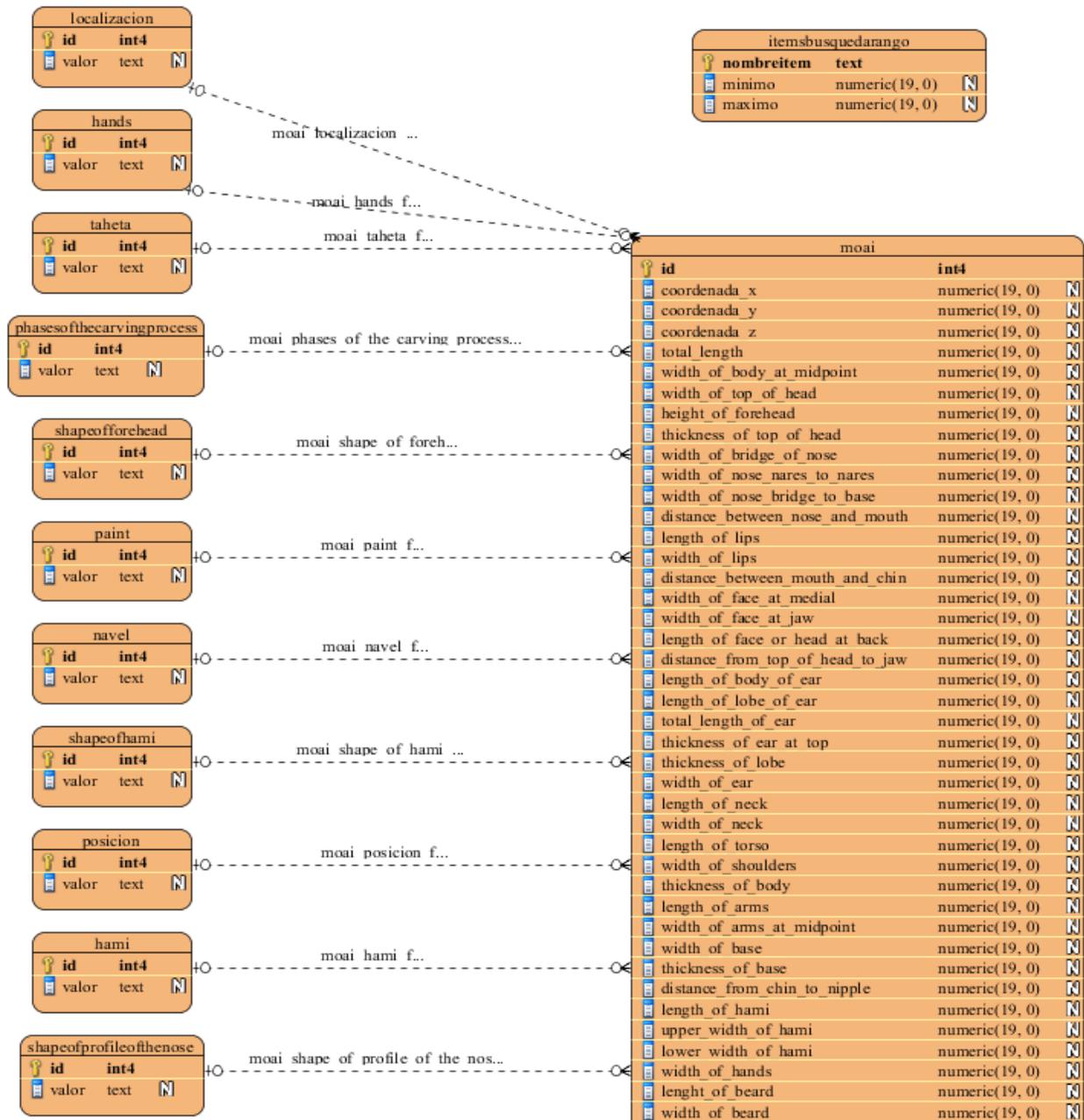


Figura B.1: Diagrama de la base de datos parte 1

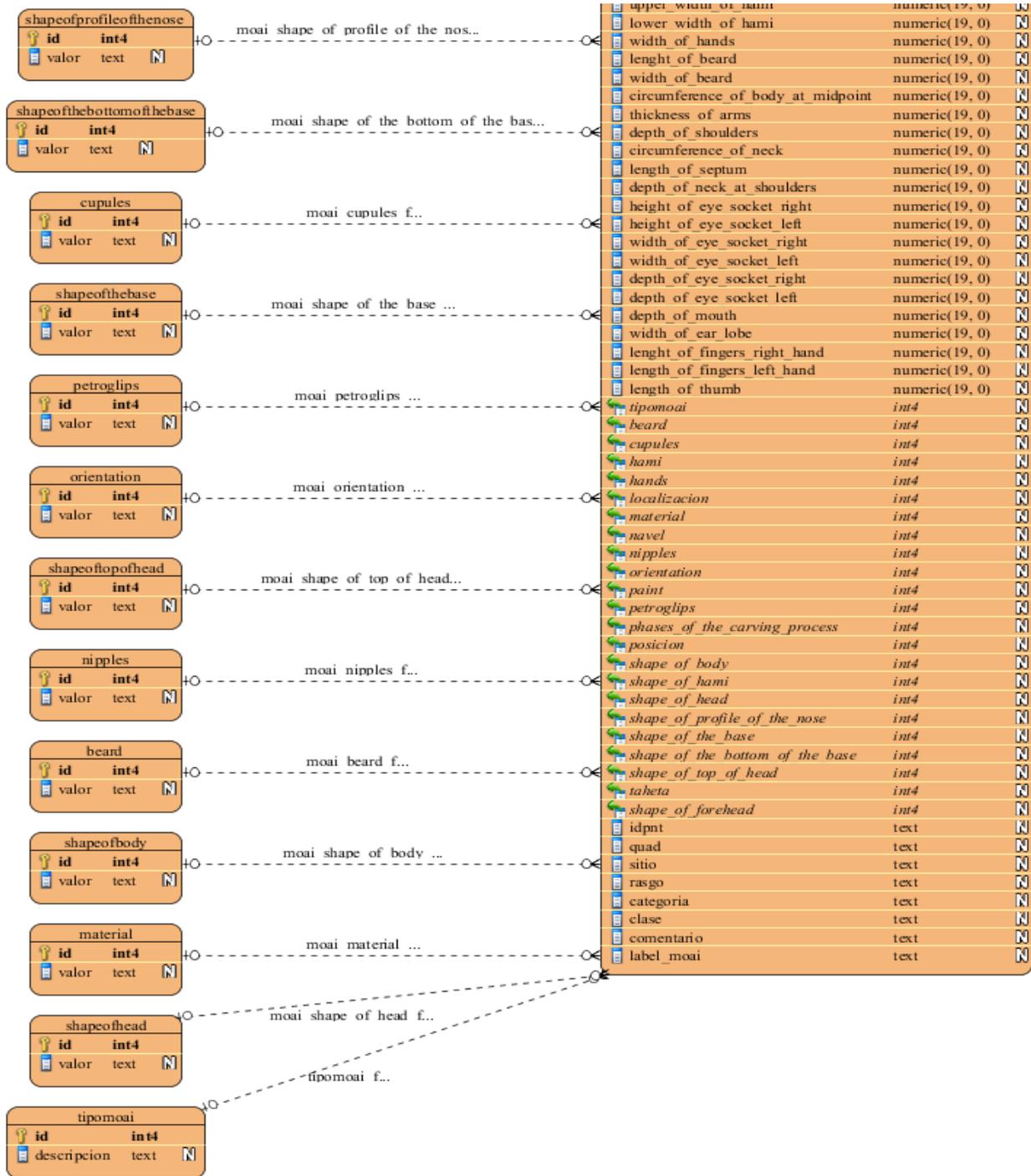


Figura B.2: Diagrama de la base de datos parte 2

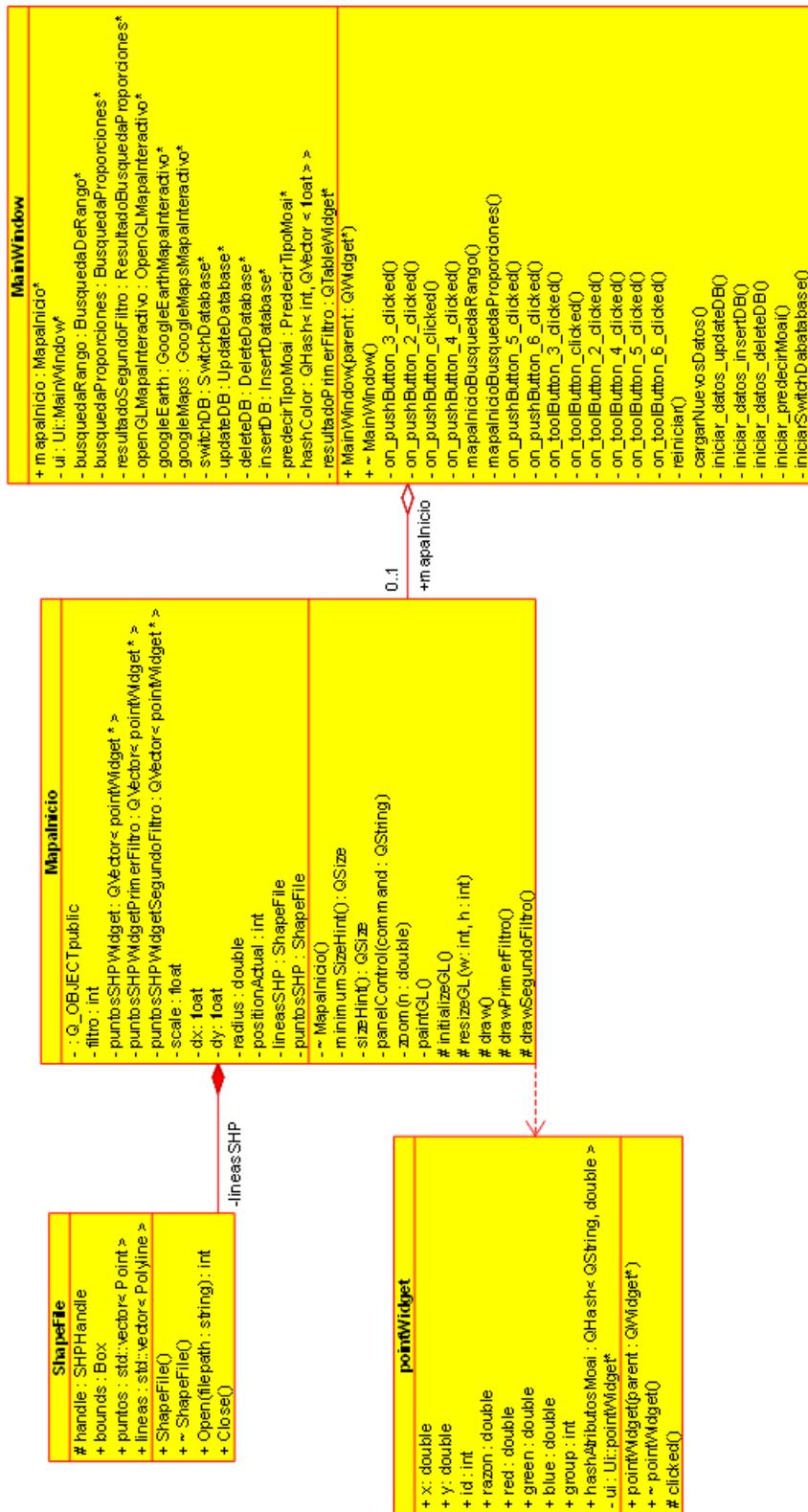


Figura C.2: Diagrama detallado de las clases que crean el mapa de la isla de pascua que se encuentra en la ventana principal

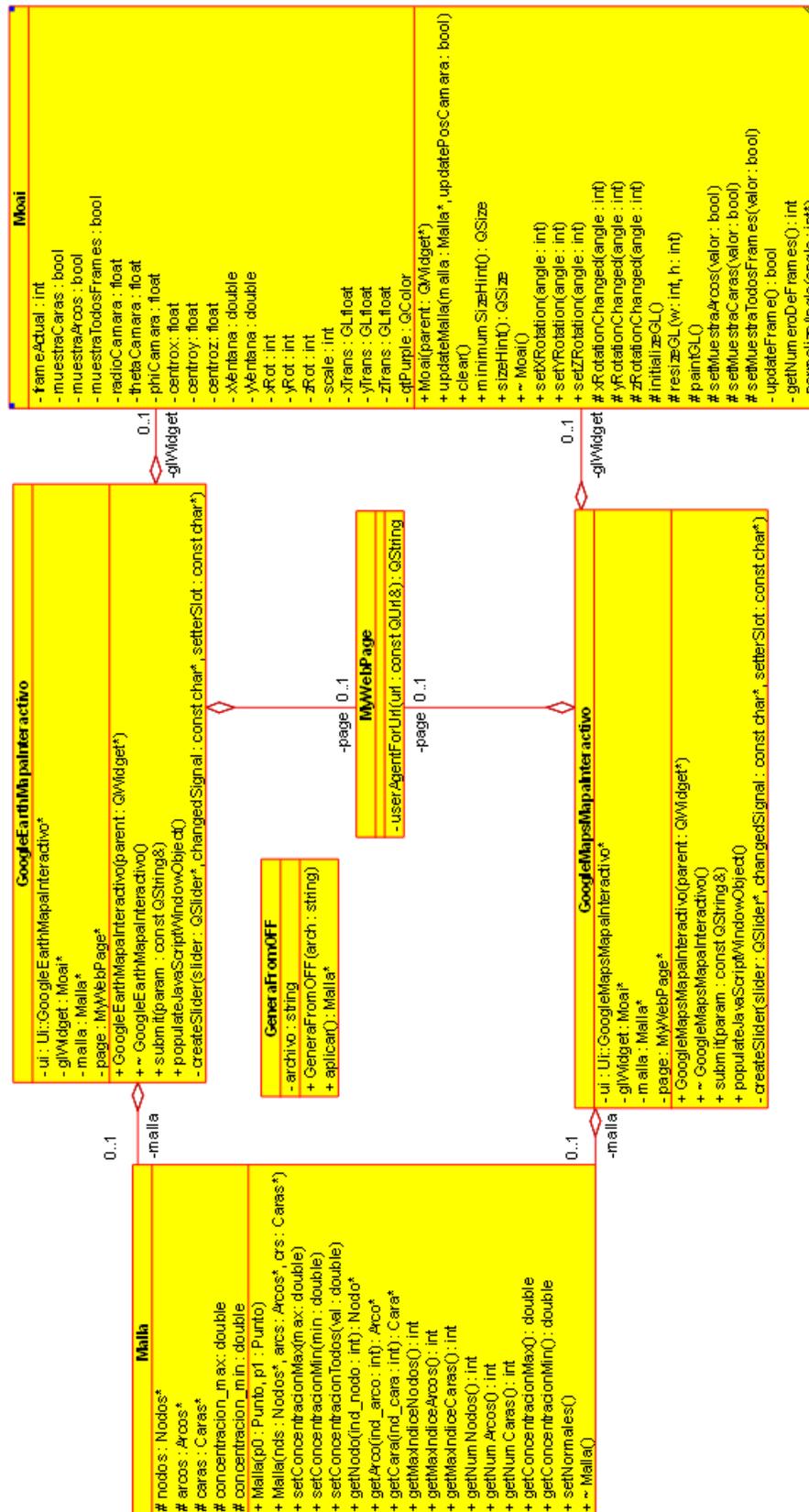


Figura C.4: Diagrama detallado de las clases que crean los mapas interactivos con Google Earth y Google Maps

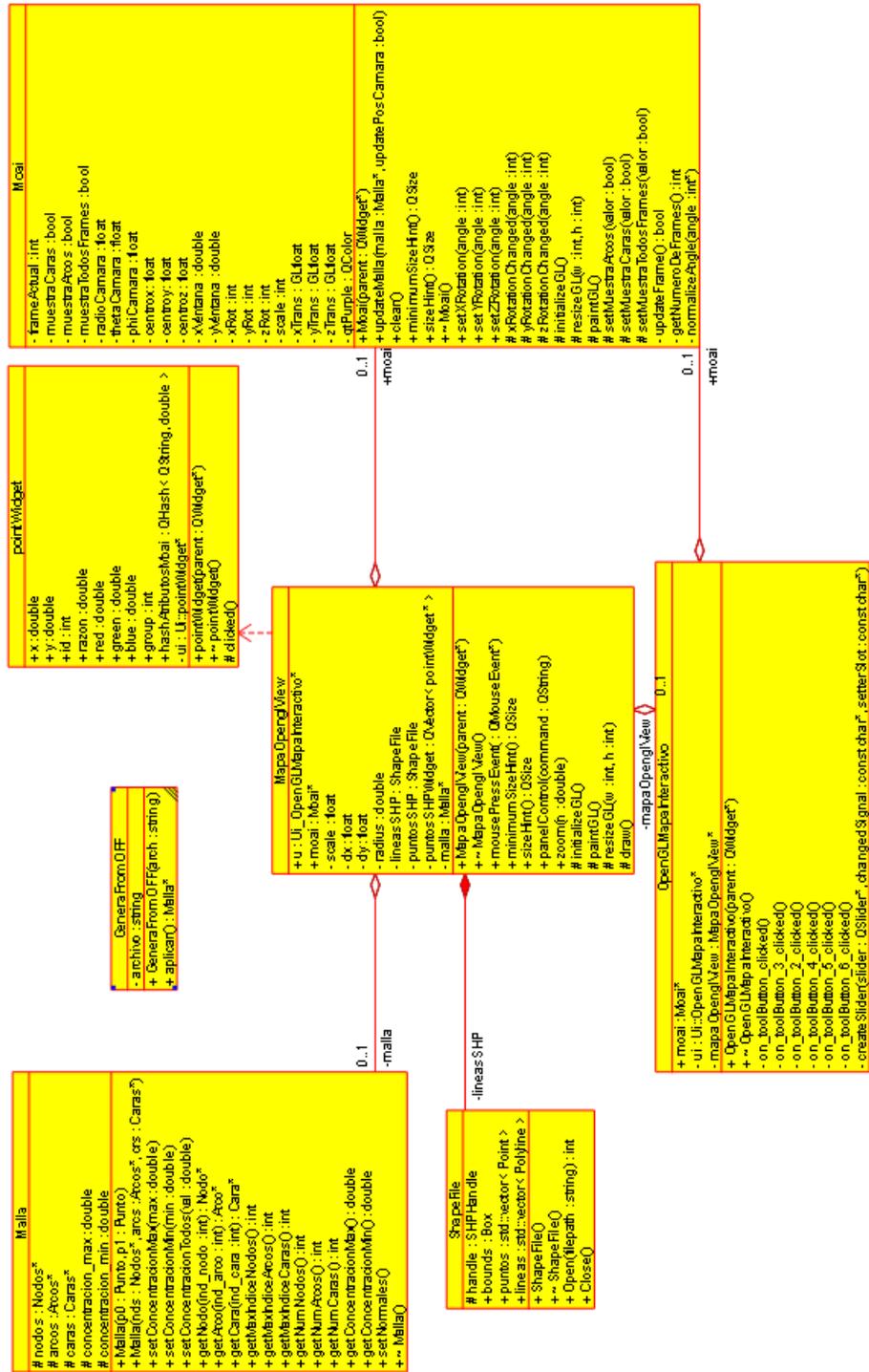


Figura C.5: Diagrama detallado de las clases que crean el mapa interactivo con OpenGL

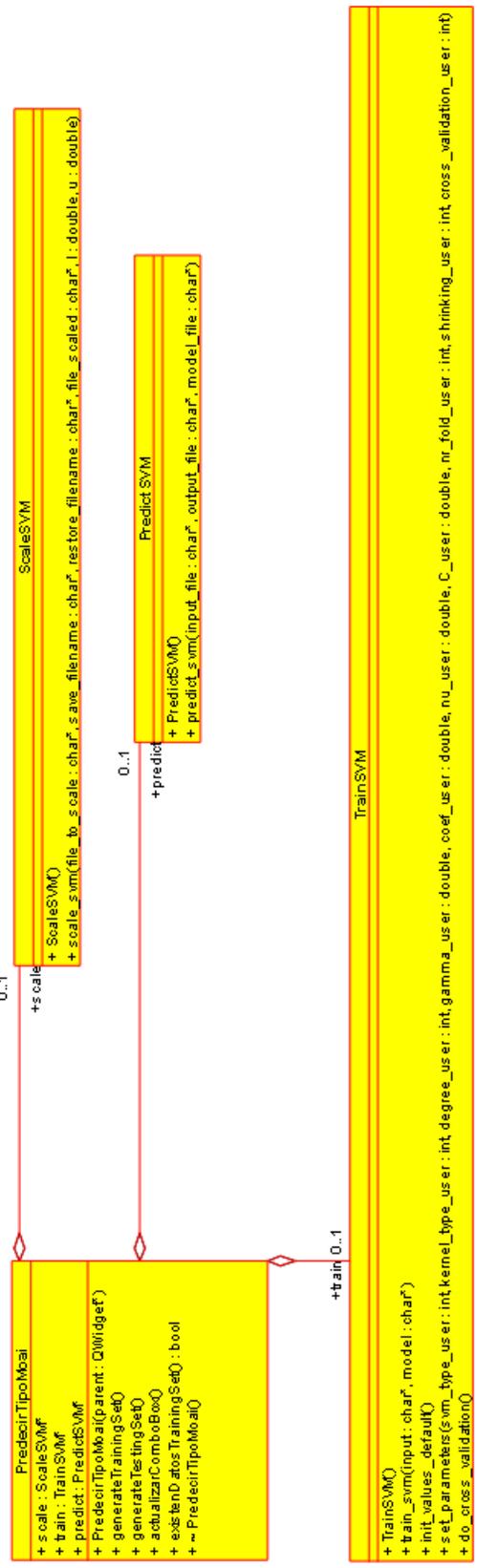


Figura C.6: Diagrama detallado de las clases involucradas en la clasificación de un Moai según su tipo

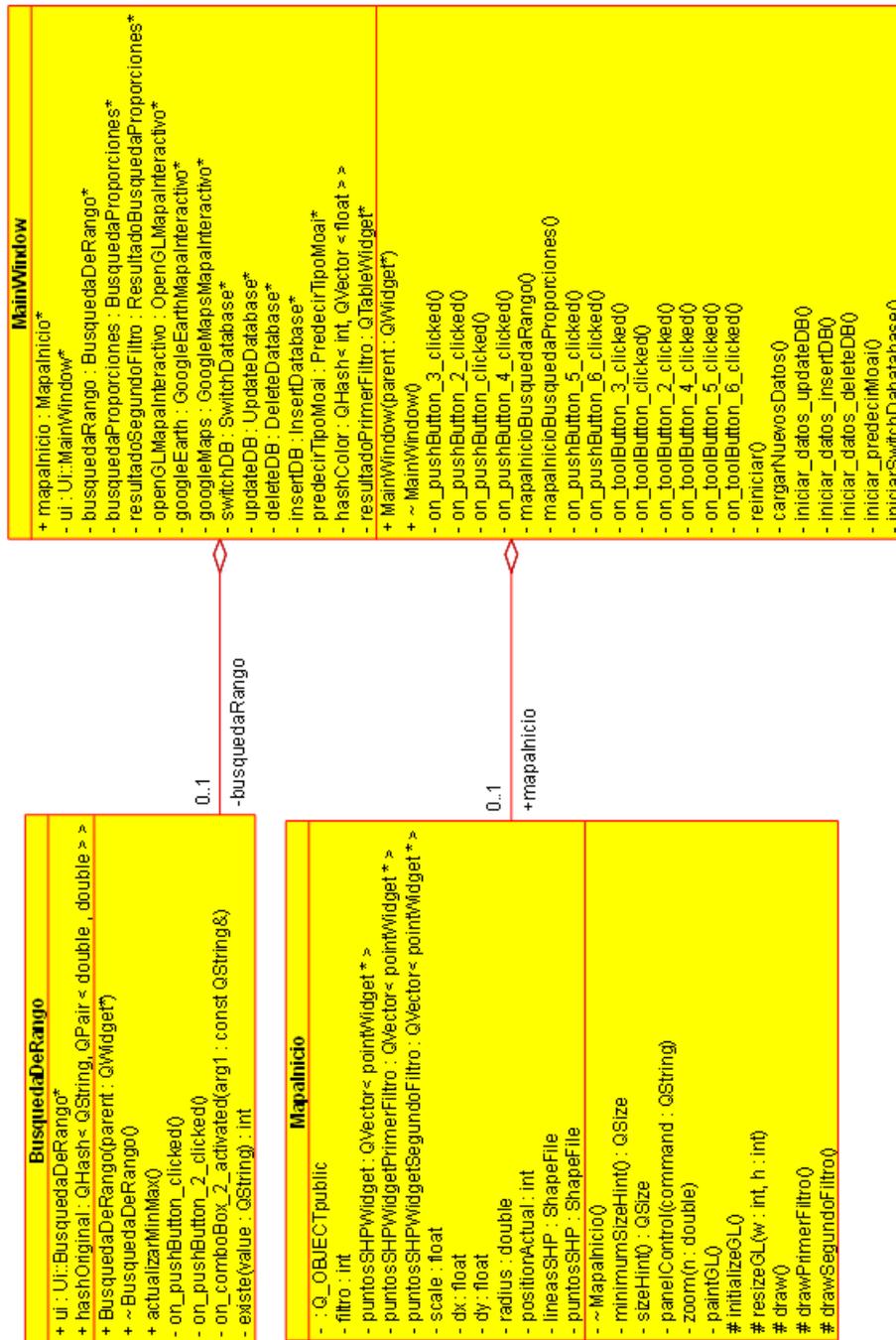


Figura C.7: Diagrama detallado de las clases involucradas en la búsqueda entre intervalos de atributos

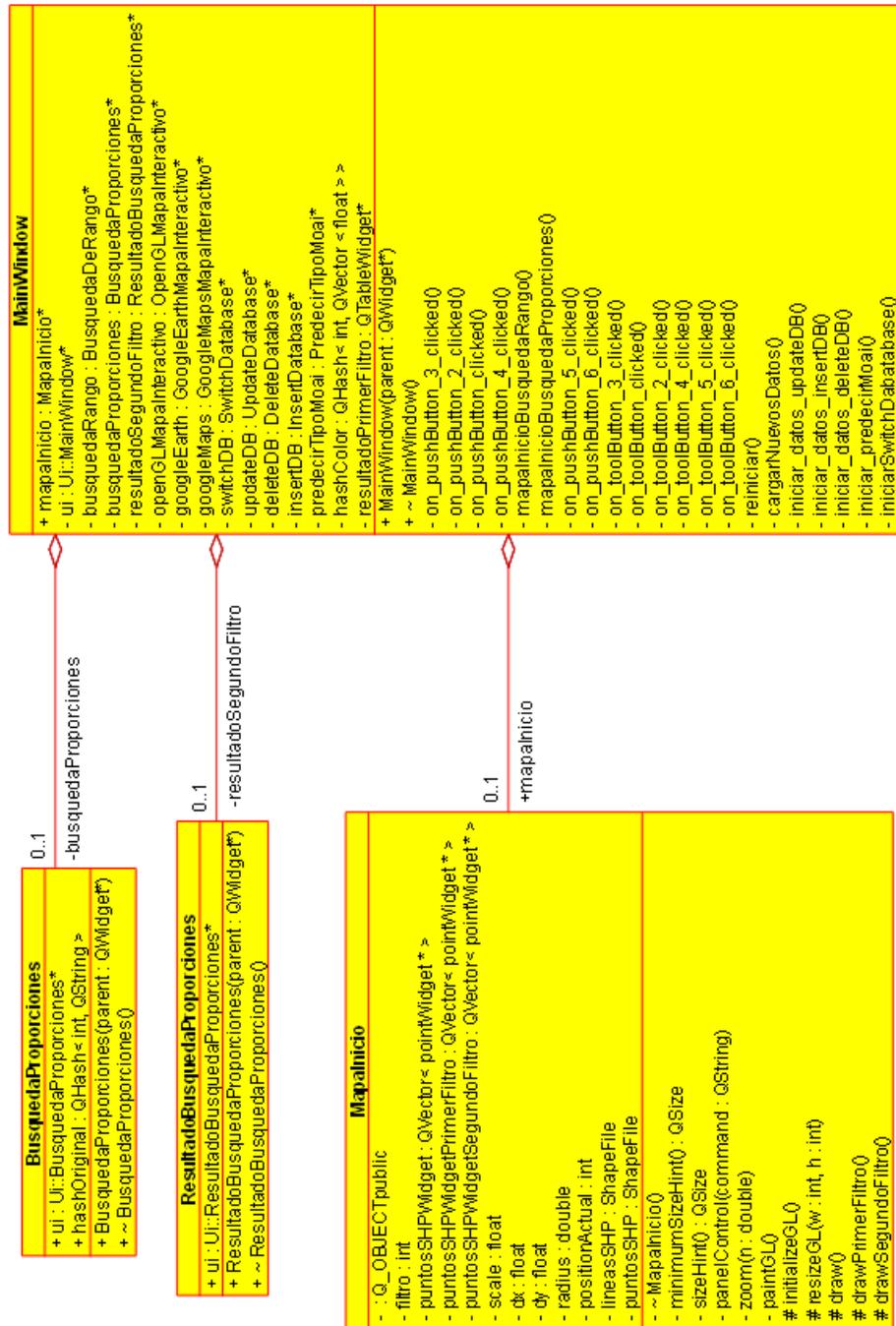


Figura C.8: Diagrama detallado de las clases involucradas en la búsqueda basada en la relación de dos atributos

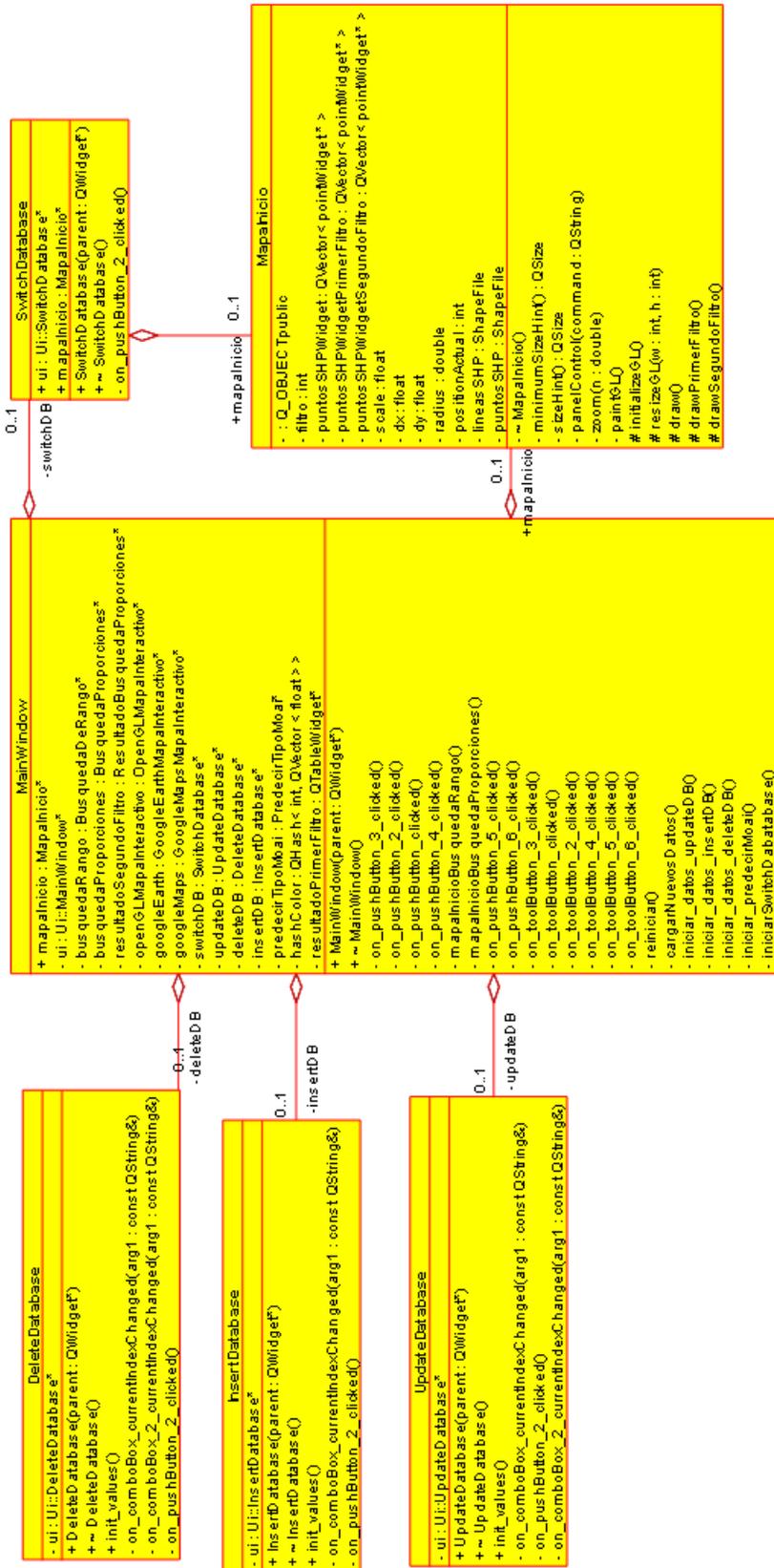


Figura C.9: Diagrama detallado de las clases involucradas con la manipulación de la base de datos

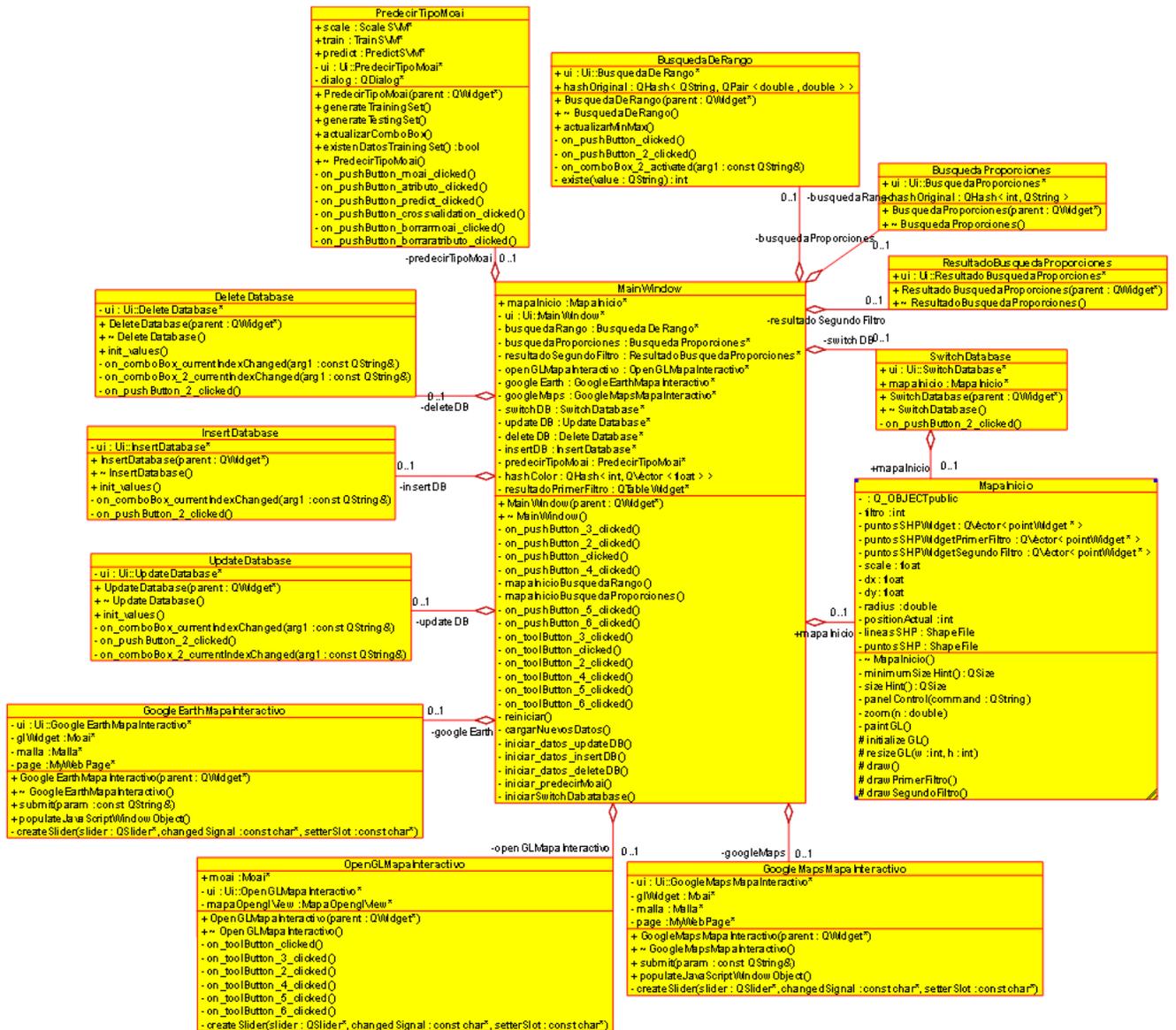


Figura C.10: Diagrama detallado de las clases que componen la ventana principal

D. Anexo: Interfaces gráficas

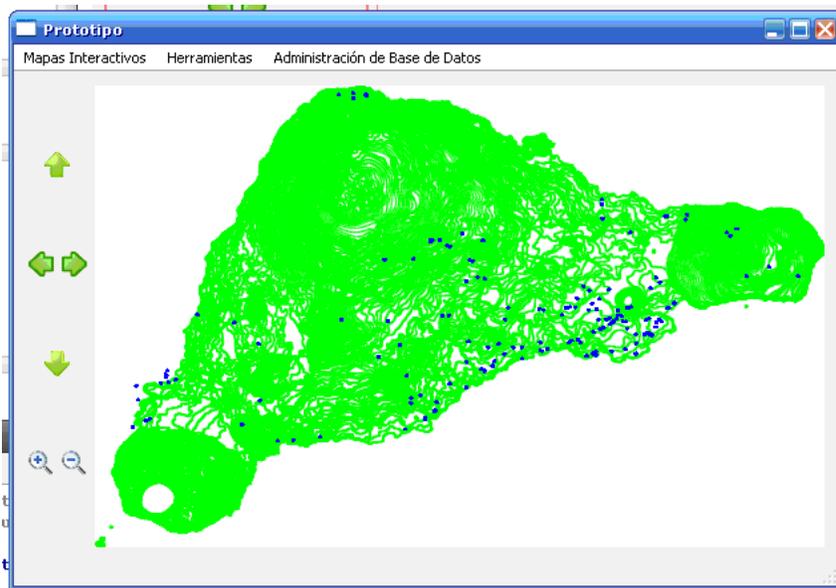


Figura D.1: Ventana Principal Inicio



Figura D.2: Interfaz del método Búsqueda entre intervalos de atributos

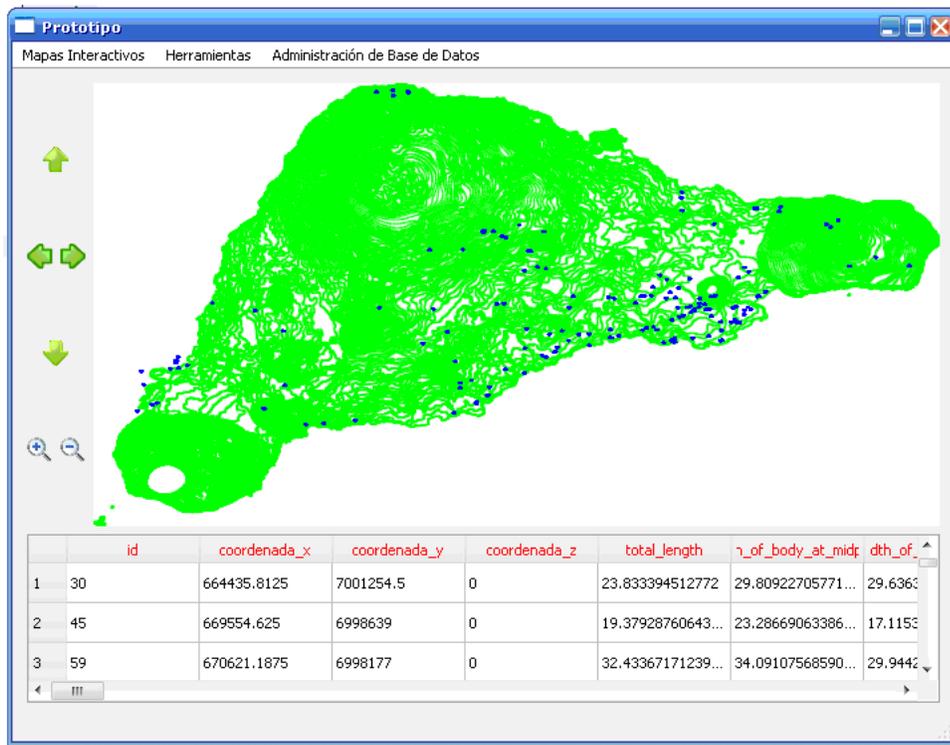


Figura D.3: Interfaz del resultado de Búsqueda entre intervalos de atributos

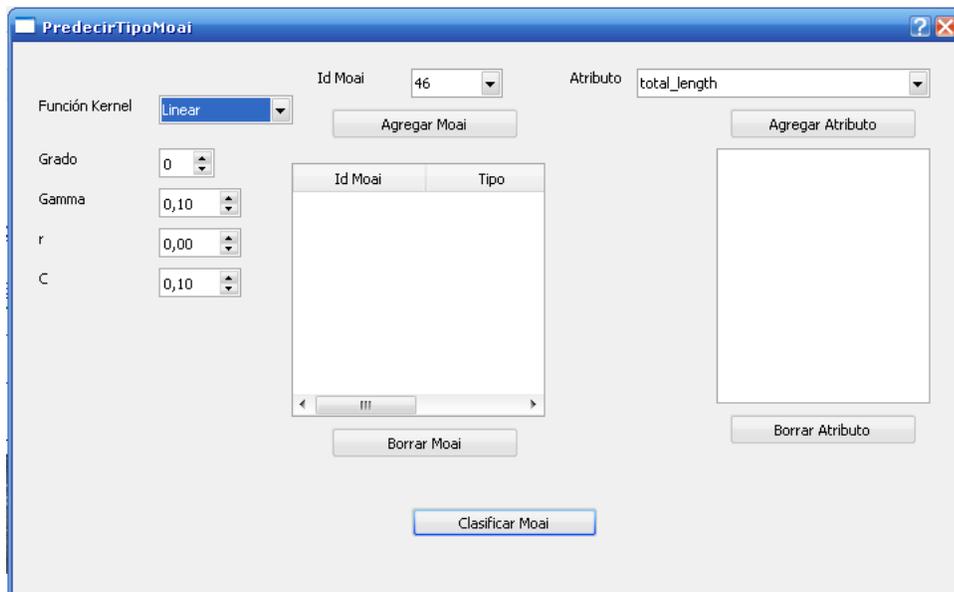


Figura D.4: Interfaz del método Clasificación de Moai según su tipo.

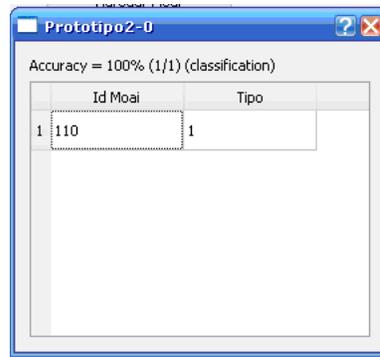


Figura D.5: Interfaz del resultado de Clasificación de Moai según su tipo.

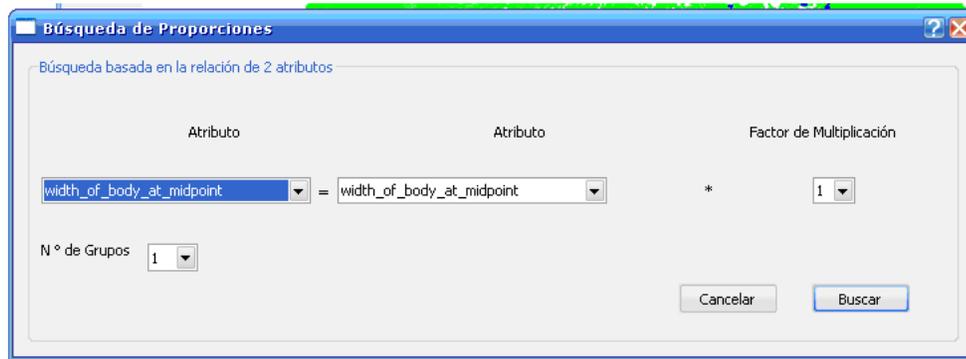


Figura D.6: Interfaz del método de Búsqueda basada en la relación de 2 atributos.

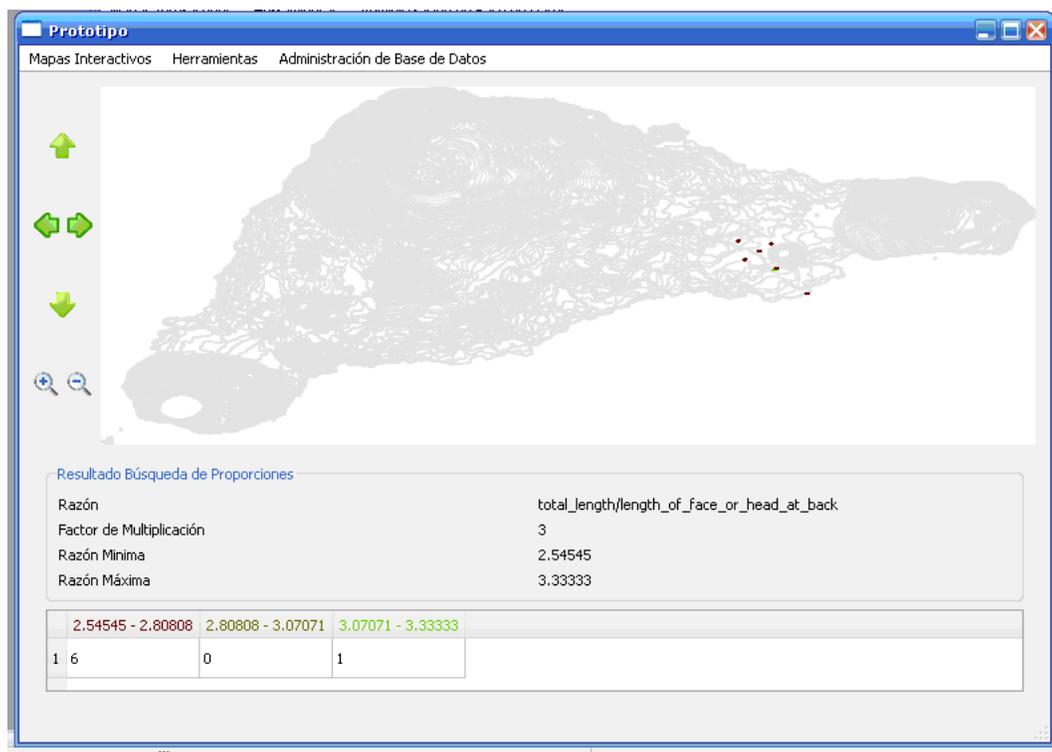


Figura D.7: Interfaz del resultado de Búsqueda basada en la relación de 2 atributos.

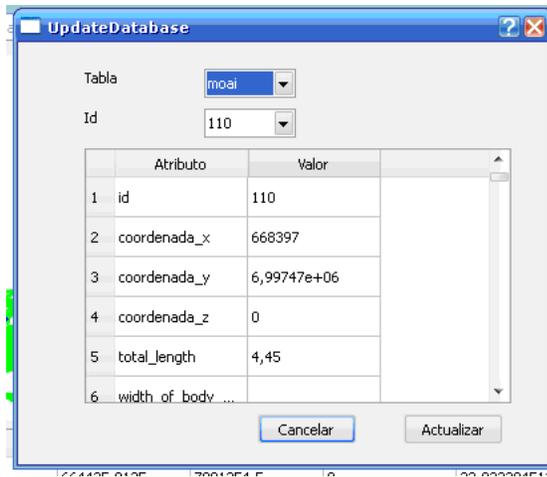


Figura D.8: Interfaz de la opción Actualizar Datos.

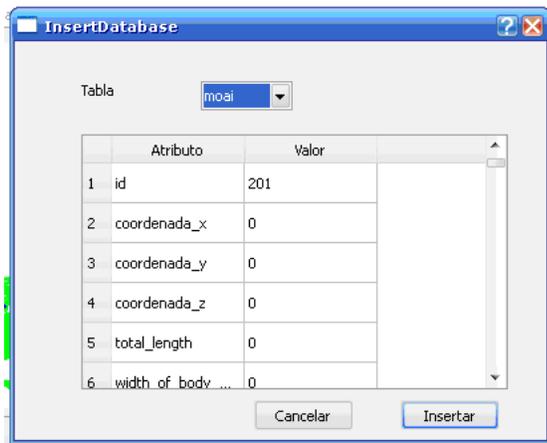


Figura D.9: Interfaz de la opción Insertar Datos.

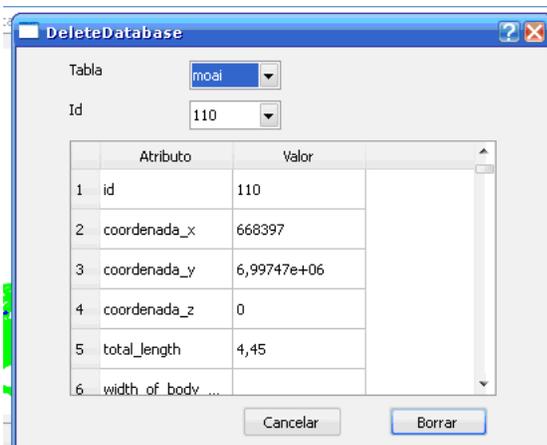


Figura D.10: Interfaz de la opción Borrar Datos.

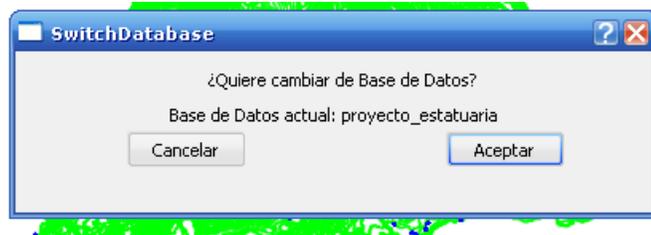


Figura D.11: Interfaz de la opción Cambiar Base de Datos.

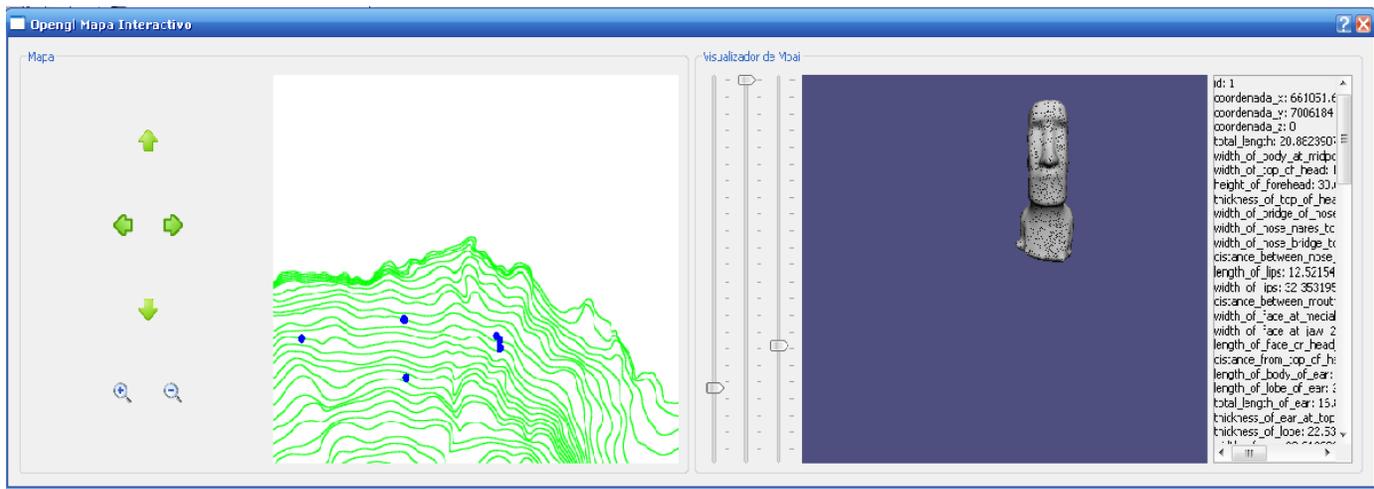


Figura D.12: Interfaz de la opción Mapa Interactivo con OpenGL.

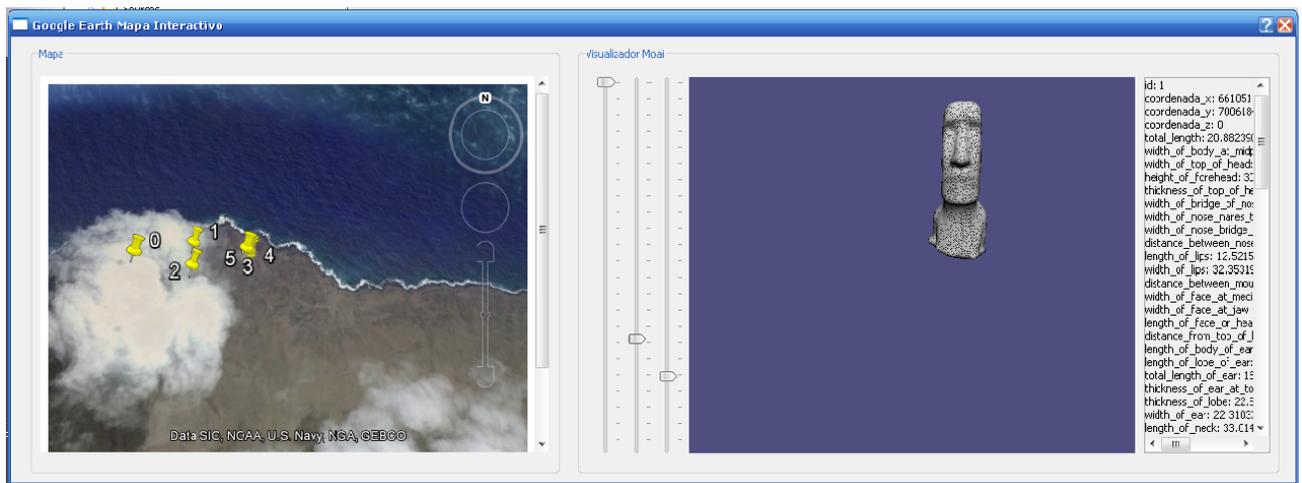


Figura D.13: Interfaz de la opción Mapa Interactivo con Google Earth.

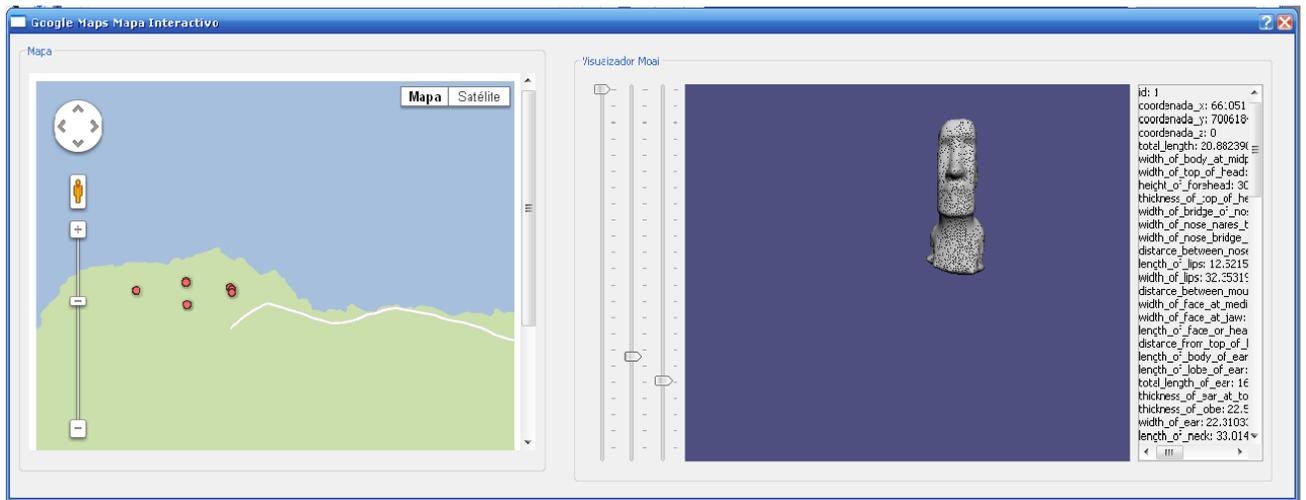


Figura D.14: Interfaz de la opción Mapa Interactivo con GoogleMaps.

E. Anexo: Procedimiento para generar datos geográficos para Google Earth

Para realizar este procedimiento, se selecciona la opción Añadir Capa Vectorial para abrir el archivo Shapefile con la información geográfica de los Moai en Quantum GIS. Con la opción Conjunto de Datos que se aprecia en la figura E.1 se indica la ruta a donde se encuentra el archivo Shapefile. Las demás opciones conservan sus valores por defecto.

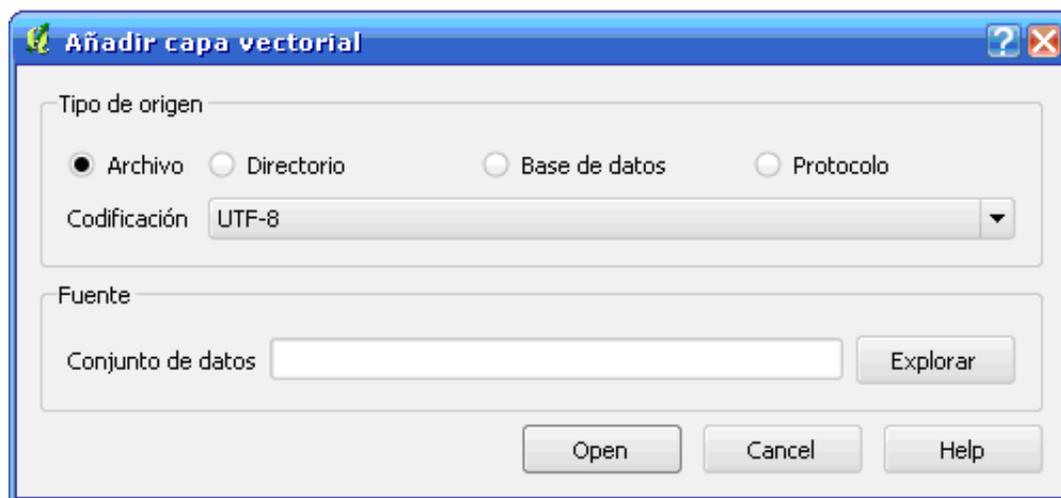


Figura E.1: Opción Añadir capa vectorial de Quantum GIS

Después de aceptar, se abre el Selector de Sistema de Referencia de Coordenadas que se aprecia en la figura E.2 y se selecciona el Sistema de coordenadas proyectadas WGS72BE/UTM zone 12s que corresponde a la zona a donde se encuentra la ubicación de la Isla de Pascua en el Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.

Con los datos geográficos de los Moai en Quantum GIS, se selecciona la tabla de atributos asociada a la información geográfica que se añadió. La tabla de atributos corresponde a la información adicional que esta asociada al archivo Shapefile que contiene la información geográfica de los Moai (ver sección 2.1.1) y que se visualiza en formato de plantilla como se observa en la figura E.3.

Para asociar un punto que describe la ubicación geográfica de un Moai en el archivo KML con el número identificador de un Moai registrado en la base de datos validacion_proyecto_estatuaria, se utiliza la calculadora de campos que se observa en la figura E.4

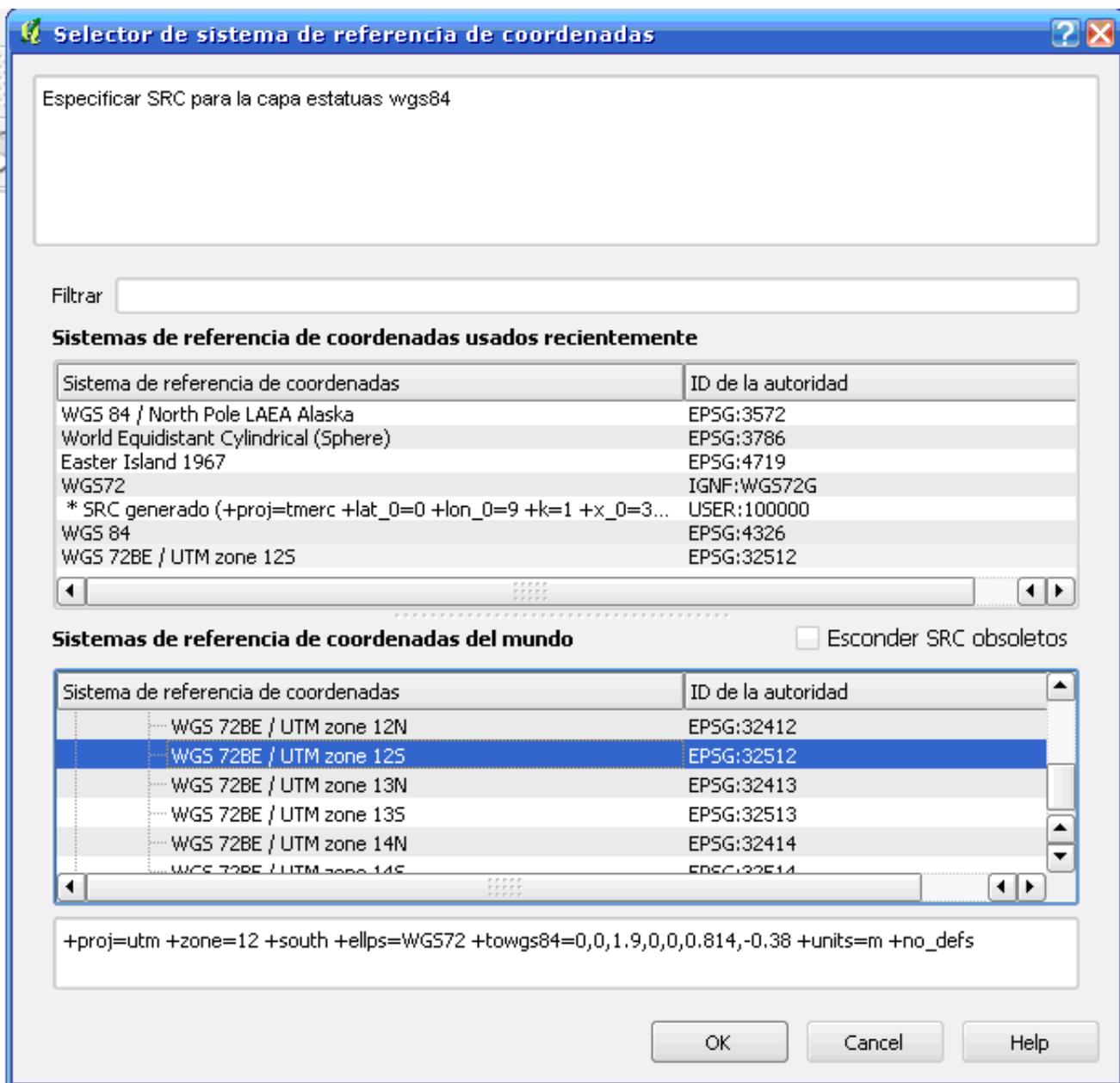


Figura E.2: Opción Selector de sistema de referencia de coordenadas de Quantum GIS

y se realiza lo siguiente:

- Crear un nombre de campo de salida llamado ID cuyo tipo es un entero.
- Seleccionar de la lista de funciones la opción registro. Luego, se selecciona el valor \$id que indica el identificador de cada punto del Shapefile. El valor de \$id corresponde al valor del identificador asociado a un Moai registrado en tabla Moai de la base de datos validacion_proyecto_estatuaria (ver sección 4.3)
- Una vez realizado los pasos anteriores, se guarda los cambios realizados sobre la tabla de atributos.

	IDPNT	LABEL	QUAD	SITIO	RASGO	CATEGORIA	CLASE	COMENTAR
0	3329402	33-294b	33	294	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
1	3326002	33-260b	33	260	b	ESTATUAS	ESTATUA	TROZO
2	3325701	33-257a	33	257	a	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
3	3320104	33-201d	33	201	d	ESTATUAS	ESTATUA	BASE
4	3318702	33-187b	33	187	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
5	3318602	33-186b	33	186	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
6	3107902	31-079b	31	079	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
7	3112102	31-121b	31	121	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
8	3112103	31-121c	31	121	c	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
9	3104700	31-047	31	047	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
10	3108000	31-080	31	080	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
11	2407700	24-077	24	077	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	FRAGMENTO (
12	2408002	24-080b	24	080	b	ESTATUAS	ESTATUA	FRAGMENTO (
13	2410400	24-104	24	104	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	FRAGMENTO (
14	2301003	23-010c	23	010	c	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
15	2204802	22-048b	22	048	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
16	2203402	22-034b	22	034	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
17	2128100	21-281	21	281	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
18	2121100	21-211	21	211	NULL	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
19	2106102	21-061b	21	061	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
20	2106103	21-061c	21	061	c	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
21	2105902	21-059b	21	059	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL
22	2108802	21-088b	21	088	b	ESTATUAS	ESTATUA	NULL

Figura E.3: Tabla de atributos de un archivo shapefile visto en Quantum GIS

Para generar el archivo KML con la información geográfica de los Moai y la tabla de atributos modificada que se encuentra en Quantum GIS, se selecciona la opción guardar capa vectorial como... (ver figura E.5) y se realiza lo siguiente:

- Indicar en la opción Formato el valor Keyhole Markup Language.
- En guardar como, se indica donde se guarda el archivo KML.
- En fuentes de datos se coloca NameField=ID. Cada punto del archivo KML que se genera contiene la ubicación geográfica de un Moai y tiene asociado un nombre que corresponde a la etiqueta que identifica a cada punto. El nombre asociado a este punto corresponde al valor asociado al campo ID que se creó en la tabla de atributos (ver figuras E.3 y E.4) y que corresponde al identificador de un Moai en la base de datos validacion_proyecto_estatuaria como se mencionó antes (ver sección 4.3).

El archivo KML que se genera por Quantum GIS y que contiene los datos geográficos de los Moai, viene por defecto con viñetas asociadas a cada punto del archivo KML. Para esconder las viñetas, con un editor de texto se abre el KML generado y se agrega la siguiente línea:

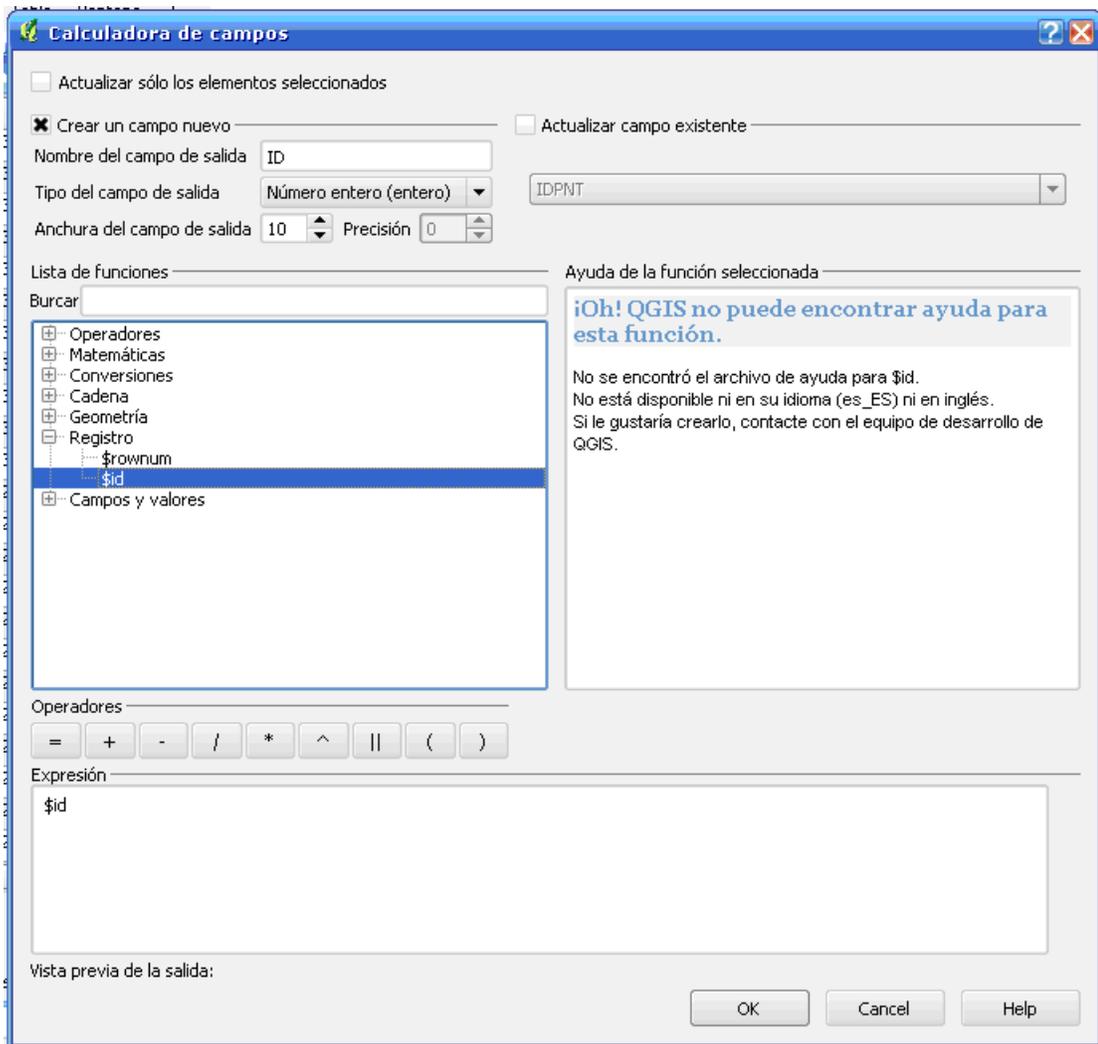


Figura E.4: Calculadora de Campos en Quantum GIS

```
<Style id="FEATURES">
```

```
<BalloonStyle>
```

```
<displayMode>hide</displayMode>
```

```
</BalloonStyle>
```

```
</Style>
```

Además, se agrega a cada punto del archivo KML esta línea:

```
<styleUrl>#FEATURES</styleUrl>
```

Con el KML modificado, se ingresa a un sitio de GoogleSites para subir el archivo KML que contiene la ubicación geográfica de los Moai. GoogleSites es una aplicación que permite guardar información geográfica contenida en un archivo KML para que sea leída por Goo-

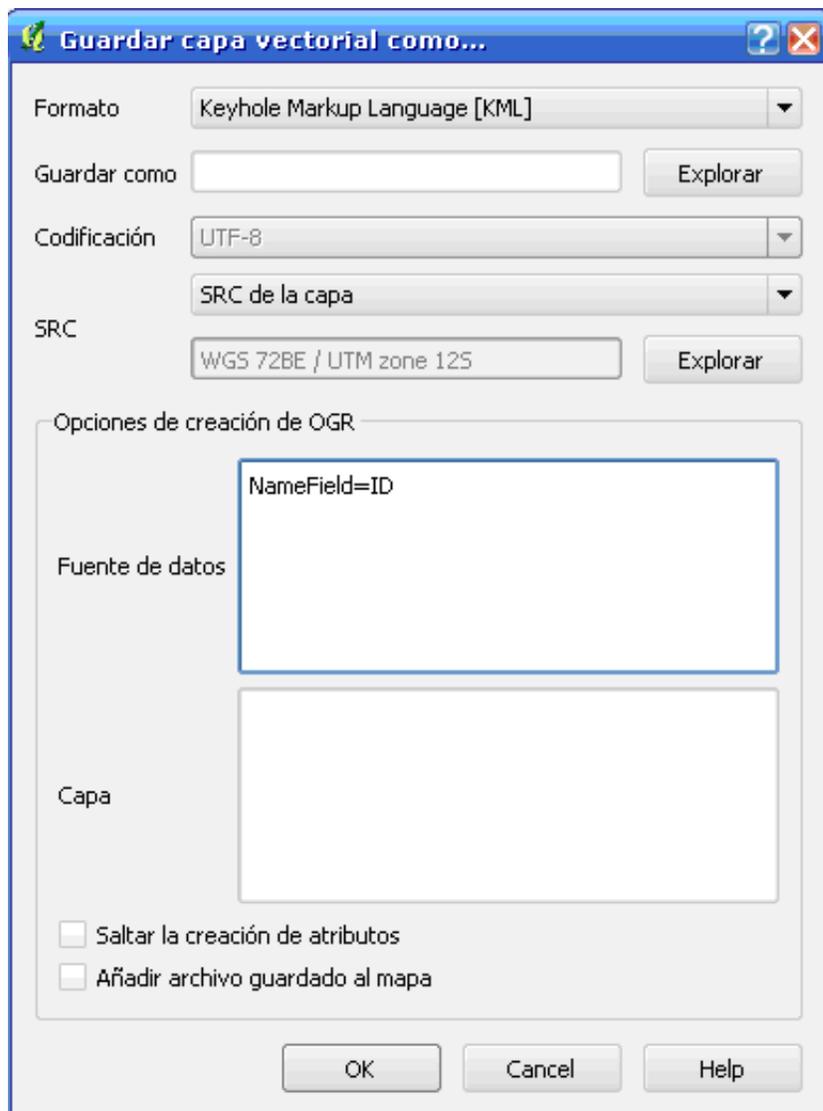


Figura E.5: Opción Guardar capa vectorial como... en Quantum GIS

gleEarth (ver sección 4.1). La dirección a donde se encuentra el archivo KML que contiene los datos geográficos de los Moai deberá ser señalada en la variable url que se encuentra en el archivo Ruta_Fuentes_Herramienta/html/mapaGoogleEarth.html. El archivo mapaGoogleEarth es un archivo html que lee las ubicaciones de los Moai del archivo KML para que sean visualizadas en la Isla de Pascua con la API de Google Earth. Este archivo html se carga en el Mapa Interactivo de Google Earth como se describe en la sección 4.7.2.

F. Anexo: Procedimiento para generar datos geográficos para Google Maps

Para crear los datos geográficos de los Moai para Google Maps, hay que ir a la aplicación Google Fusion Tables[11] y realizar lo siguiente:

- Una vez dentro del servicio, se selecciona la opción Create y se indica la ruta a donde se encuentra el archivo KML generado en el proceso 4.4.2. El archivo KML que se indica contiene la información geográfica de los Moai. Una vez señalada la ruta, se termina el proceso.
- Cambiar los permisos de privado a público con Share->Who has access->Change->Public on the web.
- Ir a Ruta_Fuentes_Herramienta/html/mapaGoogleMaps.html y con un editor de textos modificar el valor from de la variable layerl0 con el valor del id del elemento Fusion Table creado en los pasos anteriores. El id del un elemento Fusion Table se obtiene de File->About this Table->Id en Google Fusion Tables. Esto permite leer la información geográfica de los Moai contenido en el Fusion Table que se creó en los puntos anteriores.

El archivo html mapaGoogleMaps es un archivo html que utiliza la API de GoogleMaps y que lee las ubicaciones de los Moai desde la ruta del Fusion Table que las contiene. Esto permite que la visualización de las ubicaciones de los Moai sobre la Isla de Pascua sea más rápida. El archivo html que contiene la información geográfica de los Moai en Google Maps se carga en el Mapa Interactivo de Google Maps como se describe en la sección 4.7.2.