



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL MONITOREO DEL RETROCESO DE LOS GLACIARES DEL NEVADO ANTISANA. ESTUDIO DE CASO: GLACIARES 12 Y 15 Y CUENCA DEL RÍO ANTISANA.

Realizada por: Janisse Gabriela Romero Luzuriaga

Sangolquí – Ecuador

Abril 2010

CERTIFICACIÓN

Ing. MARIO CRUZ e Ing. GINELLA JÁCOME

CERTIFICAN

Que, el Proyecto de grado titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL MONITOREO DEL RETROCESO DE LOS GLACIARES DEL NEVADO ANTISANA. ESTUDIO DE CASO: GLACIARES 12 Y 15 Y CUENCA DEL RÍO ANTISANA”, realizado por la señorita JANISSE GABRIELA ROMERO LUZURIAGA ha sido revisado prolijamente y cumple con los requerimientos: teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la ESPE, por lo que mencionado proyecto se lo considera finalizado.

ING. MARIO CRUZ
DIRECTOR

ING. GINELLA JÁCOME
CODIRECTOR

RESUMEN

El Instituto de Investigación para el Desarrollo, (Institut de Recherche pour le Développement – IRD), y el Proyecto Glaciares - Ecuador han monitoreado el volcán Antisana y sus cuencas aledañas desde 1995. La información que habían obtenido durante los años de estudio no era administrada de manera correcta.

Con el fin de cumplir con normativas nacionales e internacionales, tanto la información alfanumérica como geográfica se recopiló, ordenó e integró dentro de una geodatabase para obtener un Sistema de Información Geográfica (SIG). Todos los datos geográficos se encuentran sobre cartografía escala 1:50.000, en sistema de referencia WGS-84, proyección UTM y zona 17 Sur. Dentro de este sistema se encuentra almacenada información sobre estudios del monitoreo anual de los glaciares, ubicación de estaciones de medición y delimitación de microcuencas.

Adicionalmente se personalizó una barra de herramientas de consulta que posee botones propios del software *ArcGis 9.3* y otros generados mediante programación de *ArcObjects* (lenguaje Visual Basic), lo cual permite acceder a la información de las bases de datos alfanuméricas de Access. Por medio de la herramienta *Model Builder* se desarrolló un modelo que permite integrar herramientas para simplificar el proceso de cálculo de Rangos Altitudinales de contornos de glaciación.

Como fase final, se realizó un análisis multitemporal de la zona de ablación del glaciar Antisana y se obtuvo mapas y tablas que muestran el comportamiento del mismo durante los años de monitoreo.

ABSTRACT

From 1995, the Development Investigation Institute (Institut de Recherche pour le Développement - IRD) and Glaciers Project-Ecuador have monitored Antisana volcano and its surrounding basins. Obtained data through the monitoring years was incorrectly managed.

Alphanumeric and geographical information was gathered, ordered and integrated into a geodatabase to obtain a Geographic Information System (GIS), ruled by national and international standards. The whole information consists on 1:50.000 cartography, in WGS-84 reference system, UTM projection, and South 17 area.

Inside the system, information like studies of the annual monitoring of the glaciers, measurement stations location and watershed delimitation was stored.

A consultation toolbar was also personalized containing buttons characteristic of *ArcGis* and others generated by ArcObjects code (Visual Basic language), and it allows to access to MS Access alphanumeric information databases.

By using *Model Builder*, a model was developed. In order to integrate tools from *ArcToolbox* and simplify altitude ranges calculating process of glacier outlines.

In addition, a multitemporal analysis of the glacier ablation area was carried out, from which it was possible to obtain maps and charts showing the glacier behavior during the monitoring years.

DEDICATORIA

A mi hijo, JUAN PABLO ROMERO LUZURIAGA, por ser la razón de mi vida que me dio la fuerza para luchar contra todas las adversidades que se suscitaron a lo largo de la realización de este proyecto. Por darme la felicidad más grande del mundo y poder disfrutar mi nueva vida junto a ti. Eres la bendición más grande que Dios me dio.

A mi Mami, por estar conmigo apoyándome y alentándome. Porque lloraste y reíste conmigo y porque finalmente entiendo tu sacrificio y amor incondicional como madre. Gracias por tus palabras, consejos y enseñanzas. Cada día que pasa te admiro por tu fortaleza, paciencia y perseverancias. Gracias Dios mío por poner a mi lado una persona tan especial.

A mi Papi, por apoyarme durante la realización del proyecto y por toda la ayuda para conmigo y con mi hijo. Por estar junto a nosotros y preocuparte por cada detalle que ha acontecido en el diario vivir.

A mi gorda Doménica, porque vas a ser mamá y como tú siempre lo has dicho “A las dos nos han pasado las mismas cosas”, lo único que puedo desear es, que como yo ahora estoy terminando mi carrera, tú lo hagas de la misma forma. Dios te bendiga gordita.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por haber permitido que pase cada cosa en su momento preciso, ni antes ni después. Por las pruebas duras que me ha puesto en el camino y por permitir que las supere caminando de su mano. Por darme a mi hijo y a mi familia.

A mi hermana, sobrinas y cuñado, por estar conmigo, ayudándome con mi hijo cuando tenía que estar en mis obligaciones. Por promover los momentos de felicidad que hemos vivido en familia.

A Magui, Ernestito y Andrés, porque sin su ayuda me hubiera tardado mucho más en finalizar este proyecto.

A la familia Romero – Díaz que me ha apoyado incondicionalmente.

A Teresa Palacios y Rubén Basantes por su ayuda al momento de buscar tema de proyecto de grado.

Al IRD y su Proyecto Glaciares – Ecuador. Bernard Francou, Eric Cadier, Philippe Garreta, Bolívar Cáceres, Luis Maisincho, Erick Cuenca, Margarita Arias y Cristina Guamanzara, por su auspicio y colaboración científica durante la realización del proyecto.

Al Ingeniero Mario Cruz, mi gran amigo y Director de Tesis, por sus sabios consejos y su guía científica; y su madre Etnita D’Howitt por el gran cariño para conmigo y mi familia.

A la Ingeniera Ginella Jácome por aceptar la codirección del proyecto, por su paciencia, consejos y guía en todo momento.

Al Ing. Iván Medina por todo el apoyo científico durante la realización del proyecto.

A los ingenieros Oswaldo Padilla, Alexander Robayo y Alfonso Tierra por su colaboración científica, sugerencias y consejos.

A Mauricio Murillo y Francisco Yujra por su colaboración en la generación de la herramienta de consulta.

A mis amigos: Gabriela Peñaranda, Anita León, Daniel Arcos, Andrés Alulema, Iván Carranco y Francisco Hidalgo, por estar conmigo en los buenos y malos momentos y por ese gran amor que le tienen a mi gordo.

A mis amigos: Andrea Pabón, Lorena Benítez, Jeanneth Alvear, Andrea Santacruz, Rossana López, Andrea Araujo, Angélica Ragonessi, Byron Delgado y Jorge Villa, por su apoyo durante todo el tiempo que nos conocemos y por ese enorme cariño que le tiene a mi hijo.

PRÓLOGO

Fue necesario llevar a cabo este proyecto debido a que el Ecuador está adoptando estándares y normas internacionales para facilitar y mejorar el manejo de la información geográfica y de esta manera romper las barreras que durante muchos años ha tenido el intercambio de información.

El Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para el Proyecto Glaciares – Ecuador, tiene la característica de manejar ordenadamente la información en base al Catálogo de Objetos propuesto por la Norma de Intercambio de Información Geográfica Digital – DIGEST y adaptado para las necesidades del país por el Instituto Geográfico Militar.

Además toda la información almacenada en la Base de Datos Geográfica cuenta con metadatos que proporcionan la información necesaria para poder conocer en gran parte la calidad de los datos de cada cobertura. Esto fue desarrollado en el software libre Geonetwork que trabaja con el estándar para ISO 19139 de catalogación de objetos.

El SIG está dotado con una herramienta personalizada, creada para satisfacer las necesidades del proyecto, la misma que fue desarrollada mediante programación de ArcObjects utilizando el lenguaje de programación Visual Basic. Gracias a esta herramienta fue posible integrar las bases de datos alfanuméricas con la información geográfica de la geodatabase.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1.	Antecedentes	20
1.2.	Justificación	21
1.3.	Descripción del área de estudio	22
1.3.1.	<i>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</i>	23
1.3.2.	<i>ÁREA DE INFLUENCIA</i>	24
1.4.	Definición del problema	26
1.5.	Objetivos	26
1.5.1.	<i>GENERAL</i>	26
1.5.2.	<i>ESPECÍFICOS</i>	26
1.6.	Metas	27
1.7.	Diseño de la investigación	27

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES

2.1.	Glaciar	30
2.1.1.	<i>TIPOS DE GLACIARES</i>	31
2.2.	Balance de masa del glaciar	33
2.3.	Cambio y variabilidad climática: su impacto en los glaciares	34
2.4.	Situación actual del volcán antisana	36
2.5.	Variación de la cobertura glaciar	38
2.6.	Hidrología y meteorología en la cuenca	42

CAPÍTULO 3

NORMATIVA - ESTANDARIZACIÓN

3.1.	Introducción	47
3.2.	Normativas y estándares	48
3.2.1.	<i>CATÁLOGO DE OBJETOS</i>	48
3.2.2.	<i>METADATOS</i>	52

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

4.1.	Introducción	56
4.2.	Análisis de la información	57

4.3.	Diseño conceptual	60
4.4.	Diseño lógico	64
4.4.1.	<i>RELACIONES TOPOLÓGICAS: DEPURACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN</i>	64
4.4.2.	<i>RELACIONES ENTRE ENTIDADES (TABLAS)</i>	66
4.4.3.	<i>DICCIONARIO DE DATOS</i>	71
4.5.	Diseño físico	71
4.5.1.	<i>NECESIDADES DEL SISTEMA</i>	71
4.5.2.	<i>ARQUITECTURA DEL SISTEMA</i>	71
4.5.3.	<i>IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CONSULTA Y CÁLCULO</i>	73

CAPÍTULO 5

PRUEBA PILOTO

5.1.	Introducción	74
5.2.	Ingreso de información a la geodatabase	75
5.2.1.	PROCESOS	75
5.2.2.	CONCLUSIONES	77
5.2.3.	RESULTADOS.....	78
5.3.	Implementación de las herramientas de consulta y cálculo	78
5.4.	Manejo de la herramienta personalizada (consulta)	79
5.4.1.	GLACIAR 12 (CRESPOS).....	79
5.4.2.	GLACIAR 15A	82
5.4.3.	HIDRO - CUENCAS	85
5.5.	Manejo de la herramienta de cálculo	88

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE DATOS DEL RETROCESO DE GLACIARES

10.1.	Introducción	90
10.2.	Glaciar 12 (crespos)	93
6.2.1.	<i>VARIACIÓN DE SUPERFICIE DEL GLACIAR</i>	93
6.2.2.	<i>BALANCE DE MASA</i>	96
6.2.3.	<i>VOLUMEN DE HIELO PERDIDO</i>	98
10.3.	Glaciar 15 alfa (15α)	99
6.4.1.	<i>VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL GLACIAR</i>	99
6.4.2.	<i>BALANCE DE MASAS</i>	105
6.4.3.	<i>VOLUMEN DE HIELO PERDIDO</i>	106
10.4.	Glaciar 15 beta (15β)	106

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1.	Conclusiones	108
7.2.	Recomendaciones	110

Referencias.....	112
------------------	-----

ANEXO 1

DICCIONARIO DE DATOS

1.1. Introducción.....	115
1.2. Contenido geográfico	116
1.3. Contenido alfanumérico	127

ANEXO 2

HERRAMIENTA DE CONSULTA

2.1. Introducción.....	131
2.2. Consulta alfanumérica.....	132
2.3. Consulta geográfica.....	139

ANEXO 3

HERRAMIENTA DE CÁLCULO

3.1. Introducción.....	146
3.2. Diseño de la herramienta.....	147
3.2.1. CREACIÓN DEL ÍCONO	147
3.2.2. INTEGRACIÓN DE PROCESOS.....	148
3.3. Ventajas.....	154
3.4. Importante	154

ANEXO 4

MANUAL TÉCNICO

4.1. Introducción.....	155
4.2. Partes de arcmap y arccatalog	155
4.3. Códigos para entidades (tablas).....	159
4.4. Ubicación y organización de la información.....	160
4.5. Procesamiento de la información.....	164
4.5.1. INFORMACIÓN QUE LLEGA DE CAMPO	166
4.5.2. CREACIÓN DEL ARCHIVO PARA GENERACIÓN DE SHAPES.....	166
4.5.3. CREACIÓN DE COBERTURAS (SHAPE FILES).....	167
4.5.4. GENERACIÓN DE POLÍGONOS PARA CONTORNOS.....	169
4.6. Geodatabase.....	172
4.6.1. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	172
4.6.2. CREACIÓN DE LA GEODATABASE, CONJUNTO DE ENTIDADES (FEATURE DATASETS), ENTIDADES (FEATURE CLASES) Y ENTIDADES TOPOLÓGICAS (TOPOLOGY CLASS)	173
4.7. Metadatos.....	184

4.7.1.	<i>GENERACIÓN DE METADATOS</i>	184
4.7.2.	<i>IMPLEMENTACIÓN DEL METADATO</i>	190
4.8.	Herramienta de consulta	191
4.8.1	<i>REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN</i>	191
4.8.2	<i>CREACIÓN DE BOTÓN PARA LLAMAR A LOS FORMULARIOS DE PROGRAMACIÓN</i>	194
4.9.	Implementación herramienta de cálculo	198

ANEXO 5

MANUAL DE USUARIO

5.1.	Introducción	199
5.2.	Ingreso a arcmap, manejo de layouts (*.mxd) y activación de barras de herramientas 199	
5.3.	Barra de herramientas personalizada (consulta)	202
5.3.1.	<i>BOTÓN CONSULTA ALFANUMÉRICA</i>	202
5.3.2.	<i>BOTONES CONSULTA GEOGRÁFICA</i>	204
5.3.3.	<i>BOTONES DE VISUALIZACIÓN.</i>	207
5.4.	Herramienta de cálculo	208
	Glosario de términos	211

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULOS 2

Tabla. 2.1. Evolución de la longitud del Glaciar 15 α de 1956 al 2007	37
Tabla. 2.2. Evolución de la longitud del Glaciar 15 β de 1956 al 2007	37

CAPITULOS 3

Tabla 3.1. Catálogo de Objetos para el SIG_GREATICE	51
---	----

CAPITULOS 4

Tabla 4.1. Análisis de requerimientos	56
Tabla. 4.2. Inventario de la información geográfica	59
Tabla. 4.3. Inventario de la información alfanumérica	59
Tabla 4.4. Relación entre el catálogo de datos y el diseño lógico de la Geodatabase	64
Tabla 4.5. Reglas topológicas aplicadas en el SIG	65

CAPITULOS 6

Tabla. 6.1. Línea de equilibrio glaciar del volcán Antisana	92
Tabla. 6.2. Balances de masa ponderados de la zona de ablación del glaciar 12	97
Tabla. 6.3. Cálculo de volumen perdido en la zona de ablación del glaciar 12	98
Tabla. 6.4. Balances de masa ponderados de la zona de ablación del glaciar 15 α	104
Tabla. 6.5. Cálculo de volumen perdido en la zona de ablación del glaciar 15 α	105

CAPITULOS 7

Tabla. 7.1. Resultados de estudio multitemporal	108
---	-----

ANEXO 1

Tabla de contenido geográfico.....	116
Tablas de contenido alfanumérico.....	127

ANEXO 4

Tabla. A4.1. Relación entre el catálogo de datos y el diseño lógico de la Geodatabase.....	172
Tabla. A4.2. Códigos EPSG más importantes de la región (Colombia – Ecuador – Perú – Bolivia).....	187

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULOS 1

Figura. 1.1. Volcán Antisana.....	23
Figura. 1.2. Localización Geográfica Volcán Antisana.....	24
Figura. 1.3. Delimitación de zonas de estudio – Base cartográfica 1:50.000.....	25
Figura. 1.4. Fases del proyecto del grado.....	27

CAPITULOS 2

Figura. 2.1. Transformación de nieve en hielo.....	30
Figura. 2.2. Frente del glaciar de casquete en la Isla Decepción, cerca de la Antártida.....	31
Figura. 2.3. Glaciar de pie de monte Malaspina al SE de Alaska.....	32
Figura. 2.4. Partes del glaciar (a) de casquete y (b) de valle.....	33
Figura. 2.5. Gráfico de acumulación y ablación en función de la estación.....	34
Figura. 2.6. Comportamiento de los fenómenos de El Niño y la Niña.....	35
Figura. 2.7. Mapa de contornos - Glaciar 12.....	36
Figura. 2.8. Mapa de contornos - Glaciar 15.....	38
Figura. 2.9. Contorno y balizas del glaciar 15 alfa – año 2005.....	39
Figura. 2.10. Mediciones para el cálculo de balance de masa mensual..... de la zona de ablación	41
Figura. 2.11. Variación Enero – Febrero (ejemplo).....	42
Figura. 2.12. Mapa de estaciones y cuencas.....	43

CAPITULOS 3

Figura. 3.1. Esquema de organización del Catálogo de Objetos.....	50
Figura. 3.2. Estructura de la información de la norma ISO – 19139.....	54
Figura. 3.3. Catálogo de Datos (Metadatos) – sitio Web IGM.....	54
Figura. 3.4. Sistema de catálogo de metadatos con norma ISO 19139.....	55

CAPITULOS 4

Figura. 4.1. Duplicación de información del glaciar 15 α para el año 1996.....	58
---	----

Figura. 4.2. Diagrama de flujo del proceso general.....	60
Figura. 4.3. Esquema general de entidades y relaciones.....	61
Figura 4.4. Diseño conceptual de la herramienta de consulta de balizas.....	62
Figura 4.5. Diseño conceptual de la herramienta de consulta de estaciones hidro-meteorológicas.....	63
Figura 4.6. Modelo entidad – relación para la consulta de Balizas.....	67
Figura 4.7. Modelo entidad – relación para la consulta de hidro – meteorología.....	68
Figura 4.8. Diagrama de flujo de la programación de la herramienta.....	69
Figura. 4.9. Diagrama de flujo de la ejecución de la herramienta.....	70
Figura. 4.10. Editor de Visual Basic de ArcGis 9.3.....	71
Figura. 4.11. Herramienta de Consulta.....	72

CAPITULOS 5

Figura. 5.1. Definición de dominios para prueba piloto.....	76
Figura. 5.2. Definición de dominios para prueba piloto.....	76
Figura. 5.3. Metadato generado para la información nueva.....	77
Figura. 5.4. Mapa de prueba piloto del Glaciar 12.....	80
Figura. 5.5. Resultados de la consulta alfanumérica (glaciar 12).....	81
Figura. 5.6. Resultados de la consulta geográfica (glaciar 12).....	82
Figura. 5.7. Mapa de prueba piloto del Glaciar 15 α	83
Figura. 5.8 Resultados de la consulta alfanumérica (glaciar 15 α).....	84
Figura. 5.9. Resultados de la consulta geográfica (glaciar 15 α).....	84
Figura. 5.10. Mapa de prueba piloto de Hidro – Cuencas.....	86
Figura. 5.11 Resultados de la consulta alfanumérica (Hidro-Cuencas).....	87
Figura. 5.12. Resultados de la consulta geográfica (Hidro-Cuencas).....	87
Figura. 5.13. Funcionalidad del botón Foto.....	88
Figura. 5.14. Ingreso de información en la interface de la herramienta de cálculo.....	89
Figura. 5.15. Resultado prueba piloto de la herramienta de cálculo.....	89

CAPITULOS 6

Figura. 6.1. Ganancia o pérdida de nieve en agua en la zona de ablación.....	90
Figura. 6.2. Mapa de contornos del glaciar 12.....	93

Figura. 6.3. Variación de Superficie del Glaciar 12 (2004 - 2008).....	94
Figura. 6.4. Mapa de balizas del glaciar 12.....	96
Figura. 6.5. Representación de la superficie y el balance para cálculo de volumen	97
Figura. 6.6. Variación de Superficie del Glaciar 15 α (1996 – 1999).....	99
Figura. 6.6. Variación de Superficie del Glaciar 15 α (1999 – 2000).....	100
Figura. 6.7. Variación de Superficie del Glaciar 15 α (2000 – 2005).....	101
Figura. 6.8. Variación de Superficie del Glaciar 15 α (2005 – 2007).....	102
Figura. 6.9. Variación de Superficie del Glaciar 15 α (2007 – 2008).....	103
Figura. 6.10. Variación de Superficie del Glaciar 15 β (1996 - 2000).....	106

ANEXO 3

Figura. A3.1. Ícono de <i>Model Builder</i>	147
Figura. A3.2. Nuevo modelo de <i>Model Builder</i>	147
Figura. A3.3. Adición de entidades en <i>Model Bulder</i>	148
Figura. A3.4. Adición de procesos en <i>Model Builder</i>	149
Figura. A3.5. Intersección de polígono con curvas de nivel.....	149
Figura. A3.6. Conversión del contorno polígono a línea.....	150
Figura. A3.7. Unión de los fragmentos de curvas y el contorno.....	151
Figura. A3.8. Conversión de línea a polígono.....	151
Figura. A3.9. Resultado de utilizar la herramienta.....	152
Figura. A3.10. Definición de parámetros.....	152
Figura. A3.11. Ubicación de almacenamiento de nueva entidad.....	153
Figura. A3.12. Interface de la herramienta.....	153

ANEXO 4

Figura. A4.1. Opciones para activar herramientas en ArcCatalog.....	156
Figura. A4.2. Ventana principal de ArcMap con sus herramientas y sus partes.....	157
Figura. A4.3. Ventana principal de ArcCatalog con sus herramientas y sus partes.....	158
Figura. A4.4. Procedimiento para definir los códigos de entidades.....	160
Figura. A4.5. Organización de la información del SIG.....	161

Figura. A4.6. Organización de la información dentro de SIG/GLACIARES/WGS.....	165
Figura. A4.7. Datos brutos de las balizas de 2006 del glaciar 12.....	166
Figura. A4.8. Procedimiento para generar cobertura de puntos.....	167
Figura. A4.9. Datos para coordenadas planas en ventana <i>Add XY Data</i>	168
Figura. A4.10. Ventana sistema de referencias.....	168
Figura. A4.11. Búsqueda de sistema de coordenadas.....	168
Figura. A4.12. Procedimiento para exportar los datos y volverlos Permanentes.....	169
Figura. A4.13. Generación de polígonos para contornos.....	170
Figura. A4.14. Selección de la fuente donde almacena el <i>shape</i> que se va a modificar.....	170
Figura. A4.15. Proceso de activación de la función <i>Snapping</i>	171
Figura. A4.16. Selección de características del Editor.....	171
Figura. A4.17. Dibujo realizado en base al contorno para formar el polígono.....	172
Figura. A4.18. Relación entre el diseño conceptual y el diseño lógico de la Geodatabase.....	173
Figura. A4.19. Organización de la Geotadabase SIG_GREATICE.....	173
Figura. A4.20. Procedimiento para la creación de la Geodatabase.....	174
Figura. A4.21. Ventana de contenidos de ArcCatalog.....	174
Figura. A4.22. Ventana de administración de dominio.....	174
Figura. A4.23. Descripción del dominio.....	175
Figura. A4.24. Propiedades del dominio.....	175
Figura. A4.25. Definición de valores fijos.....	175
Figura. A4.26. Creación de un <i>Feature Dataset</i>	176
Figura. A4.27. Ventana para asigna el nombre del <i>Feature Dataset</i>	177
Figura. A4.28. Selección del sistema de referencia.....	177
Figura. A4.29. Proceso para exportar el archivo shape.....	178
Figura. A4.30. Definición de parámetros de exportación del archivo shape.....	178
Figura. A4.31. Definición de propiedades de cada campo.....	179
Figura. A4.32. Procedimiento para definir el alias del <i>Feature Class</i>	180

Figura. A4.33. Creación de una Entidad Topológica.....	180
Figura. A4.34. Secuencia del proceso para crear una Topology Class.....	181
Figura. A4.35. Definición de reglas topográficas a ser aplicadas.....	182
Figura. A4.36. Entidad topológica y entidades participantes.....	182
Figura. A4.37. Barra de herramientas de topología.....	183
Figura. A4.38. Errores aplicando reglas topológica.....	183
Figura. A4.39. Opción para corregir los errores de forma manual.....	183
Figura. A4.40. Ventana principal de Geonetwork.....	184
Figura. A4.41. Sección de Geonetwork para ingresar nombre de usuario y contraseña.....	185
Figura. A4.42. Iniciar sesión como Administrador.....	185
Figura. A4.43. Procedimiento para crear un nuevo metadato.....	185
Figura. A4.44. Información de identificación del metadato.....	186
Figura. A4.45. Información de publicación en el metadato.....	187
Figura. A4.46. Información sobre la calidad de los datos en el metadato.....	188
Figura. A4.47. Información del metadato.....	188
Figura. A4.48. Mensaje de validación exitosa del nuevo metadato.....	189
Figura. A4.49. Mensaje de validación exitosa pero con errores del nuevo metadato.....	189
Figura. A4.50. Presentación final del metadato.....	190
Figura. A4.51. Activación de la barra de herramientas Metadato en ArcCatalog.....	191
Figura. A4.52. Selección del tipo de vista del metadato.....	191
Figura. A4.53. Ventana inicial para la instalación de los controles ActiveX de Visual Basic 6.0 Profesional.....	192
Figura. A4.54. Ventana de referencias a librerías externas.....	193
Figura. A4.55 Procedimiento para creación nueva barra de herramientas.....	194
Figura. A4.56. Ventana Customize para administración de herramientas.....	194
Figura. A4.57. Ventana <i>New Toolbar</i>	195
Figura. A4.58. Creación del botón para abrir interface.....	195
Figura. A4.59. Opciones de tipo de control.....	196
Figura. A4.60. Creación de botones con sus respectivos nombres.....	196
Figura. A4.61. Adición del botón a la zona de barra de herramientas.....	197

Figura. A4.62. Codificación de consulta alfanumérica.....	197
Figura. A4.63. Procedimiento de implementación de herramienta de cálculo.....	198
Figura. A4.64. Herramienta de cálculo cargada en ArcToolbox.....	198

ANEXO 5

Figura. A5.1. Ventana de selección para abrir un documento de ArcMap.....	200
Figura. A5.2. Manejo de barras de herramientas.....	201
Figura. A5.3. Ubicación de la barra de herramientas personalizada.....	201
Figura. A5.4. Barra de herramientas personalizada para Consulta de Balizas.....	202
Figura. A5.5. Interface de consulta de balizas.....	202
Figura. A5.6. Función del botón <i>Ir a Mapa</i>	203
Figura. A5.7. Función del botón <i>Exportar Excel</i>	204
Figura. A5.8. Botones de selección geográfica para consulta de balizas.....	205
Figura. A5.9. Botones de selección geográfica para consulta de estaciones.....	205
Figura. A5.10. Selección de estaciones mediante polígono de trazo libre.....	205
Figura. A5.11. Selección de balizas mediante rectángulo	206
Figura. A5.12. Selección de baliza mediante punto	207
Figura. A5.13. Botones de visualización	207
Figura. A5.14. Ícono del documento de ArcMap que contiene la herramienta de cálculo.....	208
Figura. A5.15. Ubicación de la herramienta de cálculo en <i>Arc Toolbox</i>	208
Figura. A5.16. Modelo de integración de herramientas.....	209
Figura. A5.17. Herramienta Rangos Altitudinales.....	209
Figura. A5.18. Proceso para abrir la tabla de atributos de una cobertura.....	210
Figura. A5.19. Tabla de atributos de una cobertura de rangos altitudinales.....	210

ÍNDICE DE FOTOS

CAPITULO 2

Foto. 2.1. Glaciar 15 lenguas α y β del volcán Antisana.....	32
Foto. 2.2. Baliza - Toma de datos mensual.....	40
Foto. 2.3. Estación hidrométrica Humboldt.....	44
Foto. 2.4. Estación meteorológica ORE.....	45
Foto. 2.5. Pluviómetro.....	46

CAPÍTULO 5

Foto. 5.1. Curso de manejo del SIG_GREATICE.....	75
--	----

CAPÍTULO 6

Foto. 6.1. Captura de información geográfica mediante GPS.....	90
--	----

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes

Desde hace por lo menos doscientos años, los glaciares tropicales andinos se encuentran en un proceso intenso de retroceso, debido a factores climáticos. Su posible desaparición provocaría cambios drásticos en todo el ambiente. Este fenómeno se encuentra afectando a todos los glaciares tropicales del mundo y ha provocado que las reservas de agua se vean seriamente afectadas¹.

Según estudios recientes, las cordilleras de mayor altitud son las más afectadas por este fenómeno (Bradley et al., 2006)².

En cuanto a Sudamérica, en el año 2004 se llevó a cabo el congreso “Retroceso de Glaciares en los Andes y Consecuencias para el Recurso Hídrico”, con sede en Huaraz – Perú, en donde participaron 120 investigadores de 15 países del mundo y en el que se puso de manifiesto que los glaciares andinos en la actualidad se encuentran experimentando un fenómeno acelerado de retroceso por razón del calentamiento global, como en todo el mundo, y además por el fenómeno meteorológico de El Niño (desde los años 70 más frecuente e intenso) cuya influencia es directa en las costas del Pacífico Sur del continente Americano; por lo que se estima la desaparición completa de los mismos en los próximos 20 a 30 años (Martínez, E. et al., 2004).

¹ CONTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA "NIEVES Y GLACIARES TROPICALES " (NGT) AL CONOCIMIENTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS ANDES de la UNESCO

²PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL IMPACTO DEL RETROCESO ACELERADO DE GLACIARES EN LOS ANDES TROPICALES - PRAA.

El Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), en conjunto con el Instituto de Hidráulica e Hidrología de Bolivia y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Ecuador desarrollaron un programa de monitoreo desde 1991 el cual consistía en una red de observación para varios de los nevados en toda la Cordillera de los Andes, poniendo especial atención al Nevado Antisana (5670 y 4800 m.s.n.m), en Ecuador, y al Chacaltaya (5375 a 5134 m.s.n.m), en Bolivia, en los cuales se realiza análisis mediante balance de masas.

Mediante estos estudios se pudo comprobar que durante la presencia del fenómeno de El Niño los glaciares pierden gran cantidad de hielo en agua, mientras que su contraparte se da durante el paso del fenómeno La Niña, que se caracteriza por ser frío y húmedo, en el cual los glaciares se equilibran y muchas veces sobrepasan el valor perdido. Otro fenómeno que influye sobre el retroceso de los glaciares es el conocido como albedo, el cual durante el fenómeno de El Niño, donde existen menos precipitaciones y la atmósfera tiende a calentarse, acelera la pérdida de masa helada (Martínez, E. et al., 2004).

1.2. Justificación

Los glaciares tropicales en la actualidad, representan el mejor indicador de cómo afecta la variabilidad climática al ambiente es por esta razón que se ha visto la necesidad de monitorear los glaciares y sus cuencas aledañas para contar con información sobre su comportamiento.

El régimen hidrológico de las cuencas se ve afectado directamente por los cambios en los glaciares debido a que dicho régimen varía en función del volumen de masa de hielo en las montañas. En los monitoreos mencionados anteriormente, se ha notado un aumento significativo del volumen de agua escurrido en las cuencas aledañas durante el fenómeno de El Niño, aún cuando éste trae consigo escasez de lluvias (Cadier, E. comp. pers.2008).

Los países andinos se convirtieron en “víctimas no causantes” del calentamiento global y esta alta vulnerabilidad es debido a su deficiente economía, ya que toda la población se ve afectada al depender de las fuentes hídricas que los glaciares

alimentan para la agricultura, generación eléctrica y sobre todo para su utilización como líquido vital³.

En el Ecuador este problema también afecta a los ecosistemas, tal es el caso del Páramo, que se caracteriza por su sensibilidad a las variaciones climáticas las mismas que producen incrementos en temperatura y variaciones meteorológicas (precipitaciones, evaporación, etc.).

El monitoreo de los glaciares se centra en definir tres detalles fundamentales para poder obtener conclusiones: 1) la variación climática, 2) la variación de los recursos hídricos disponibles para el abastecimiento de agua a diferentes poblados y ciudades, y 3) el grado de peligro de lahares, desfuegos o lagunas glaciares (Cadier, E. comp. pers.2008)

Dentro del Proyecto GREATICE (Glaciares) Ecuador del IRD en conjunto con Instituciones como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EMAAP-Q) y la Escuela Politécnica Nacional (EPN), se ha realizado estudios para el monitoreo del retroceso de glaciares obteniéndose datos geográficos y alfanuméricos que necesitan ser integrados mediante un Sistema de Información Geográfica que facilite su manejo.

1.3. Descripción del área de estudio

El Antisana es un estratovolcán, localizado al NE del volcán Cotopaxi en la Cordillera Real. El edificio viejo se formó sobre rocas graníticas y meta sedimentarias y posteriormente las lavas del edificio moderno cubrieron su zona Noroccidental. Estos flujos recientes de lava, se han extruido en los flancos del *complejo volcánico*⁴, a partir de fallas geológicas. “El complejo volcánico alcanza

³ PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL IMPACTO DEL RETROCESO ACELERADO DE GLACIARES EN LOS ANDES TROPICALES - PRAA.

⁴ Se refiere al volcán Antisana

una altura de 5753 metros sobre el nivel del mar, constituyéndose como una de las elevaciones más altas que existen en el Ecuador”⁵.

La única erupción histórica debidamente documentada ocurrió entre los años 1.801 a 1.802 cuando un flujo de lava se extruyó de un centro de emisión situado al NNE de la cumbre. En el siglo XVIII ocurrieron erupciones fisurales en los flancos del volcán (flujos de lava en bloques de Antisanilla y Potrerillos).



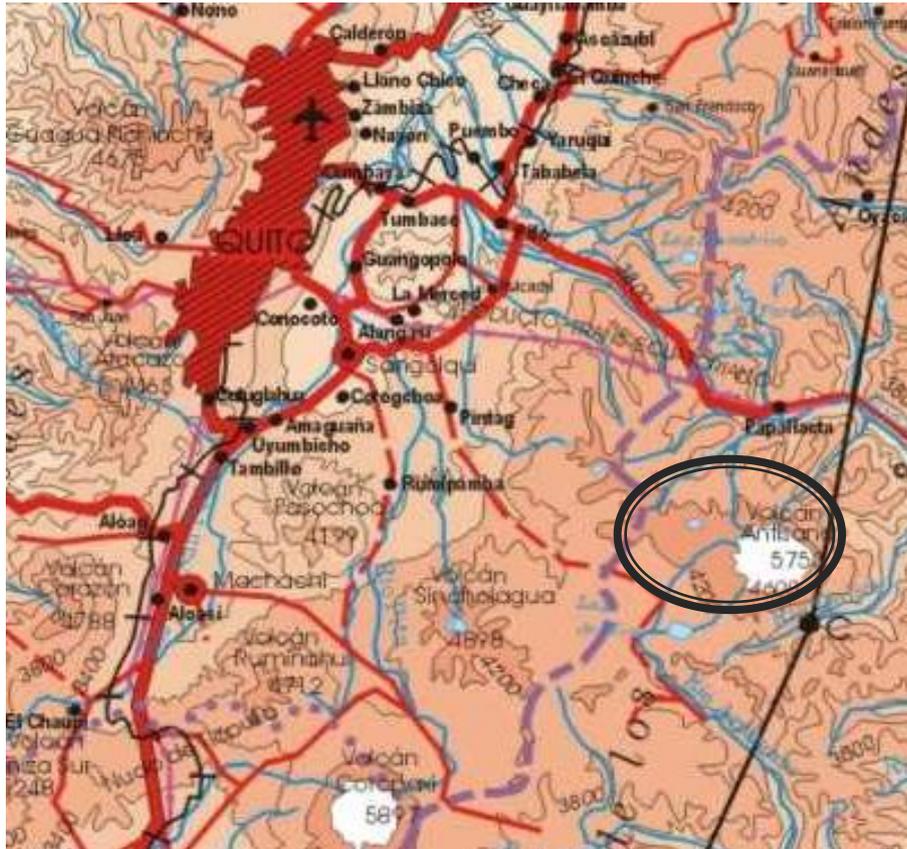
Fuente: Google Earth

Figura. 1.1. Volcán Antisana

1.3.1. Localización geográfica

El Volcán Antisana se encuentra ubicado en el límite de las provincias de Pichincha y Napo, en la Cordillera Real, a $0^{\circ} 28' 50.60''$ S y $78^{\circ} 08' 27.60''$ W, a 40 kilómetros al Este de la ciudad de Quito, capital del Ecuador. (Figura. 1.2.)

⁵ Traducción de: Antisana, <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1502-03>, Diciembre 2008

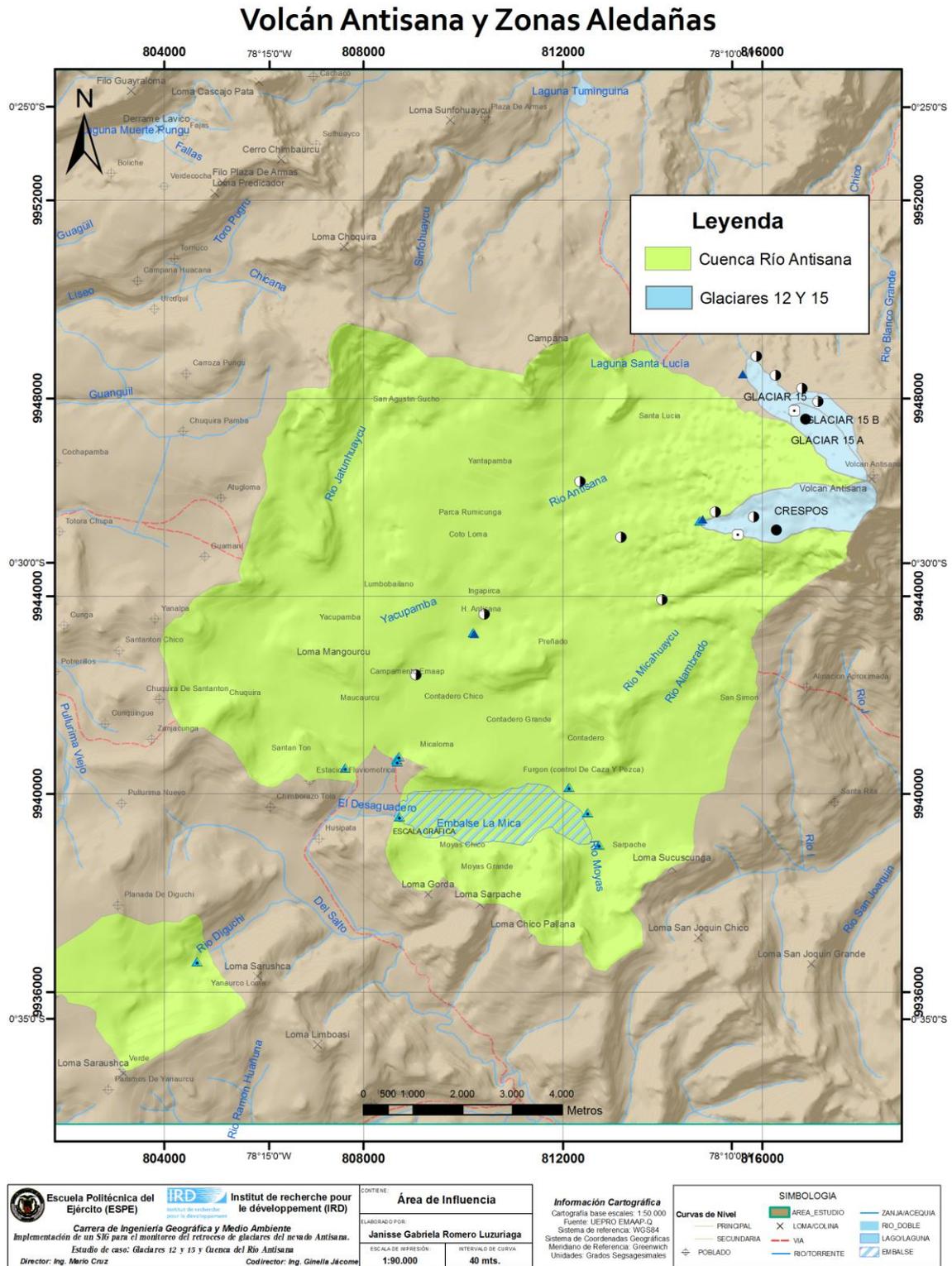


Fuente: IGM – Mapa Físico del Ecuador, 1980

Figura. 1.2. Localización Geográfica Volcán Antisana

1.3.2. Área de influencia

Debido a que el Proyecto Glaciares (GREATICE) del Ecuador monitorea los glaciares 12, 15 y la variación hídrica en la Cuenca del Río Antisana, el proyecto de Tesis de Grado será desarrollado con la información existente del proyecto (Figura. 1.3.).



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI –EMAAP-Q

Figura. 1.3. Delimitación de zonas de estudio – Base cartográfica 1:50.000

1.4. Definición del problema

Desde que el Proyecto Glaciares comenzó a tomar información del comportamiento de los glaciares del volcán Antisana, nunca se integró la información geográfica con la alfanumérica. Esto provocó que se trabajase separadamente desarrollando bases de datos de Access para los datos tabulares y manejando en Surfer y AutoCad los geográficos.

Al manejar por separado la información se produjo errores de magnitud y duplicación de información debido a los diferentes formatos en los que se guardó la misma, lo cual disminuyó la confiabilidad de los datos al punto de que los paquetes informáticos arrojaron errores y datos inconsistentes.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Facilitar el manejo de la información existente sobre el Monitoreo del Retroceso de los Glaciares 12 y 15 y la Cuenca del Río Antisana mediante la implementación de un SIG como una herramienta de consulta.

1.5.2. Específicos

- Estructurar la información existente de acuerdo a las necesidades del usuario para la realización de consultas, cálculos y análisis.
- Cumplir con los estándares técnicos vigentes en el Ecuador para la generación de la geodatabase.
- Implementar el SIG como una herramienta de consultas y cálculos.
- Realizar un análisis multitemporal del retroceso de los glaciares durante los años de su monitoreo.
- Proponer una metodología para que el SIG pueda extenderse para el estudio de los demás glaciares y cuencas.
- Generar un manual de usuario para el manejo de la herramienta de consulta del SIG.

1.6. Metas

- Generar tres modelos: conceptual, lógico y físico del diseño de las Bases de Datos, que serán desarrollados de acuerdo a las necesidades del usuario.
- Generar un diccionario de datos para conocer las características de los atributos que estarán regidas a los estándares vigentes.
- Obtener un mapa escala 1:50000 con datos de una fecha definida por el usuario y realizar consultas y cálculos como prueba piloto de la implementación del SIG.
- Generar un mapa escala 1:50000 el cual muestre la variación multitemporal del glaciar.
- Generar un manual de usuario para el manejo de la herramienta de consulta del SIG y para la incorporación de nueva información cuando ésta esté disponible.

1.7. Diseño de la investigación

Para un fácil entendimiento de la metodología que se va a aplicar para conseguir los objetivos del proyecto, se desarrolló un diagrama en el cual se han dividido las actividades dentro de ocho fases. Siguiendo este diagrama se podrá trabajar de mejor manera y cumplir los objetivos en el orden que han sido planteados.

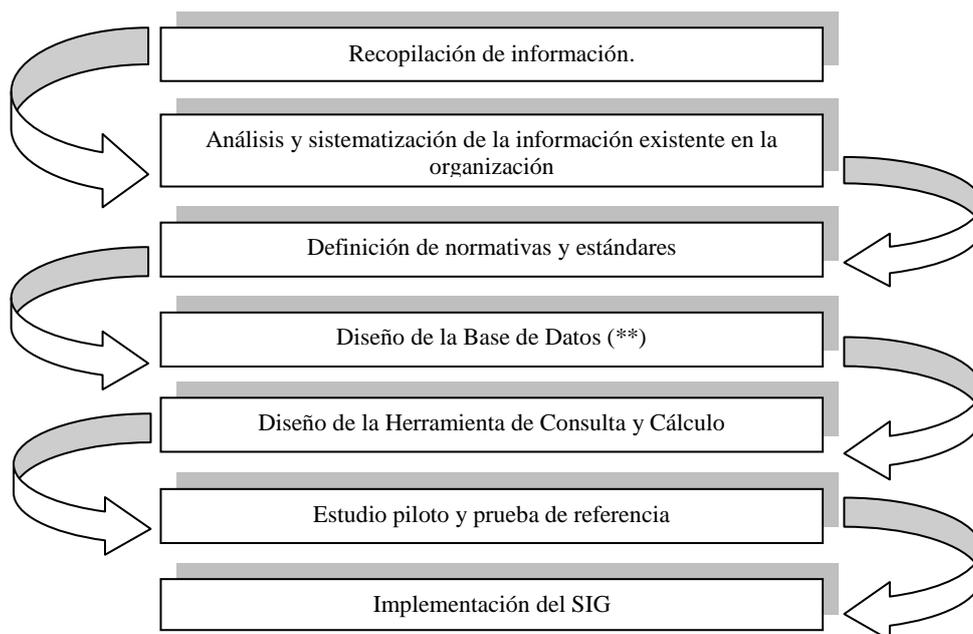


Figura. 1.4. Fases del proyecto del grado

(**) Diseño de la Base de Datos abarca:

- Simbolización de gráficos (color, peso, tamaño, símbolos, etc.).
- Estructuración de los archivos gráficos.
- Estructuración de los atributos no gráficos.
- Organización de los directorios de archivos.
- Identificación (nombres) de directorios y archivos.
- Representación de los productos del SIG (layouts, otros formatos)

Fase 1: Recopilación de información

Familiarizarse con la información que se maneja dentro de la organización, conocer los procesos que realiza para la obtención de dicha información y como y quien la maneja y para qué la utiliza.

Fase 2: Análisis y sistematización de la información

Clasificación de la información de acuerdo a su homogeneidad, comprobación de la correcta utilización de los formatos adecuados, identificación de redundancias, comprobación de topología.

Fase 3: Normativas y Estándares

Obtener información sobre los estándares y normativas internacionales (ISO, OGC) y el procedimiento para su aplicación en el proyecto.

Fase 4: Diseño de Base de Datos Geográfica

Se lo realizará mediante el diseño y la aplicación de los tres modelos fundamentales para la creación de bases de datos: conceptual, lógico y físico. En esta fase es de suma importancia la comunicación con el personal que maneja la información para poder definir sus necesidades y orientar el proyecto hacia ellas.

Fase 5: Diseño de la herramienta de consulta y cálculo

Se desarrollará una herramienta con la cual sea posible consultar la información con la que se contará en el SIG implementado. Además mediante la integración de herramientas del Sistema de Información Geográfica se generará un proceso de cálculo para simplificar el trabajo.

Fase 6: Estudio Piloto

Consiste en probar el SIG y sus herramientas de consulta y cálculo para generar un mapa con las características que se definan para su prueba.

Fase 7: Implementación del SIG

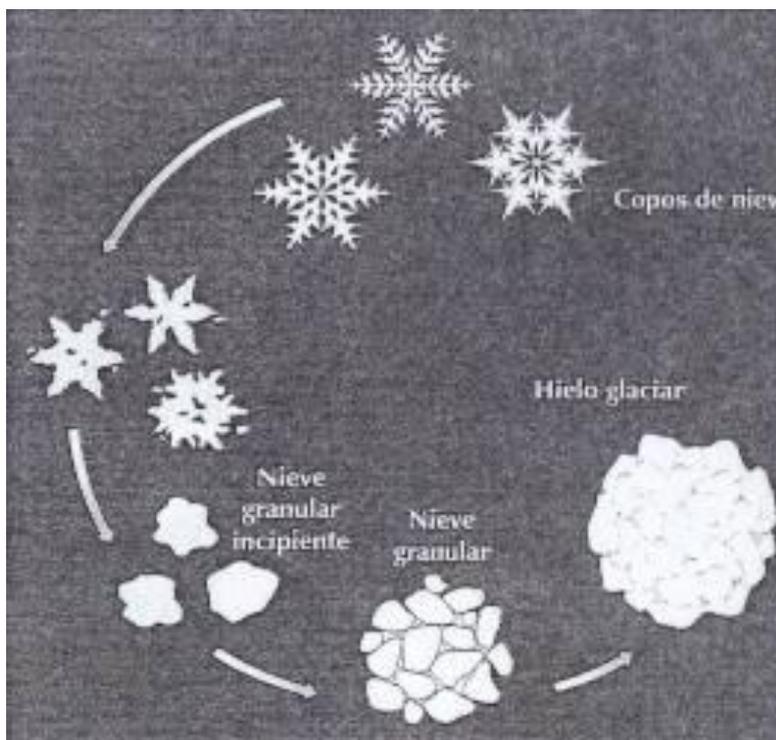
Integración de bases de datos alfanuméricas y geográficas, además de añadir la herramienta de consulta.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES

2.1. Glaciar

Es una masa de hielo compuesta de nieve compactada y cristalizada, (Figura. 2.1.), que fluye por su propio peso sobre una superficie; este movimiento no es perceptible, pero puede ser comprobado mediante mediciones. Existen dos variables meteorológicas que influyen en el comportamiento de un glaciar que son la fusión⁶ y la sublimación⁷.



Fuente: Longwell y Flint, *Geología Física*, 1991.

Figura. 2.1. Transformación de nieve en hielo

⁶ Paso del estado sólido al líquido (de nieve/hielo a agua), por acción de los rayos solares.

⁷ Evaporización del hielo y recristalización del vapor acuoso resultante.

Los glaciares contienen cerca de 2.15% de agua en el planeta (Wicander, R. Monroe, J. et al, 2000), lo cual representa una reserva importante.

2.1.1. Tipos de glaciares

Los glaciares se clasifican⁸ de la siguiente manera:

- Glaciares de casquete

Son glaciares de grandes magnitudes, con una extensa acumulación de hielo y tienen formas irregulares que cubren el terreno (Figura. 2.2.). Estas formaciones tienen lugar en zonas donde la radiación solar es mínima, esta característica hace que los polos (latitudes altas) sean los más idóneos para albergarlas.

Estos glaciares fluyen en todas las direcciones y pueden tener varios puntos de acumulación. Todo se encuentra cubierto por estos grandes mantos de nieve a excepción de las zonas con pendientes elevadas.



Fuente: *La Enciclopedia del Estudiante*, 2006.

Figura. 2.2. Frente del glaciar de casquete en la Isla Decepción, cerca de la Antártida

⁸ Según Longwell, Flint, *Geología Física*, 1991.

- Glaciares de valle o alpinos

Son los más numerosos y frecuentes. Su dimensión es mucho menor que los glaciares de casquete y su formación se da en elevaciones altas (montañas). Estos glaciares son corrientes de hielo que se deslizan valle abajo lentamente (Figura. 2.3.). El glaciar del volcán Antisana pertenece a este tipo.

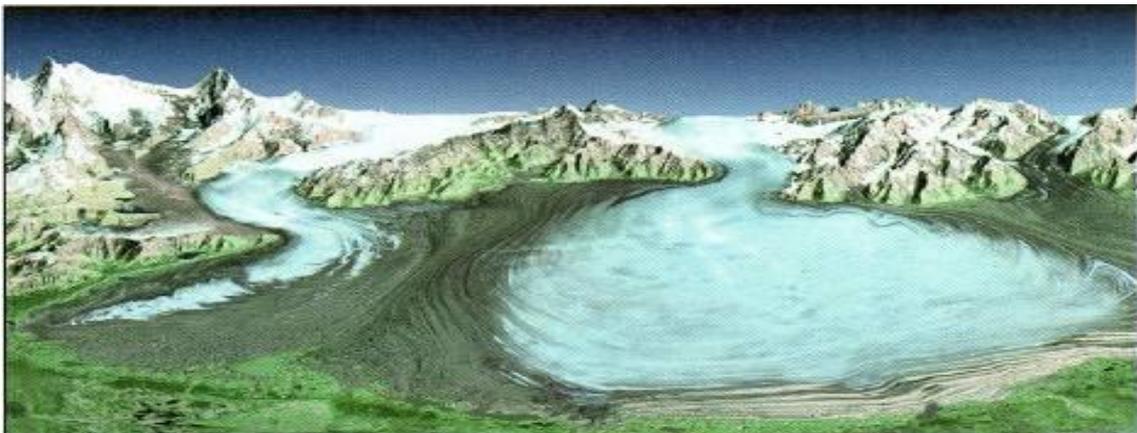


Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 2.1. Glaciar 15 lenguas α y β del volcán Antisana

- Glaciares de pie de monte

Estos glaciares se forman en una planicie ubicada en la base de una montaña y es alimentado por glaciares de valle como se muestra en la Figura. 2.3.



Fuente: NASA / JPL en Tarbuck, Lutgens.⁹

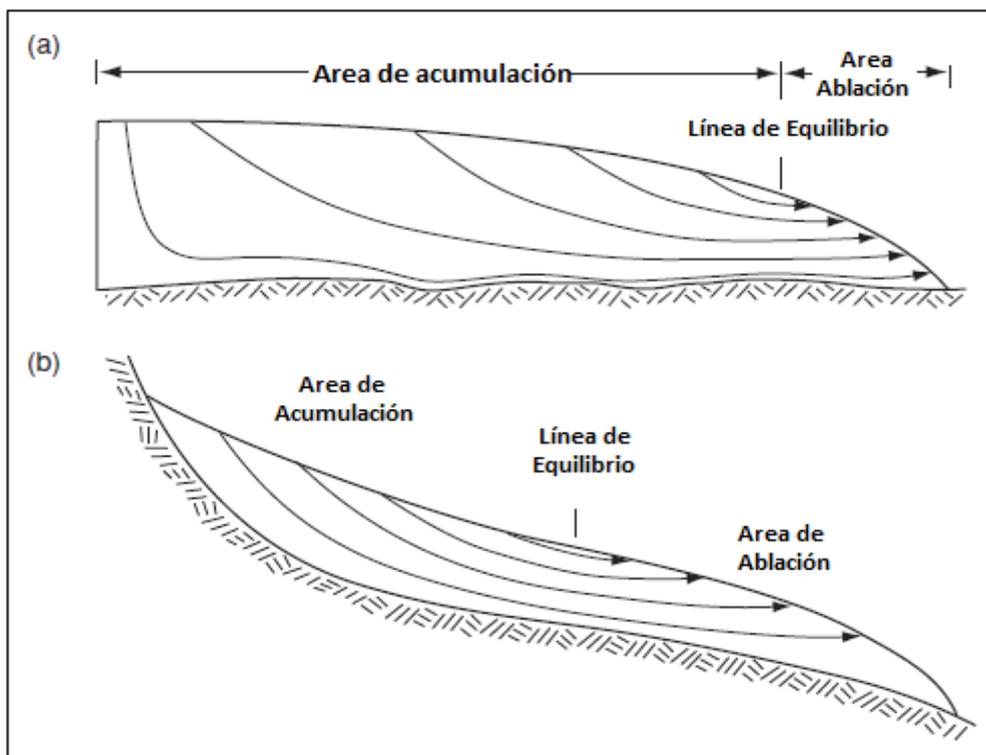
Figura. 2.3. Glaciar de pie de monte Malaspina al SE de Alaska

⁹ Tarbuck, Lutgens, *Geología Física*.

2.2. Balance de masa del glaciar

Es "...la ganancia o pérdida neta anual de nieve en agua equivalente para todo el cuerpo de hielo..."¹⁰

La existencia de los glaciares se basa en que durante la época fría la caída de nieve es mucho mayor que la fusión de la misma durante el verano, así se produce la acumulación neta de nieve en una de las tres partes del glaciar (Figura. 2.4.) conocida como *zona de acumulación*; esto tiene lugar en la parte más alta del glaciar.



Fuente: Hooke, R. *Principles of Glacier Mechanics*, 2005.

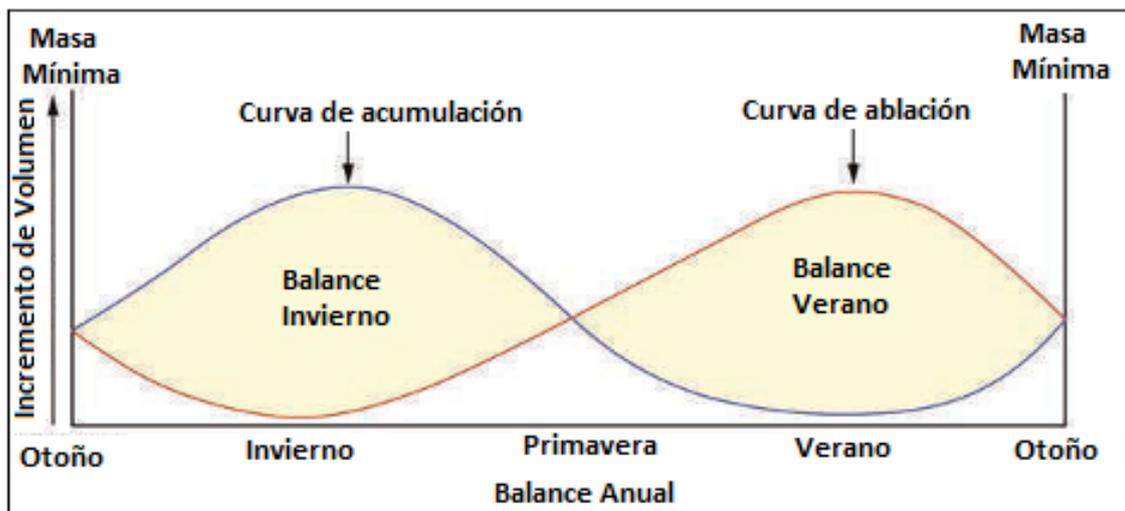
Figura. 2.4. Partes del glaciar (a) de casquete y (b) de valle

En las partes de menor altura el hielo tiende a moverse por acción de la gravedad y llega a zonas donde se produce mayor fusión anual que caída de nieve durante sus respectivas estaciones para producir una pérdida neta. A esta parte del glaciar se la

¹⁰ Balance de Masa Glaciológico y Condiciones Regionales de Nieve en el Norte Chico: interacción con El Clima y su Influencia en el Deshielo

conoce como *zona de ablación*. La línea que divide estas dos zonas es conocida como *línea de equilibrio* o *límite de las nieves perpetuas*; en este punto la fusión total al final del verano va a ser equivalente a la caída de nieve al final del invierno. Este límite varía de año a año.

Estas variaciones de caída y fusión de nieve (Figura. 2.5.) provocan que los glaciares se encuentren constantemente perdiendo y ganando hielo. Dichas variaciones tendrán lugar dependiendo de factores tales como fusión (precipitación y temperatura) y sublimación (temperatura, radiación, velocidad y dirección del viento); que son diferentes en cada estación y que, muchas veces, se ven afectadas por fenómenos tales como El Niño y La Niña, para el caso del Ecuador por ejemplo.



Fuente: Sugden, John, *Glaciers and Landscape*, 1976¹¹

Figura. 2.5. Gráfico de acumulación y ablación en función de la estación

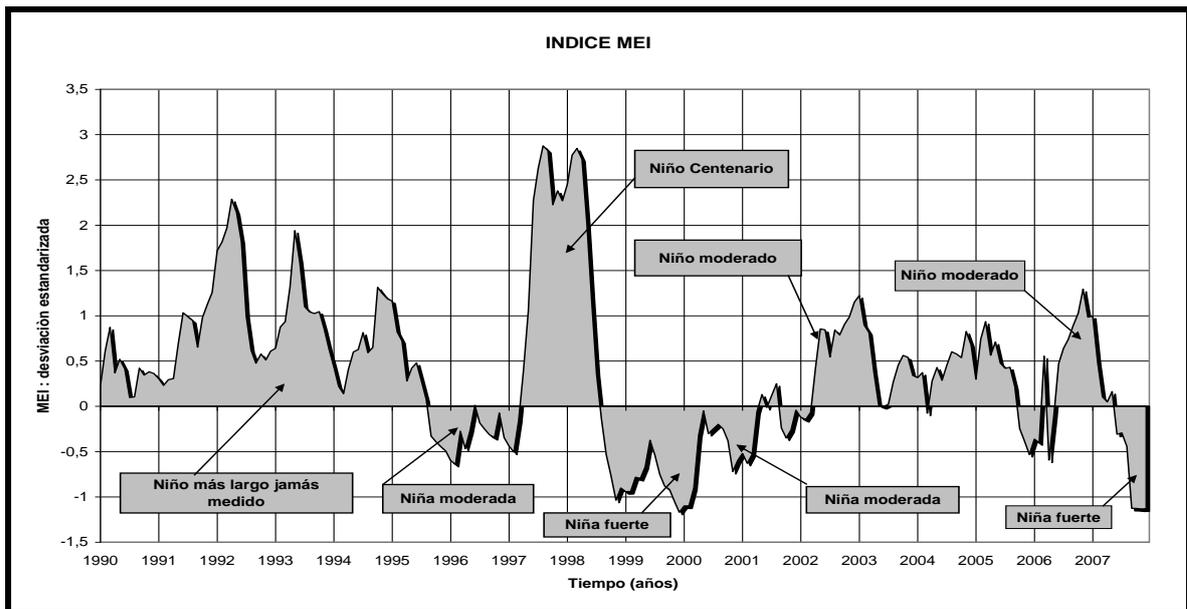
2.3. Cambio y variabilidad climática: su impacto en los glaciares

El gran incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero es el factor causante del incremento progresivo de la temperatura causa por la cual los glaciares están retrocediendo tan dramáticamente en los últimos años.

¹¹ Bennett, M.; Glasser, N., *Glaciar Geology*, 2009

Los glaciares alpinos son sistemas naturales altamente vulnerables a las variaciones climáticas; por esta razón son considerados buenos indicadores de las mismas. En América Latina el retroceso de los glaciares tendrá impactos negativos en cuanto a la escorrentía y mayoritariamente en agua la misma que representa la fuente principal para el uso humano (riego, generación de energía y navegación).

En el Ecuador la variabilidad del clima se relaciona con fenómenos que ya han causado problemas a nivel socioeconómico y ambiental como es El Niño, el mismo que representa “la causa de una gran parte de la variabilidad climática a escala interanual en América Latina”¹². Esta variabilidad se magnifica por el calentamiento global. En la Figura. 2.6., se puede observar las diferentes magnitudes, definidas con el índice MEI¹³, que han presentado los fenómenos de El Niño y La Niña en el Ecuador desde 1990 hasta 2007



Fuente: Wolter & Timlin, 1993

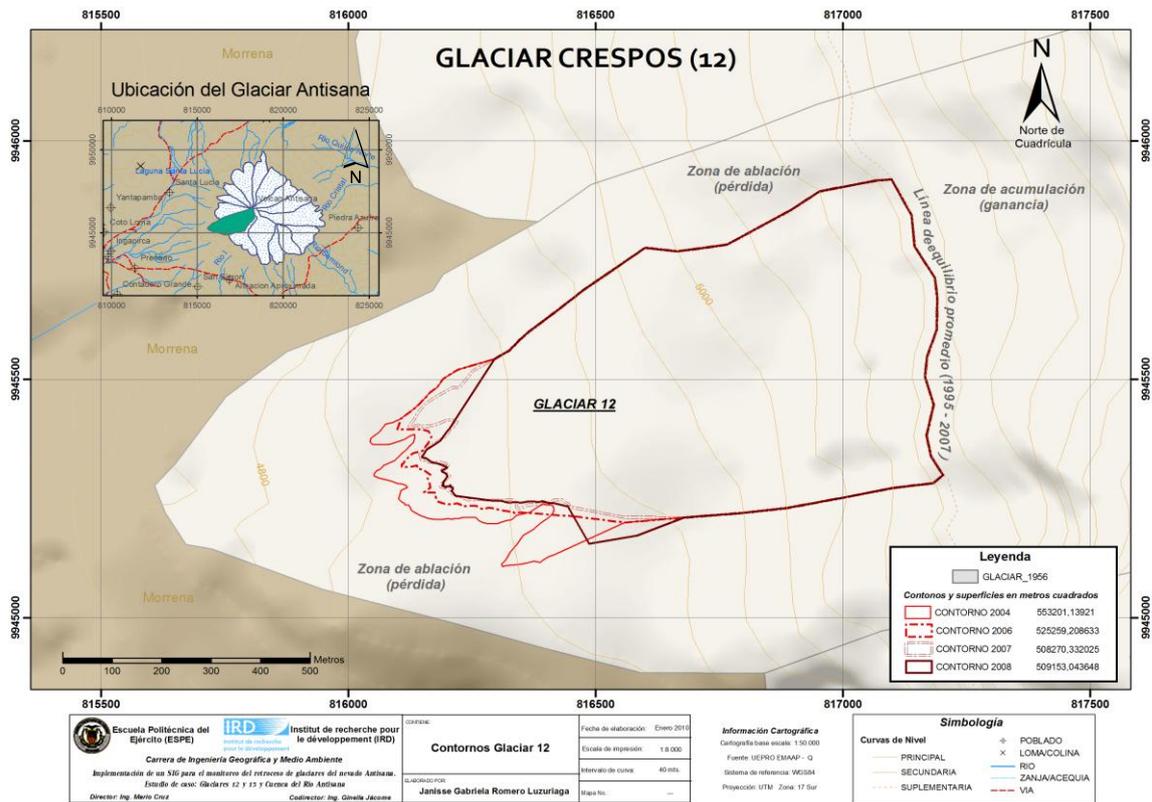
Figura. 2.6. Comportamiento de los fenómenos de El Niño y la Niña

¹² Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001 Impactos, adaptación y vulnerabilidad (IPCC)

¹³ El Índice ENSO Multivariado es el resultado de la combinación de seis variables del clima sobre el Pacífico ecuatorial que son: presión al nivel del mar, componentes zonales y meridionales del viento sobre la superficie del mar, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire al nivel del mar, fracción de la nebulosidad total del cielo.

Se toma en consideración la primera componente del ACP (Análisis de componentes principales) Estos datos son procesados por el método de las medias móviles tomando períodos de dos meses por ejemplo dic/ene, ene/feb ..., etc. (Wolter & Timlin, 1993).

Los glaciares del volcán Antisana (12 y 15) se encuentran en constante monitoreo para evaluar su comportamiento ante las duras consecuencias de la variación de temperatura. Anualmente se puede apreciar que la pérdida de *longitud de lengua*¹⁴ es bastante representativa, y es mayor aún si se la compara con el estudio realizado en el año de 1956 (Figura. 2.7.).



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 2.7. Mapa de contornos - Glaciar 12

2.4. Situación actual del volcán Antisana

El monitoreo que se ha realizado en los glaciares de este volcán comenzó en el año 1956 y se ha extendido hasta la actualidad. Los parámetros evaluados para conocer el comportamiento de los glaciares son dos, el *balance de masa*¹⁵ que describe la masa ganada o perdida sobre varias escalas espaciales o temporales y que además permite relacionar el estado del glaciar con las variaciones climáticas y la

¹⁴ Distancia medida desde la cumbre del volcán hacia el punto más bajo de la lengua del glaciar.

¹⁵ Hubbard, B. Glasser, N. *Field Techniques in Glaciology And Glacial Geomorphology*.

geometría del glaciar que permite conocer cómo varía la longitud, el área de la lengua de glaciar, entre otras.

En las siguientes tablas se puede observar cómo ha variado la geometría del glaciar 15 conformado por las lenguas alfa (α) y beta (β).

Tabla. 2.1. Evolución de la longitud del Glaciar 15 α de 1956 al 2007

Año	Longitud (m)	Long. Perdida/Ganada (m)	Pérdida (%)
1956	2235	0	0
1956-1965	2193	-42	2
1965-1993	2103	-90	6
1993-1996	2049	-54	8
1996-1997	1989	-60	11
1997-1998	1963	-26	12
1998-1999	1979	16	11
1999-2000	2006	27	10
2000-2001	1979	-27	11
2001-2002	1964	-15	12
2002-2003	1910	-54	15
2003-2004	1883	-26	16
2004-2005	1856	-27	17
2005-2006	1846	-10	17
2006-2007	1840	-7	18

Fuente: GLACIARES DEL ECUADOR: ANTISANA Y CARIHUAYRAZO Informe del año 2007

Tabla. 2.2. Evolución de la longitud del Glaciar 15 β de 1956 al 2007

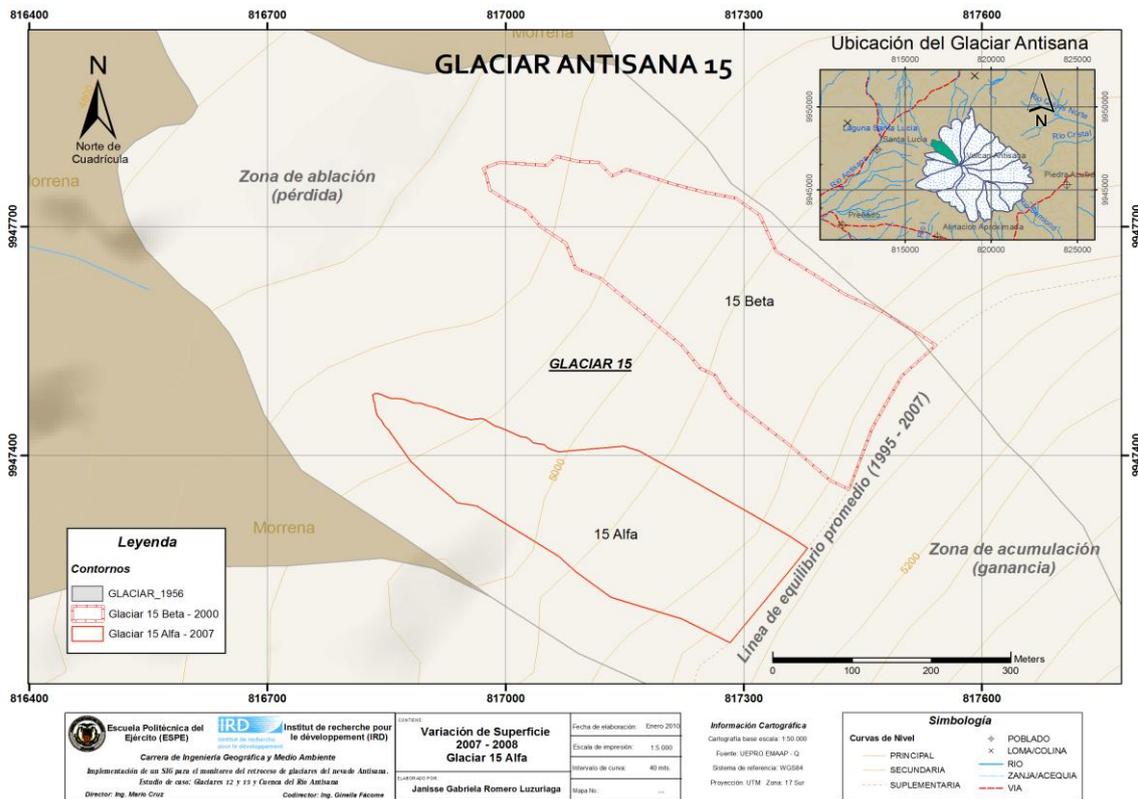
Año	Longitud (m)	Long. Perdida/Ganada (m)	Pérdida (%)
1956	2380	0	0
1956-1965	2359	-21	1
1965-1993	2216	-143	7
1993-1996	2158	-58	9
1996-1997	2104	-54	12
1997-1998	2054	-50	14
1998-1999	2064	10	13
1999-2000	2060	-4	13
2000-2001	2052	-8	14
2001-2002	2008	-44	16
2002-2003	1932	-76	19
2003-2004	1913	-19	20
2004-2005	1900	-13	20
2005-2006	1881	-19	21
2006-2007	1870	-11	21

Fuente: GLACIARES DEL ECUADOR: ANTISANA Y CARIHUAYRAZO Informe del año 2007

Como se puede observar en todas las tablas, el año 1956¹⁶ se ha tomado como punto de referencia para todos los monitoreos de los años posteriores.

¹⁶ Constituye un referencia debido a que es el primer estudio llevado a cabo en el glaciar del volcán Antisana, realizado por el IGM y el INAMHI.

En cuanto a la longitud de la lengua del glaciar 15 α , (Tabla. 2.1.), se tiene que, aunque han existido años en los que la lengua ha avanzado, predominan los años en que ha retrocedido, lo que ha producido hasta el 2007 una pérdida de longitud del 18% con relación a 1.956 (Figura. 2.8.). Una situación similar ocurre para la lengua del glaciar 15 β , (Tabla. 2.2.), donde la pérdida total fue de un 21% hasta el 2007.



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 2.8. Mapa de contornos - Glaciar 15

2.5. Variación de la cobertura glaciar

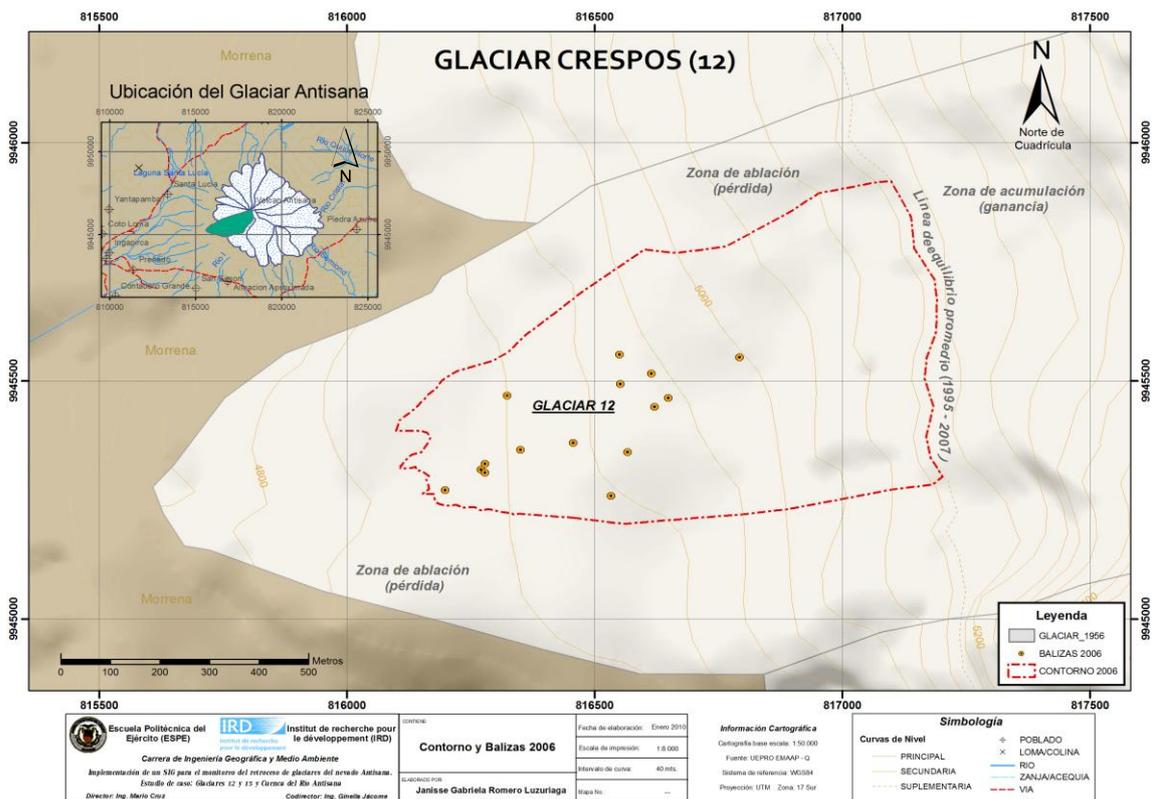
El retroceso de glaciares es un fenómeno en el cual se experimenta la pérdida de masa glaciar. En el Ecuador, se considera que los factores más influyentes son la variabilidad climática (sublimación y fusión) y los fenómenos de El Niño y La Niña.

El retroceso de los glaciares alpinos se ha convertido en una evidencia cuantitativa, ya que su medición anual proporciona las variaciones que se dan y se puede evaluar y analizar dichos resultados y los factores que han influido sobre éstos. Estos análisis se vuelven de vital importancia en el momento de evaluar cuán afectados se

ven los páramos aledaños y los recursos hídricos que abastecen del líquido vital a los poblados cercanos.

El monitoreo de los glaciares 12 y 15 del Volcán Antisana se ha desarrollado desde 1.996 y 2.004 respectivamente, para lo cual ha sido necesario levantar información geográfica y alfanumérica.

La información geográfica se centra en los contornos del glaciar y las balizas distribuidas dentro del mismo (Figura. 2.9.), para lo que se levanta esta información anualmente. Mientras que la información alfanumérica es tomada de las balizas los primeros días de cada mes.



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 2.9. Contorno y balizas del glaciar 15 alfa – año 2005

Las balizas, (Foto. 2.2.), se forman de seis estacas, cada una de 2 metros de longitud, colocadas una sobre otra y numeradas ascendentemente desde su base en el hielo. Los datos necesarios para calcular el balance de masa anual son el número

de estaca en la que se encuentra la nieve/hielo (tramo), la emergencia (porción de estaca que sobresale del hielo), el espesor total de la nieve que se acumula sobre la capa de hielo y las densidades del hielo y de la nieve.



Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 2.2. Baliza - Toma de datos mensual

El balance del glaciar se lo calcula sobre la zona de ablación en función del área que abarca y la distribución de las balizas sobre esta.

La fórmula que se aplica para obtener los valores de balances es la siguiente:

$$B = - 0.9 (Hm + 1 - Hm) + 0.4 (Nm - Nm + 1)$$

B = balance equivalente en mm¹⁷ de agua de la cantidad de hielo/nieve perdida por el glaciar en el sitio de cada baliza

H = emergencia de la baliza respecto a la superficie del hielo en cm.

¹⁷ Todos los datos que participan en el cálculo de balance de masa son tomados en centímetros pero al final esta dato debe expresarse en milímetros.

N = espesor de la capa de nieve en cm.

m = mes dado

$m + 1$ = mes posterior.

Por ejemplo, si se tiene los siguientes datos:

<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>
Tramo: 4	Tramo: 3
Emergencia: 125	Emergencia: 75
Nieve: 30	Nieve: 45

En la realidad esta información se representa como está plasmado en la Figura. 2.10., en la que se puede observar los datos correspondientes a enero: tramo, emergencia y nivel de nieve con color azul, rojo y rosado respectivamente, y para febrero se utilizó los colores celeste, negro y gris.

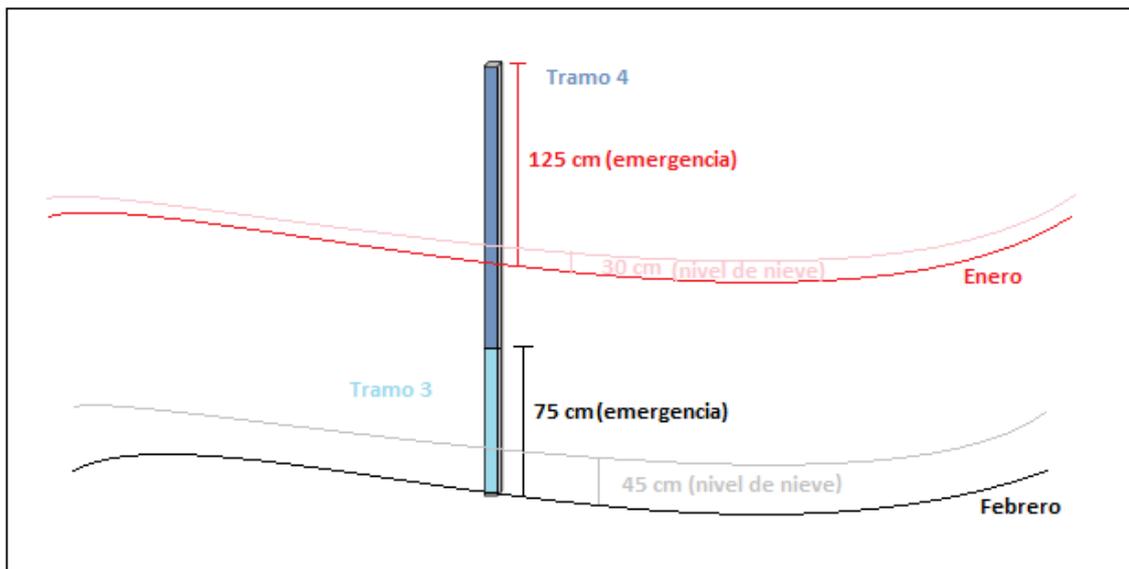


Figura. 2.10. Mediciones para el cálculo de balance de masa mensual de la zona de ablación

Si en enero la emergencia fue de 125 cm en la estaca (tramo) 4, entonces lo que estuvo cubierto por hielo fue 75 cm de la misma estaca (porque cada estaca mide 2 metros), adicional a los 75 cm de emergencia en febrero, la disminución total ha sido de 150 cm (Figura. 2.11).

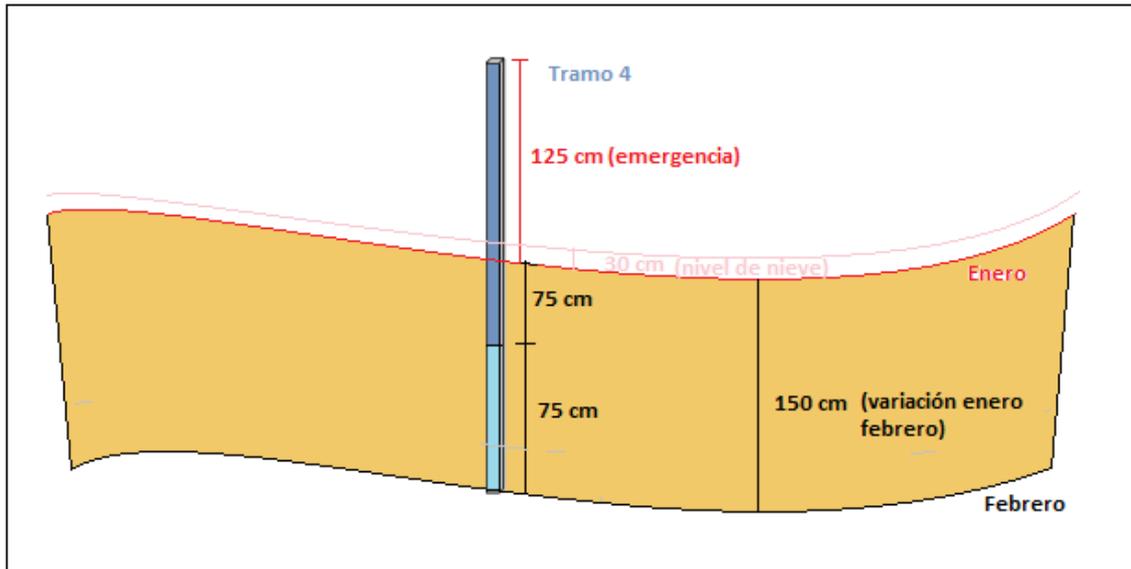


Figura. 2.11. Variación Enero – Febrero (ejemplo)

Para la variación del nivel de nieve sólo se hace la resta de enero menos la de febrero y el valor que se obtiene es de -15 cm.

Finalmente al reemplazar los valores en la fórmula se obtiene lo siguiente:

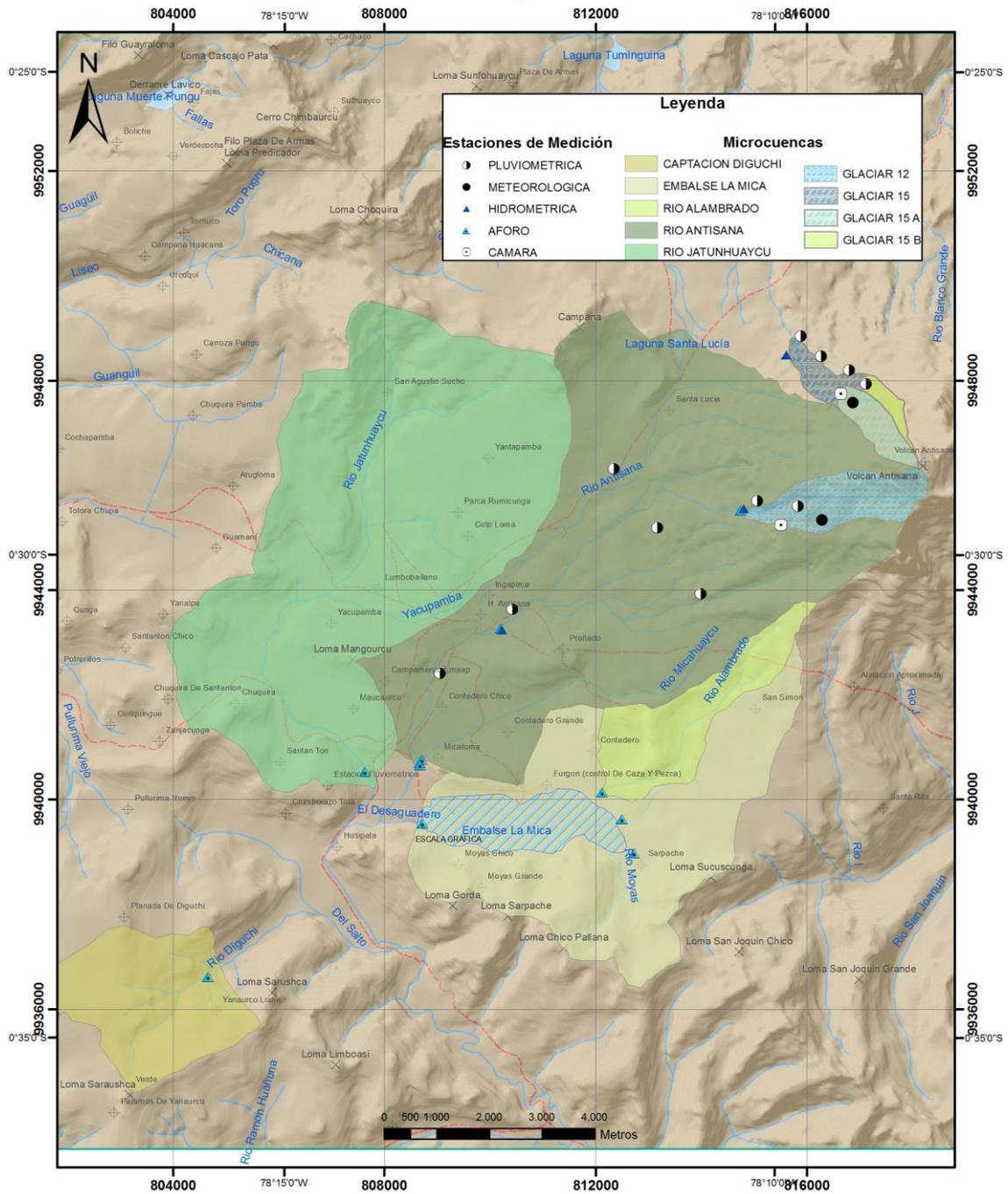
$$\begin{aligned}
 B &= -0.9 (150) + 0.4 (-15) \\
 B &= -135 - 14,6 \\
 B &= -149,6 \text{ cm} = -1.496 \text{ mm} = \text{Balance del mes para enero}
 \end{aligned}$$

Con el balance de masa anual y la superficie del glaciar es posible obtener el volumen que ha variado.

2.6. Hidrología y meteorología en la cuenca

Para llevar a cabo el monitoreo de la cuenca del río Antisana se cuenta con información hidrológica y meteorológica tomada por estaciones automáticas que se encuentran distribuidas sobre el glaciar y otras en toda la cuenca (Figura. 2.12.).

Estaciones y Cuencas



<p>Escola Politécnica del Ejército (ESPE) IRD Institut de recherche pour le développement (IRD)</p> <p><i>Carrera de Ingeniería Geográfica y Medio Ambiente</i> <i>Implementación de un SIG para el monitoreo del retroceso de glaciares del nevado Antisana.</i> <i>Estudio de caso: Glaciares 12 y 15 y Cuenca del Río Antisana</i> <i>Director: Ing. Mario Cruz</i></p>	<p>Contenido: Hidro - Meteorología</p> <p>ELABORADO POR: Janisse Gabriela Romero Luzuriaga</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:90.000 INTERVALO DE CURVA: 40 mts.</p>		<p>Información Cartográfica Cartografía base escalas: 1:50.000 Fuente: UEPRO EMAAP-Q Sistema de referencia: WGS84 Sistema de Coordenadas Geográficas Meridiano de Referencia: Greenwich Unidades: Grados Sexagesimales</p>	<p>SIMBOLOGIA</p> <p>Curvas de Nivel PRINCIPAL: X SECUNDARIA: — POBLADO: ⊕</p> <p>Curvas de Nivel AREA_ESTUDIO: [Green Box] LOMA/COLINA: [X] RIO DOBLE: [Blue Line] LAGOLAGUNA: [Blue Box] EMBALSE: [Blue Box]</p>
--	---	--	---	---

Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 2.12. Mapa de estaciones y cuencas

Este monitoreo se relaciona con el comportamiento del glaciar ya que con los datos obtenidos de las estaciones es posible conocer cuál es el aporte del glaciar para las reservas de agua y cómo éste cambia debido a la variabilidad climática.

Cada estación de medición tiene diferentes captores (sensores) que se encuentran tomando datos de forma distinta dependiendo de su naturaleza o tipo. Los de tipo instantáneo toman información cada 15 o 30 minutos dependiendo del captor, los de tipo diario sólo toman un dato por día y los de tipo mensual un dato por mes. Cada estación puede tener uno o más captores de diferente tipo.

En cuanto a la hidrología, las estaciones hidrométricas Crespos, Humboldt, (Foto. 2.3.) y Glaciar 15 proporcionan datos de cotas (valor de altura del nivel de agua) o caudal, dependiendo de la naturaleza del captor, la fecha y la hora en que se registró la información. Además, también se obtiene información manualmente, mediante aforos en los cuales se realiza la medición de las cotas en diferentes puntos del río y en las estaciones automáticas para poder comparar datos.



Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 2.3. Estación hidrométrica Humboldt

Las estaciones meteorológicas automáticas ORE, (Foto. 2.4.), y SAMA toman diferentes datos dependiendo de la naturaleza del captor; éstos pueden ser temperatura, humedad, dirección del viento, radiación y velocidad del viento, y adicional a esta información proporcionan fecha y hora de la toma de datos.



Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 2.4. Estación meteorológica ORE

Las estaciones pluviométricas, (Foto. 2.5), tienen captosres de un solo tipo los mismos que dan el valor pluviométrico además de la fecha y hora de la toma de información.



Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 2.5. Pluviómetro

Los datos tomados por las estaciones son sometidos a un proceso de depuración, como paso previo a su ingreso a la base de datos 36Glaciares de Hydraccess¹⁸, de la que se obtiene los datos definitivos clasificados por categorías.

¹⁸ Programa desarrollado por el IRD para manejo de información hidro – meteorológica. Base Access

CAPÍTULO 3

NORMATIVA – ESTANDARIZACIÓN

3.1. Introducción

La estandarización y normalización de la información geográfica durante mucho tiempo no fue tratada con la importancia que ésta merece. Los trabajos que se realizaban no seguían una misma línea de diseño en cuanto a objetos y datos, aún cuando éstos se trataban de temas iguales o semejantes se presentaban problemas al tratar de integrar información que procedían de otras fuentes. Por lo tanto, en este proyecto, será necesario homologar el manejo de la información y conocer todo lo posible en cuanto a su origen para que cuando sea necesario intercambiar datos no se produzcan los problemas ya mencionados

En la actualidad, aún cuando se cuenta con normas y estándares para el manejo de los datos en el momento de intercambiar o integrar nueva información muchos de los profesionales no las ponen en práctica, y sigue siendo éste uno de los problemas más frecuentes a los que se enfrentan muchas empresas y organizaciones.

En el Ecuador, desde hace varios años, ya se ha comenzado a poner en práctica las normas que se ha generado internacionalmente como la Norma de Intercambio de Información Geográfica Digital – DIGEST y la Organización de Estandarización Internacional - ISO. El Sistema Nacional de Información (SNI) en su componente territorial (SNIT) pone a disposición en su página web “información espacial en conformidad con principios que guían la actividad geográfica y cartográfica”¹⁹ del país. Esta información es tomada de la base de datos PostGIS de la Secretaría

¹⁹ Sistema Nacional de Información Territorial, Visor de Información Geográfica, agosto de 2009

Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES y de distintas instituciones del Gobierno Central (CLIRSEN, IGM, entre otras) que trabajan en línea bajo la lógica de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), la cual se apega completamente a todas las normativas vigentes, en cuanto a Metadatos (ISO 19115 y 19136) y Catálogo de Objetos (DIGEST).

Debido a la importancia que está tomando la homologación de la información en el Ecuador, durante la realización de este proyecto de grado se seguirá las normativas vigentes, antes mencionadas, para generación de catálogo de objetos y metadatos.

3.2. Normativas y estándares

3.2.1. Catálogo de objetos

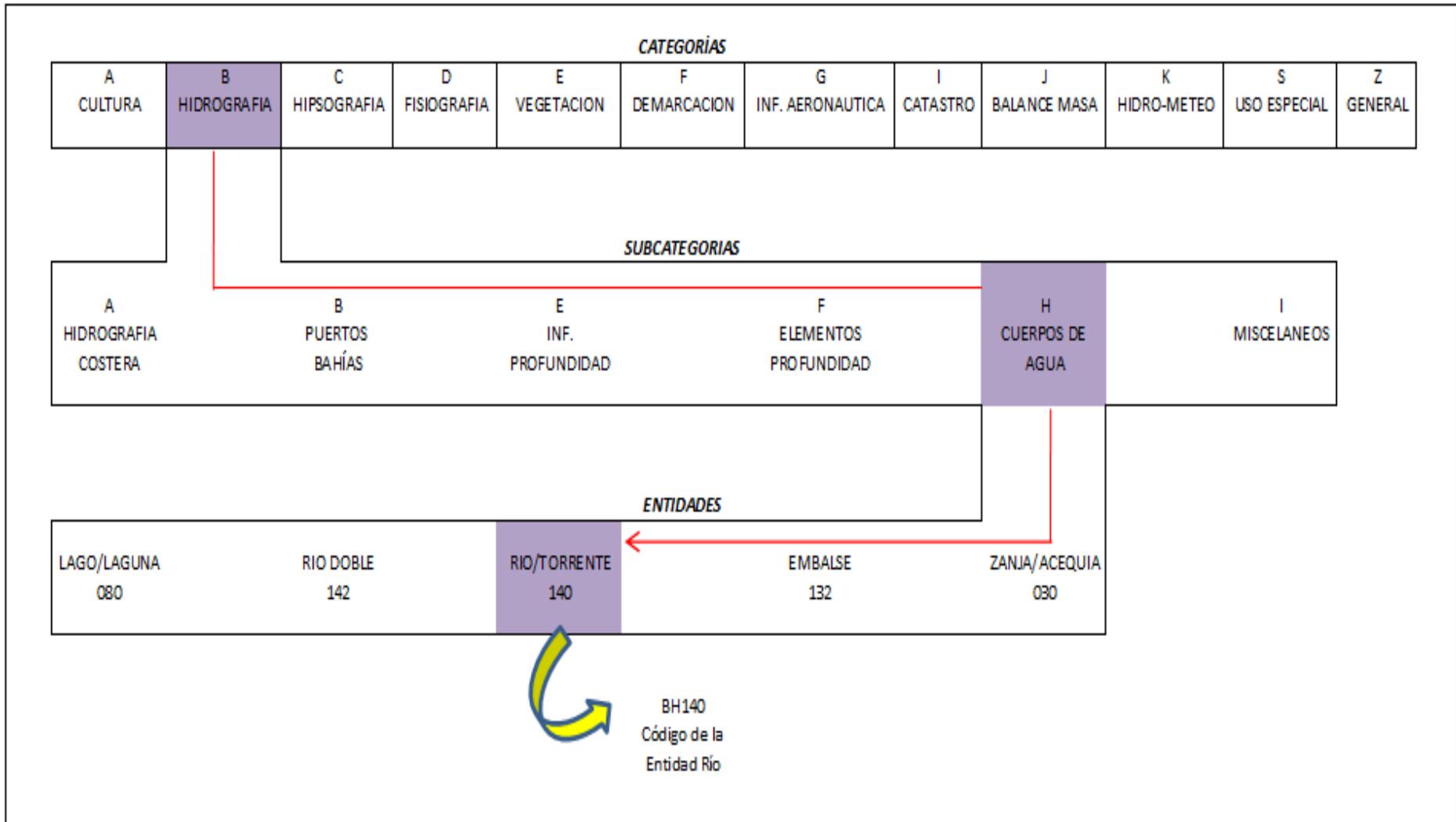
El desarrollo del catálogo de datos del sistema estará regido por el catálogo de objetos que pone a disposición la Norma de Intercambio de Información Geográfica Digital – DIGEST, la cual fue desarrollada por el Grupo de Trabajo de la Información Geográfica Digital (DGIWG), con el fin proporcionar un soporte eficiente para el intercambio de información. Esta normalización fue creada en 1990, esencialmente para permitir el intercambio entre numerosas naciones y soportar la variedad de aplicaciones civiles y militares.

DIGEST generó el Catálogo de Codificación de Elementos Geográficos y Atributos – FACC que se basa en la norma ISO 19126 que es un Estándar Internacional que cumple normas y métodos definidos en la ISO CD 19110 que se refiere a la Metodología para catalogar objetos, además de permitir consultar la definición de objetos y atributos.

En el Ecuador, el Instituto Geográfico Militar (IGM) es el organismo técnico que genera información geográfica digital y que desde 2004 se ha encargado de generar una metodología de manejo de datos apegada a la normalización impuesta por DIGEST, además de incluir datos que son de interés interno, es decir, se ha ido ajustando un modelo de datos sin dejar de lado la norma sino buscando una combinación de atributos según las necesidades del país.

En la página web del IGM y en la de DIGEST se encuentran disponibles los documentos que sirvieron de guía para generar el catálogo de objetos. Con base en la tercera versión del documento del IGM (septiembre de 2007) y la versión 2.1 (del año 2001) del documento de DIGEST, se obtuvo la clasificación en categorías, subcategorías, entidades, además de sus atributos obligatorios según la normativa DIGEST adoptada por el Ecuador. La información completa sobre entidades y atributos se puede encontrar en el *ANEXO 1 – Diccionario de datos*.

Cada entidad se encuentra identificada por un código único que, como se puede observar en la Figura.3.1., consta de cinco caracteres. El primero es una letra del alfabeto (A – Z) y define la categoría a la que pertenece. El segundo es una letra del alfabeto (A – Z) y corresponde a la subcategoría a la cual se encuentra ligada. Finalmente el tercero, cuarto y quinto son los que brindan la identificación única y utilizan números (000 – 999).



Fuente: Modificado de Catálogo de Objetos IGM

Figura. 3.1. Esquema de organización del Catálogo de Objetos

Finalmente para este proyecto se obtuvo la siguiente clasificación:

Tabla 3.1. Catálogo de Objetos para el SIG_GREATICE

Categoría	Código	Subcategoría	Código	Entidad	Código	Tipo información
CULTURA	A	Misceláneos	L	Poblados	AL105	Vector/Punto
		Transportación / Carreteras	P	Vías	AP030	Vector/Línea
HIDROLOGÍA	B	Cuerpos de Agua	H	Lago / Laguna	BH080	Vector/Polígono
				Río Doble	BH142	Vector/Polígono
				Río / Torrente	BH140	Vector/Línea
				Embalse	BH132	Vector/Polígono
				Zanja / Acequia	BH030	Vector/Línea
		Nieve / Hielo	J	Glaciar	BJ030	Vector/Polígono
Drenaje*	L	Cuenca	BL010	Vector/Polígono		
CARTOGRAFIA	C	Hipsografía	A	Curva de Nivel	CA010	Vector/Línea
		Área de Estudio*	B	Límite	CB010	Vector/Polígono
FISIOGRAFIA	D	Formas del Terreno	B	Loma / Colina	DB031	Vector/Punto
DEMARCACIÓN	F	Límites Hidrográficos	C	Contorno de Glaciar*	FC180	Vector/Polígono
BALANCE DE MASA*	J	Monitoreo del Glaciar	A	Balizas	JA010	Vector/Punto
		Rangos Altitudinales	B	Área Parcial	JB010	Vector/Polígono
HIDRO – METEOROLOGÍA*	K	Estaciones de Medición	A	Estación Automática/ Aforos	KA010	Vector/Punto

* Categorías, subcategorías o entidades creadas / no existentes en los catálogos de objetos IGM ni DIGEST

3.2.2. *Metadatos*

Los metadatos son conocidos como “la información de la información”, es decir proporcionan información sobre el contenido, propósito, calidad, confiabilidad, formato, creación, autor, y posible publicación de un dato o conjunto de datos.

La creación de los metadatos se apega a normativas y estándares para que la información que requieren éstos sea manejada dentro de un mismo formato y terminología y, de esta manera, sea fácil evaluar la utilidad y confiabilidad de los datos.

“... Los metadatos basados bajo un estándar aseguran la consistencia y calidad de la información y a su vez evitan que se omita o se pierda el conocimiento de información relevante...”²⁰. De cierto modo esto es verdad ya que para validar un metadato en base a un estándar, son obligatorios los parámetros como la escala que permite conocer la precisión y la calidad de la información en dónde se debe explicar cómo fue obtenida la misma. Esto no asegura una adecuada calidad de la información pero permite conocer qué tan confiable puede ser.

Los metadatos por lo general son publicados dentro de un sistema de catálogos conocidos también como registros que permiten búsquedas, acceso a la información y contactar a los productores o responsables de la información. Entre los catálogos más utilizados están ArcCatalog (ESRI), CadMedit, XTME, Geonetwork, entre otros.

Existen diferentes normativas para la generación de metadatos, éstas son utilizadas dependiendo la norma que se haya adoptado en el lugar dónde se ha generado la información. Algunas de estas normas son:

²⁰ SENPLADES, Guía de generación de metadatos, 2009

- FGDC²¹ – USA – 1994: aplicada en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y Sudáfrica
- ISO²² 19115 (2003) y 19139 (2007): normas internacionales.

Debido a que las normas ISO 19115 y 19139 son internacionales todos los países del mundo están adoptándolas.

Estas normas fueron desarrolladas dentro del conjunto de normas ISO 19100 referentes a metadatos, por el Comité Técnico 211 (TC-211)²³, denominado *Información Geográfica/ Geomática*.

La norma ISO 19115 provee un modelo de generación de metadatos con términos y procedimientos comunes. Sin embargo no deja de ser compleja ya que posee numerosos elementos de carácter obligatorio. Esta norma se compone de 140 páginas y 409 ítems. El formato que se utiliza para la presentación del metadatos es el Lenguaje Unificado de Modelo (UML) que es un conjunto de herramientas que permiten representar un modelado de datos mediante diagramas e información alfanumérica²⁴.

El problema de esta norma se da en la dificultad que tiene su implementación. Es por esta razón que se desarrolló la norma ISO 19139 a partir de la ISO 19115, la cual añade la especificación técnica de implementación del metadato con Lenguaje de Marcas Ampliable o Extensible (XML Schema)²⁵ que permite definir sintaxis para los documentos en este tipo de formato. Este esquema describe la estructura de los documentos XML (Figura. 3.2.), define componentes válidos y hace posible su

²¹ Comité Federál de Datos Geográficos – Federal Geographic Data Committee

²² Organización de Estandarización Internacional – International Organization for Standardization

²³ Sánchez, Alejandra, Normas Sobre Metadatos, Agosto de 2009.

²⁴ Letelier, Patricio, Desarrollo de Software Orientado a Objetos usando UML, Noviembre 2009

²⁵ Sánchez, Alejandra, Normas Sobre Metadatos, Agosto de 2009.

validación para que la información pueda ser ingresada exitosamente dentro de un sistema de catálogos. Además va a permitir el intercambio de información.

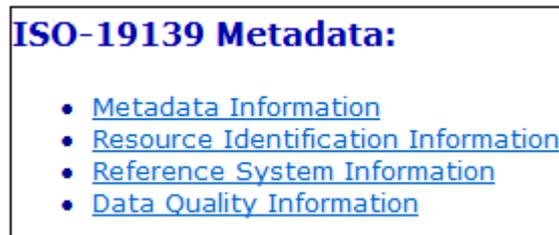


Figura. 3.2. Estructura de la información de la norma ISO – 19139

En el Ecuador, el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) y el IGM desarrollaron en el año 2007 una propuesta de perfil de generación de metadatos, denominado Perfil Ecuatoriano de Metadatos (PEM), para lo cual partieron de las normas ISO 19115 y 19139, mediante la utilización de Geonetwork, (Figura. 3.3.), que permite la validación de la información ingresada con dichas normas. Este es un software libre y está disponible en la red (León, M. comp. Pers. 2009)

En este momento el CONAGE, IGM y SENPLADES se encuentran actualizando el perfil antes mencionado.

Fuente: Geoportal IGM

Figura. 3.3. Catálogo de Datos (Metadatos) – sitio Web IGM

La herramienta que se va a utilizar para la implementación de los metadatos en este proyecto de grado es ArcCatalog de ESRI que al cumplir con el esquema XML, permite una mejor visualización de la información del metadato al escoger la opción de estilo de hoja ISO 19139 (figura 3.4).

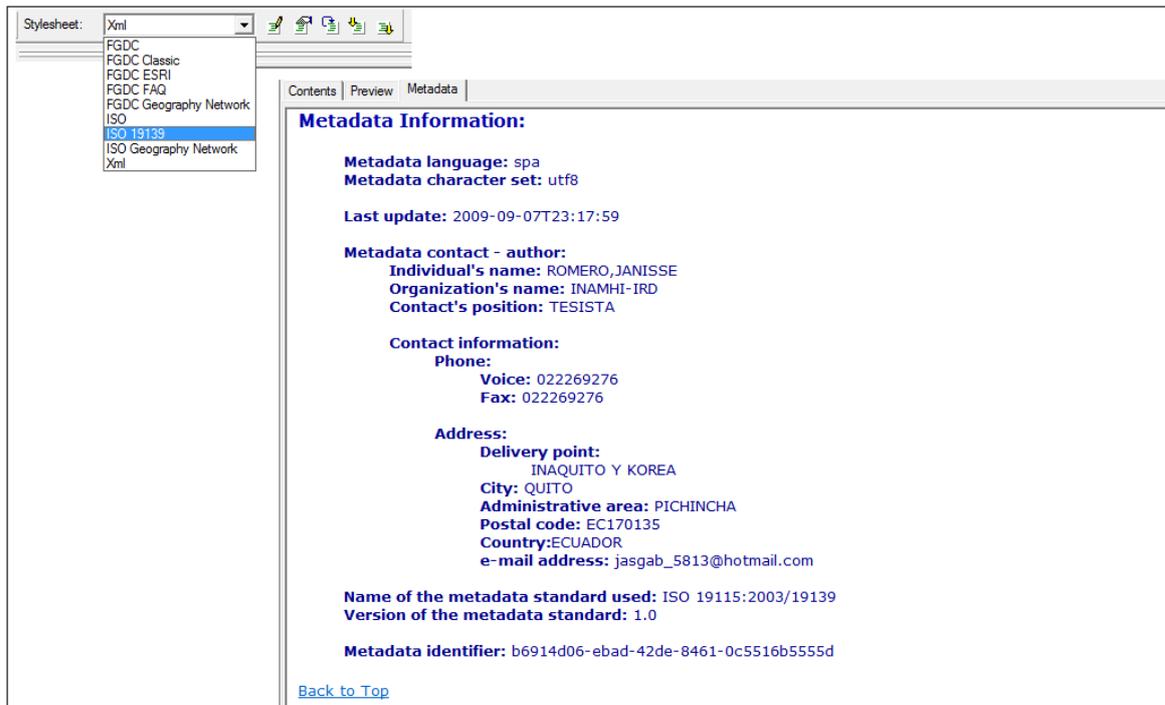


Figura. 3.4. Sistema de catálogo de metadatos con norma ISO 19139

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

4.1. Introducción

Para llevar a cabo la implementación del SIG es necesario cumplir con requerimientos definidos por los futuros usuarios y por el generador. En base a éstos se realizará el diseño de la base de datos geográfica.

Tabla 4.1. Análisis de requerimientos

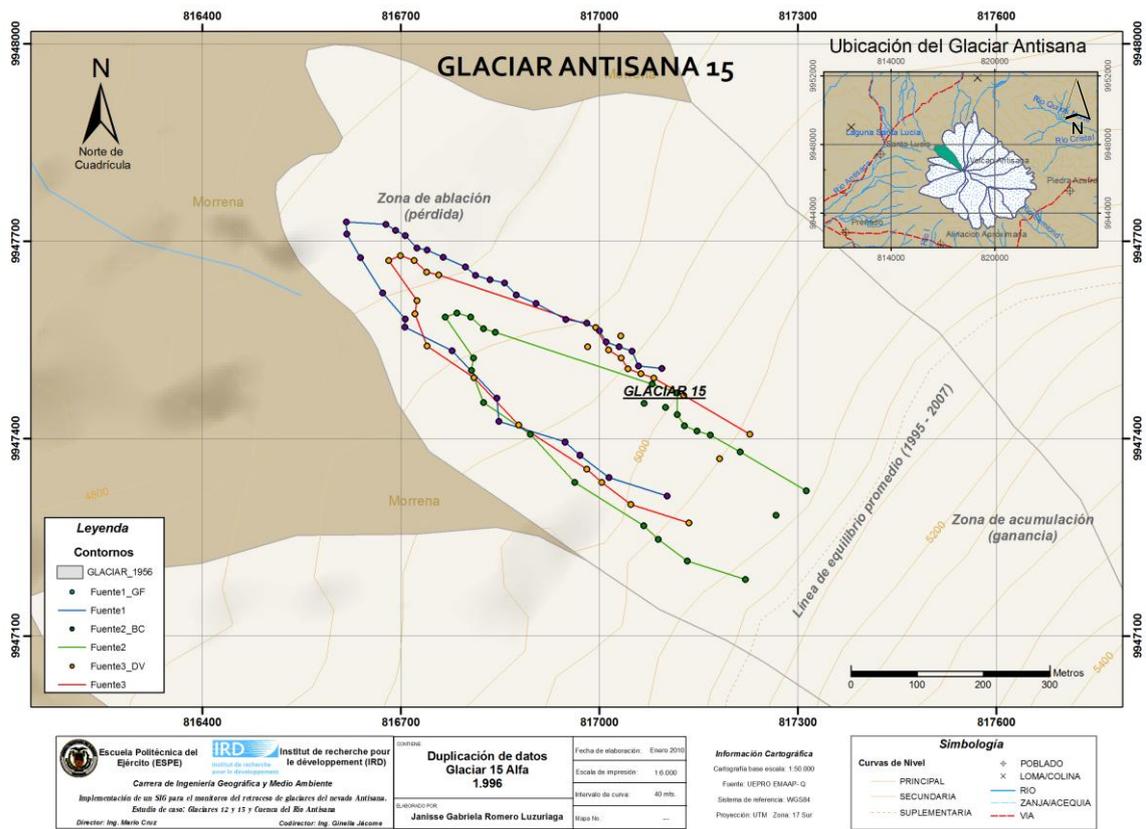
<i>Requerimientos</i>	<i>Detalle</i>	
<i>Necesidades de los usuarios</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación y clasificación de la información geográfica existente de contornos, balizas, estaciones de medición y cuencas. • Integrar la información alfanumérica con la información geográfica. • Generar una herramienta que permita realizar consultas para obtener información de las bases. • Establecer rutinas de cálculo que permitan obtener datos de áreas parciales necesarios para el cálculo del volumen de hielo perdido. • Definir restricciones y manejo de seguridad para el acceso a los archivos. • Implantar la metodología para que el SIG pueda abarcar la información del resto de glaciares y cuencas. 	
<i>Necesidades del sistema</i>	<i>Hardware</i>	<i>Software</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Pentium IV • Procesador Intel 3.00GHz • 160 GB en Disco Duro • Tarjeta Grafica 512Mb • Tarjeta de Red • 1Gb de RAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Windows XP • Power Designer 12 • ArcGis 9.3– ArcINFO • Extensiones de ArcGis • Developer kit ArcGis • Visual Basic 6 • Geonetwork

Funcionalidades del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Información clasificada para su fácil manejo. • Despliegue de información gráfica y alfanumérica. • Integración de bases alfanuméricas para realizar consultas. • Filtros que permitan realizar consultar específicas. Añadir información en las bases de datos (geográfica y alfanumérica). • Integración de información de otros glaciares y cuencas, cuando éstas sean estudiadas. 	
Parámetros Cartográficos	Escala	1:50.000
	Tipo de coordenadas	Planas
	Proyección y zona para coordenadas planas.	UTM 17 Sur
	Datum horizontal	World Geodetic System 1.984
	Datum vertical	Se trabaja con alturas elipsoidales.
	Unidad Linear	Metros
Formatos a utilizar	Bases de datos Access	*.mdb
	Coberturas ESRI ArcMap	*.shp
	Documento ESRI ArcMap	*.mxd
	Formularios Visual Basic	*.frm
	Metadatos ISO19139	*.xml
Recurso humano	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente • Ingeniero Geólogo • Ingeniero en Sistemas 	
Frecuencia de actualización de información	<ul style="list-style-type: none"> • Geográfica: anual • Alfanumérica: mensual 	

4.2. Análisis de la información

Durante el análisis de la información geográfica de contornos, balizas y estaciones de medición se detectó los siguientes inconvenientes:

- Duplicación de información (Figura 4.1)
- Sistema de coordenadas no definido
- Errores por manipulación



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP-Q

Figura. 4.1. Duplicación de información del glaciar 15 α para el año 1996

Al tener estas características la información no era confiable y por tanto no fue posible trabajar con ésta. Fue necesario acudir a la fuente primaria de la misma para conseguir datos verídicos.

Una vez obtenidos los datos confiables y definitivos de contornos, balizas y estaciones de medición se realizó un inventario del resto de la información geográfica y alfanumérica del proyecto en el que se obtuvo lo que se detalla en la tabla. 4.2. y 4.3., que posee los datos definitivos que se va a utilizar para la generación del SIG.

Tabla. 4.2. Inventario de la información geográfica

<i>Subcategoría</i>	<i>Entidades</i>	<i>Características</i>	<i>Fuente</i>	
Misceláneos	Poblado			
Transportación	Vía			
Cuerpos de Agua	Río, río doble, laguna, embalse, acequia	Conforman el Mapa Base 1:50.000	IGM – EMAAP-Q	
Hipsografía	Curvas de nivel			
Formas del Terreno	Loma/colina			
Monitoreo del Glaciar	Baliza	Glaciar 12 (2005 – 2008) Glaciar 15 α (1996 – 2008)	PROYECTO GREATICE	
Límites Hidrográficcos	Contorno	Glaciar 12 (2004 – 2008) Glaciar 15 α (1996 – 2008) Glaciar 15 β (1996 – 2000)		
Estaciones de Medición	Estación	Hidrométricas		PROYECTO GREATICE - INAMHI – EMAAP-Q
		Meteorológicas		
		Pluviométricas		
		Aforos		
Drenaje	Cuenca	Antisana	EMAAP-Q	
		Papallacta		
Hielo/Nieve	Glaciar	1956	IGM - INAMHI	
		2004	PROYECTO GREATICE - INAMHI – EMAAP-Q	

Tabla. 4.3. Inventario de la información alfanumérica

<i>Base de datos</i>	<i>Entidades</i>	<i>Características</i>	<i>Fuente</i>
BALACCESS	Estaciones	Información necesaria para cálculo de balance de masas del glaciar Antisana (12 y 15)	PROYECTO GREATICE - INAMHI – EMAAP-Q
	Balizas		
	Grupos		
	Posiciones		
	Balances		
36Glaciares	Stations_base (Estaciones)	Información obtenida de las estaciones automáticas y manuales para el análisis hidro-meteorológico de la zona del volcán Antisana	PROYECTO GREATICE - INAMHI – EMAAP-Q
	Capteurs (Captore)		
	Cotes (Cotas)		
	Debits (Caudales)		
	Jaugeages (Aforos)		
	Pluies (Pluviométricas)		

4.3. Diseño conceptual

El diseño conceptual permite hacer un análisis preliminar de las necesidades del usuario y plasmarlas en diagramas.

Para el mejor entendimiento de las relaciones entre estas bases de datos se generó un diseño general de procesos (Figura 4.2.) y otro específico (Figura 4.3.) o diagrama entidad – relación, donde se puede observar más claramente la participación de entidades tanto geográficas como alfanuméricas

Posteriormente se realizó el diseño conceptual en sí, en el que se encuentra conceptualizados los requerimientos del usuario mediante un diseño preliminar de los procesos que realizará cada herramienta, la de consulta de balizas (Figura. 4.4.) y de la estaciones (Figura. 4.5.).

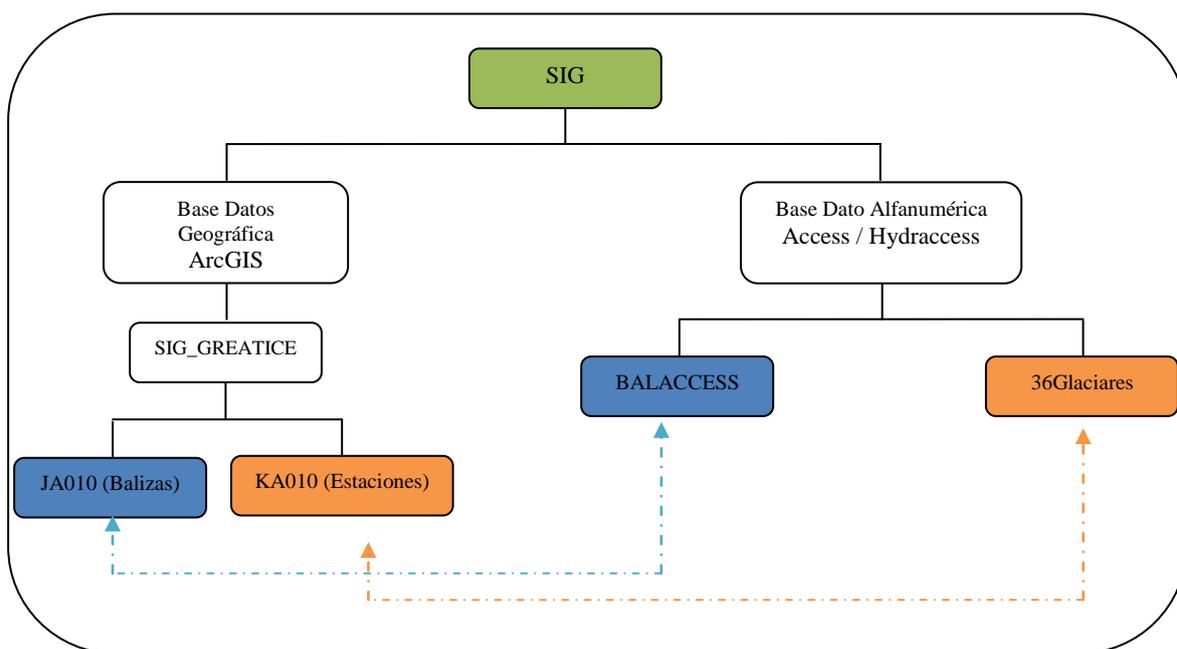


Figura. 4.2. Diagrama de flujo del proceso general

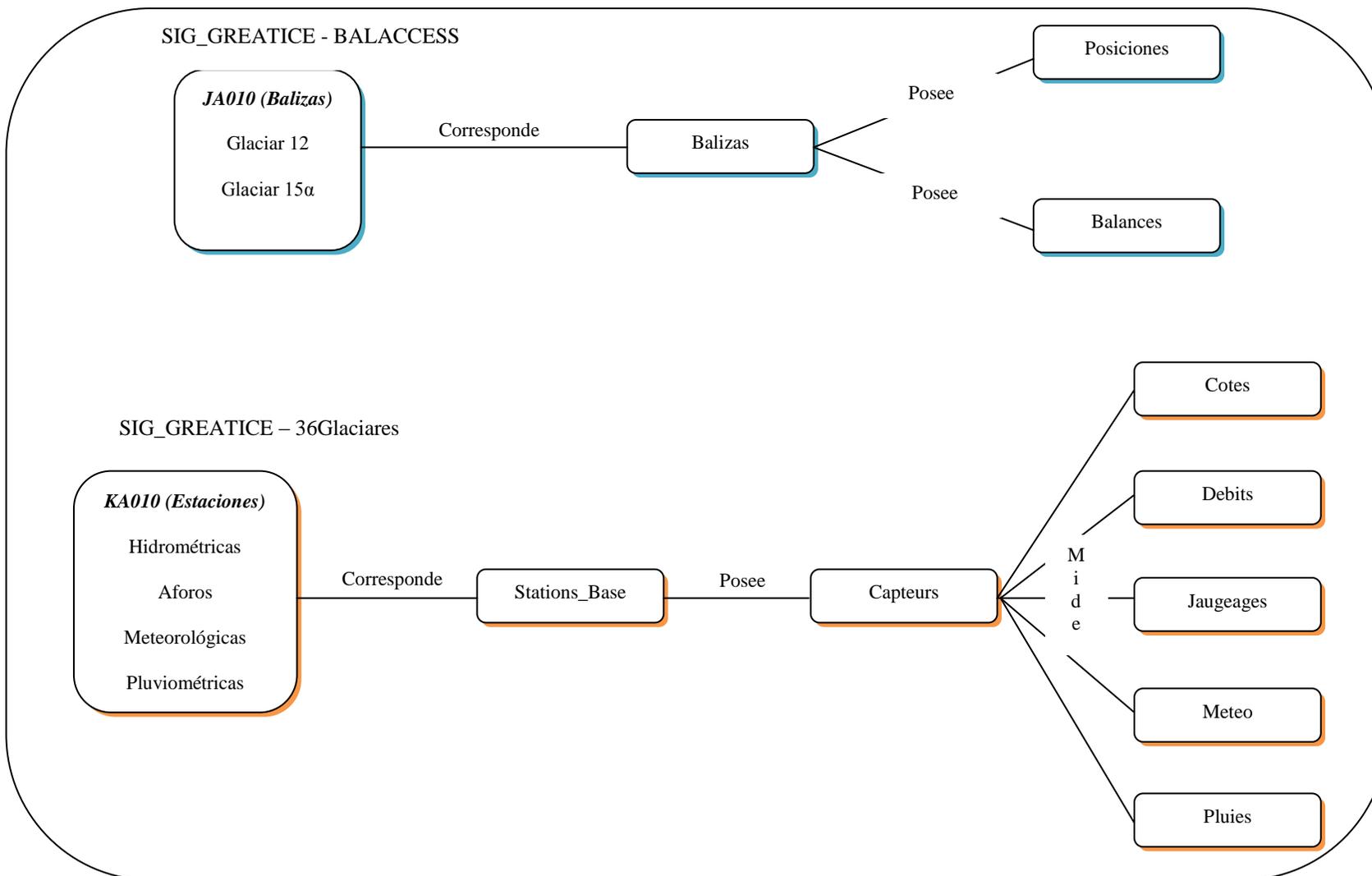


Figura. 4.3. Esquema general de entidades y relaciones

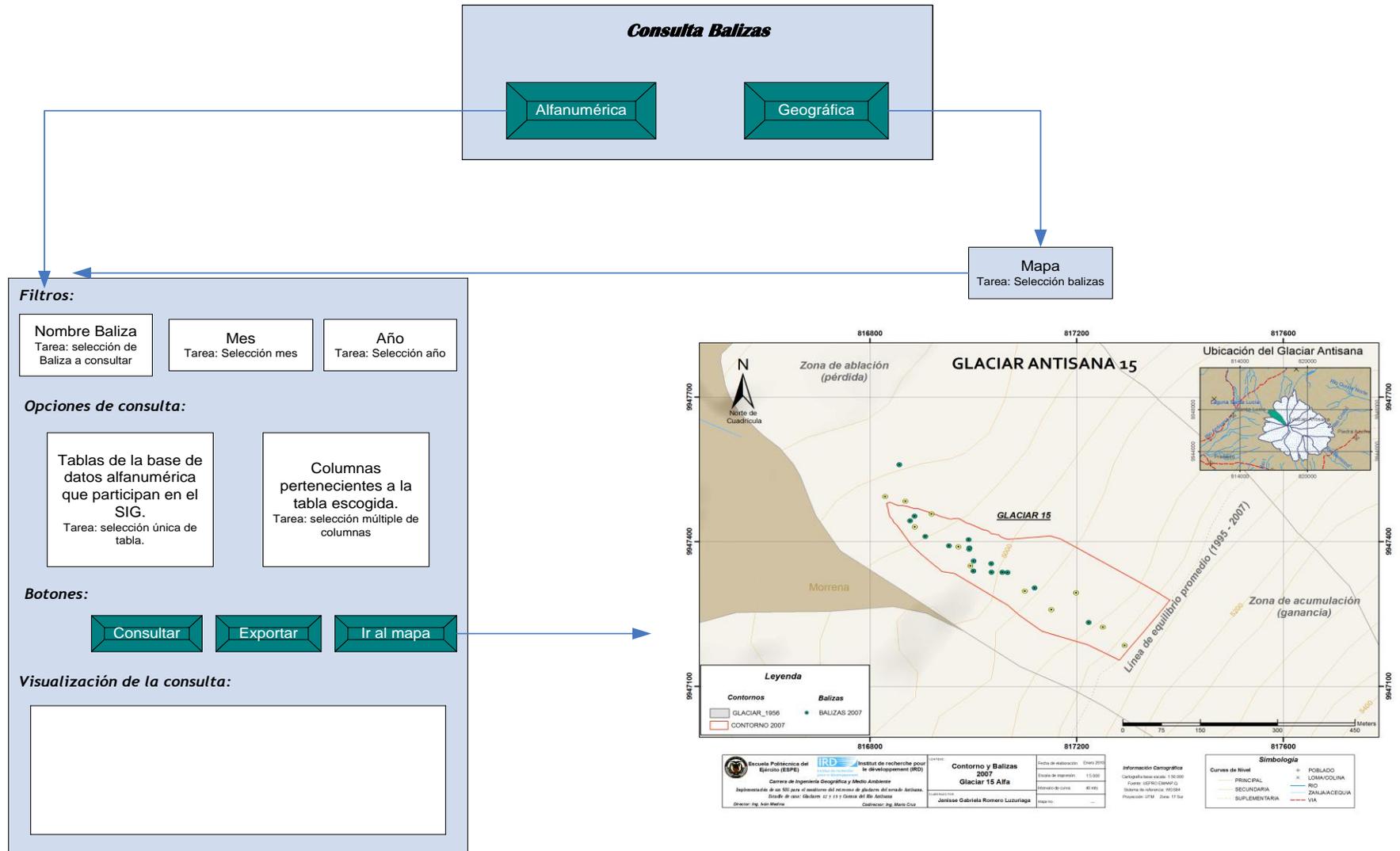


Figura 4.4. Diseño conceptual de la herramienta de consulta de balizas

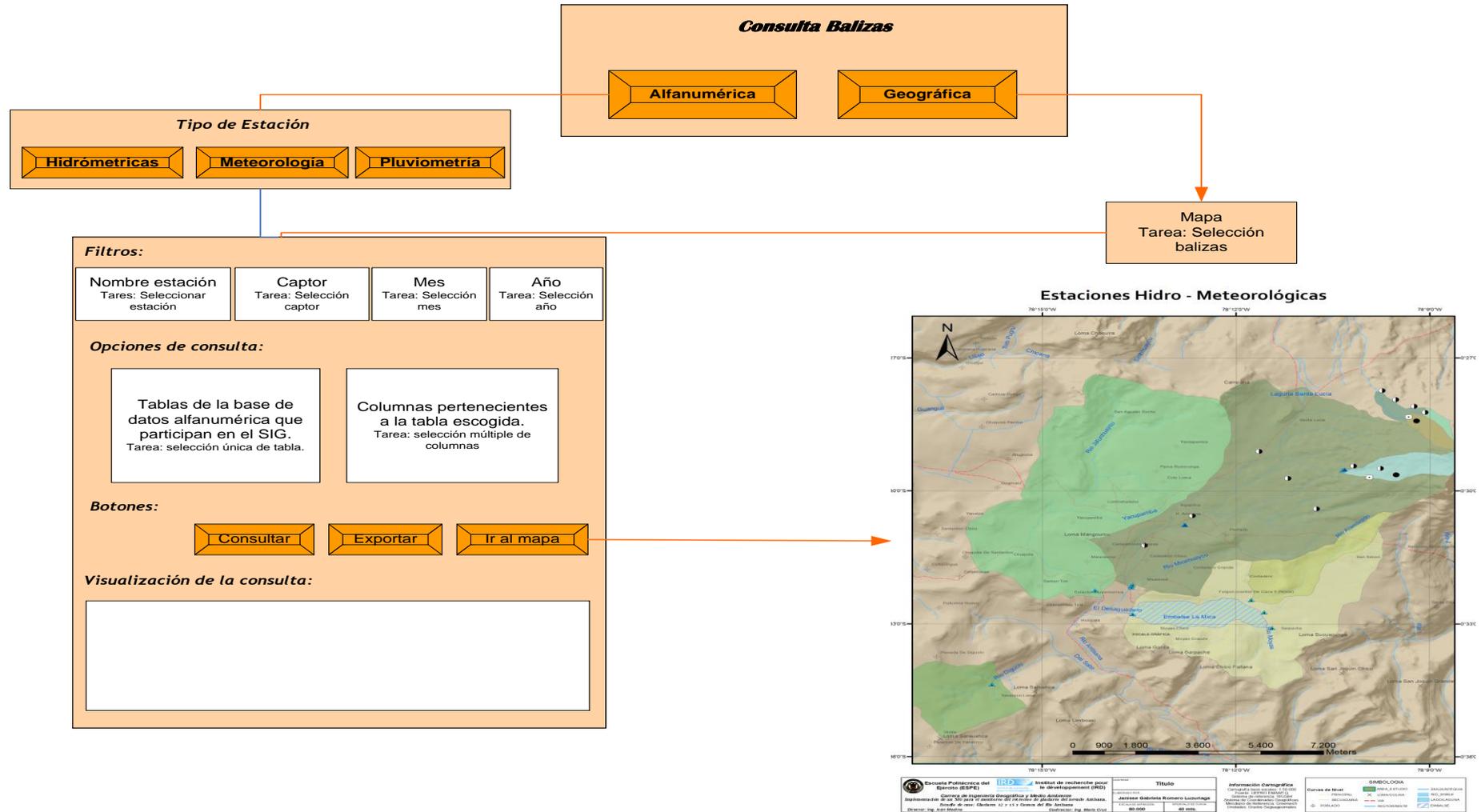


Figura 4.5. Diseño conceptual de la herramienta de consulta de estaciones hidro-meteorológicas

4.4. Diseño lógico

4.4.1. Relaciones topológicas: depuración y validación de la información

La topología es un conjunto de reglas y relaciones que junto a técnicas y herramientas de edición permite a la geodatabase modelar con precisión las diferentes relaciones geométricas, las mismas que no deben ser alteradas al momento de realizar modificaciones. Este estudio, dentro de la geodatabase, se lo realiza a través de reglas y relaciones entre elementos de una misma o de diferentes coberturas. Además se cuenta con una serie de herramientas de edición que permiten que los elementos evaluados sean modificados y así validar la integridad geométrica de las coberturas.

Para poder aplicar dichas reglas y relaciones es necesario crear una Entidad Topológica (*Topology Class*²⁶) dentro de un Conjunto de Entidades (*Feature Dataset*²⁷). Estas reglas pueden ser aplicadas a todas las Entidades (*Feature Class*²⁸) que formen parte de este conjunto. La Tabla 4.4., permite conocer las relaciones entre los elementos del catálogo de objetos y el diseño lógico.

Tabla 4.4. Relación entre el catálogo de datos y el diseño lógico de la Geodatabase.

<i>Catálogo de Objetos</i>	<i>Diseño Lógico</i>
Categoría	Sin relación
Subcategoría	Feature Dataset 
Entidad	Feature Class 

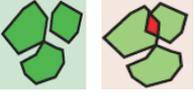
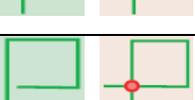
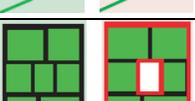
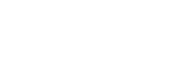
Esto quiere decir que las entidades topológicas serán creadas dentro de las subcategorías definidas en el catálogo de objetos (*Capítulo 3*). La Tabla 4.5., muestra las subcategorías dentro de las cuales fue necesario crear las entidades topológicas y describe qué reglas fueron aplicadas.

²⁶ Cobertura en la que se encuentran los puntos, líneas y/o polígonos que no cumplen con las reglas y/o relaciones topológicas establecidas para un conjunto de entidades.

²⁷ Es un conjunto de entidades relacionadas que poseen el mismo sistema de referencia.

²⁸ Es un conjunto de características comunes que tienen la misma representación espacial (punto, línea o polígono), los mismos atributos y el mismo sistema de referencia

Tabla 4.5. Reglas topológicas aplicadas en el SIG

SIGNIFICADO	GRAFICO		SUBCATEG. REGLAS	TRANSP.	C. AGUA			GLACIAR		DRENAJE	HPSOG.
	BIEN	MAL		AP030 VIA	BH030 ZANJA	BH140 RIO	BJ030 G1956	BJ030 G2004	BL010 CUENCA	CA010 CNIVEL	
<p>No deben estar traslapados dentro de una entidad o un subtipo. Polígono: pueden estar separados, coincidir en un punto o borde. Línea: pueden cruzarse y superponerse</p>			Must Not Overlap	X	X	X	X	X	X	X	
<p>Línea: no deben cruzarse ni traslaparse con ninguna otra línea dentro de la misma entidad o subtipo.</p>			Must Not Intersect		X	X				X	
<p>Línea: el nodo final de una línea no puede unirse al nodo final de otra dentro de una misma entidad o subtipo. El nodo final de la línea puede tocar cualquier parte de la misma.</p>			Must Not Have Pseudonodos	X	X	X				X	
<p>Línea: no deben superponerse sobre ellas mismas. Las líneas pueden tocar, intersectar, superponerse sobre líneas en otra entidad o subtipo.</p>			Must Not Self-Overlap	X	X	X				X	
<p>Línea: no debe cruzarse o traslaparse consigo misma dentro de una entidad o subtipo. Las líneas pueden tocarse a sí mismas y tocar, intersectar y traslaparse con otras líneas.</p>			Must Not Self-Intersect	X	X	X				X	
<p>Línea: esta regla requiere que las líneas estén formadas por una sola parte.</p>			Must Be Single Part	X	X	X				X	
<p>Polígono: no deben tener vacíos entre ellos dentro de una entidad o subtipo.</p>			Must Not Have Gaps				X	X	X		

4.4.2. Relaciones entre entidades (tablas)

Para poder realizar las consultas desde el SIG hacia las bases de datos alfanuméricas fue necesario definir los campos relacionados entre estas, los mismos que están representadas mediante modelos entidad – relación en las Figuras 4.6. y 4.7.

Los procesos que se llevaron a cabo en cuanto a programación y la ejecución de la herramienta de consulta se detallan en diagramas de flujo representados en las Figuras 4.8. y 4.9.

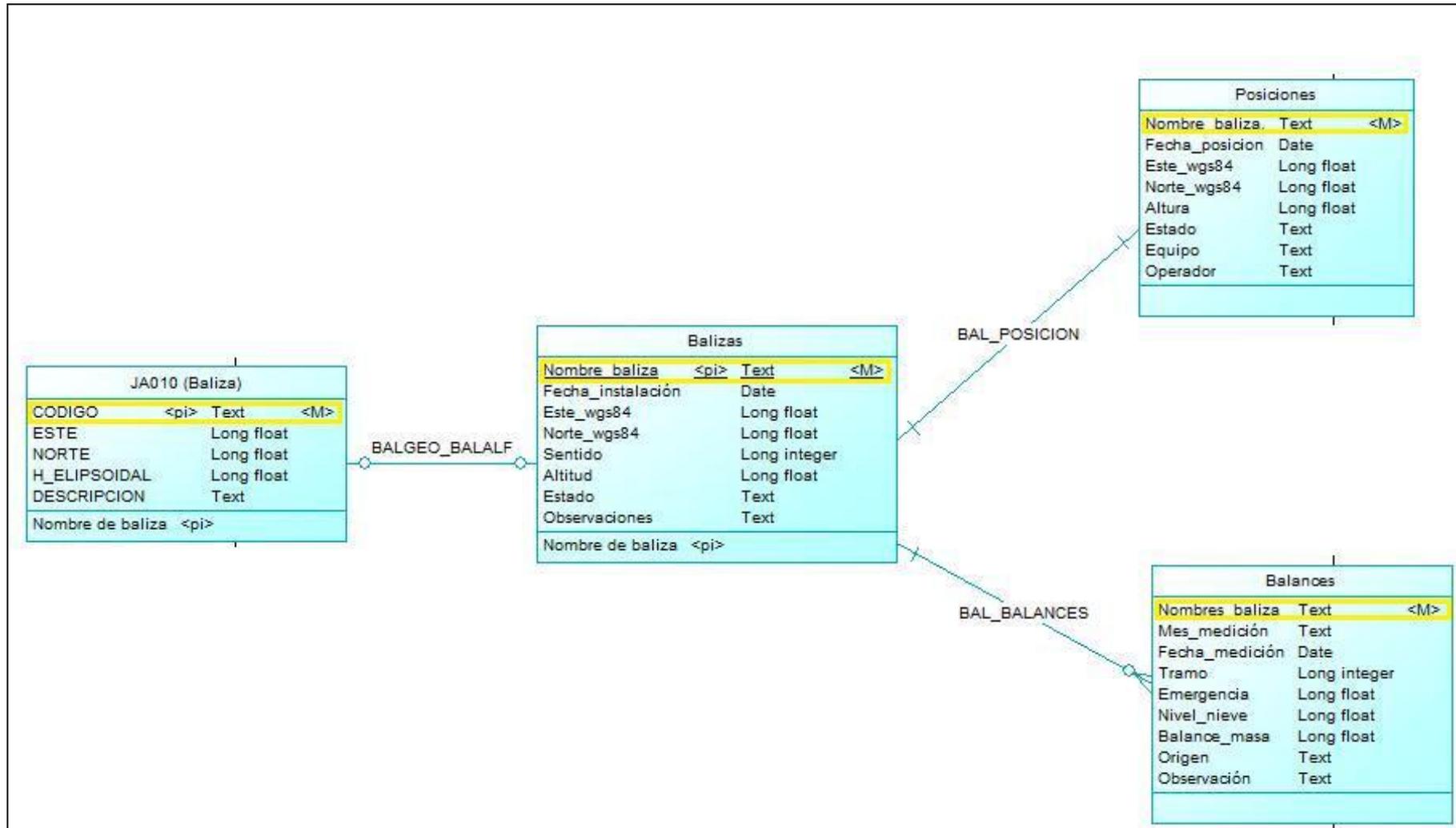


Figura 4.6. Modelo entidad – relación para la consulta de Balizas

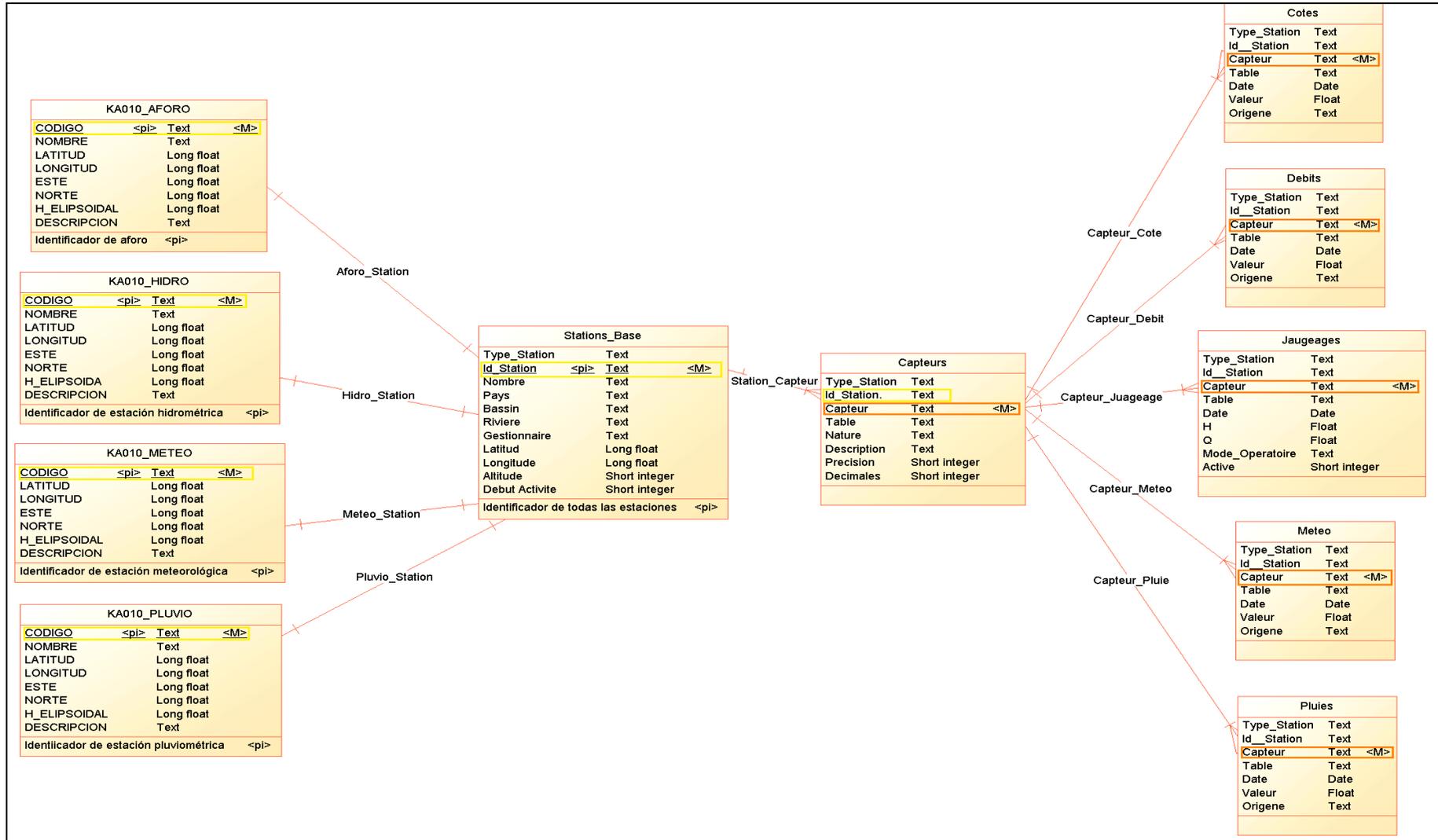


Figura 4.7. Modelo entidad – relación para la consulta de hidro - meteorología

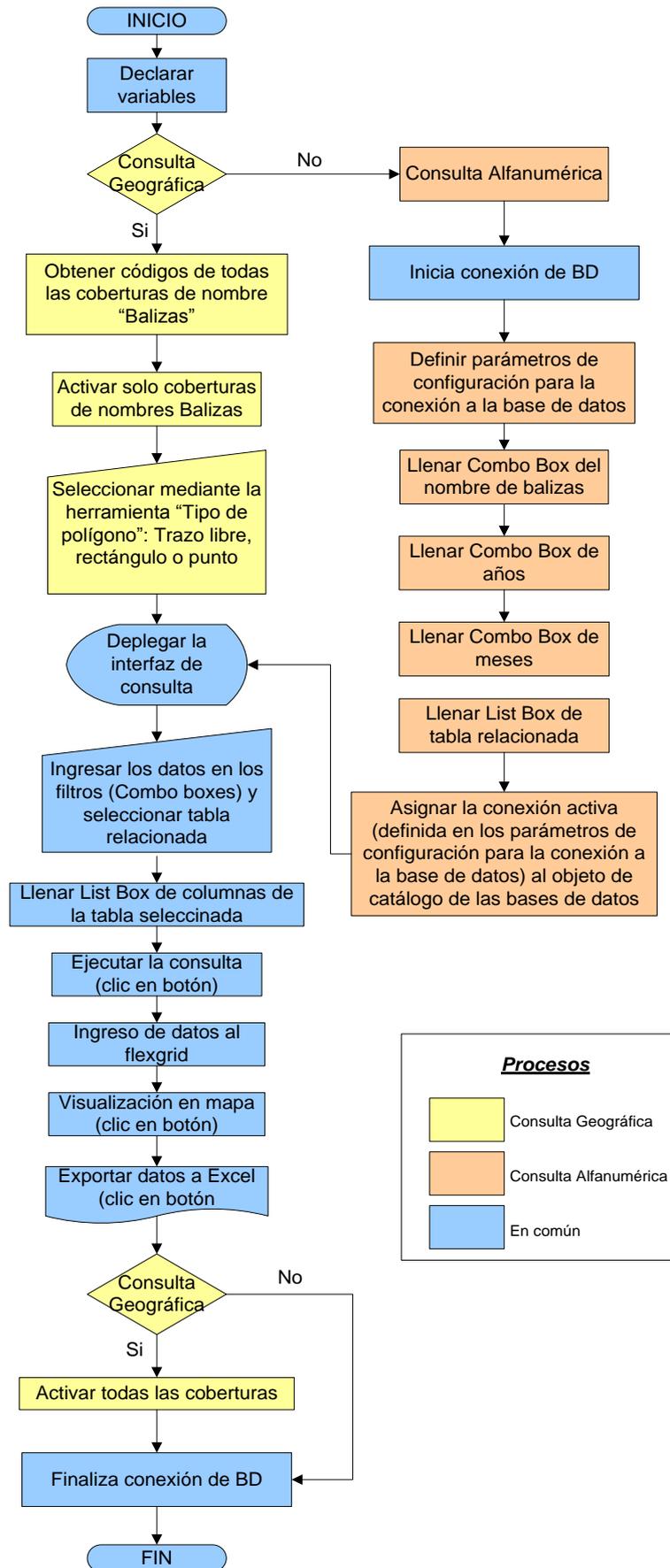


Figura 4.8. Diagrama de flujo de la programación de la herramienta

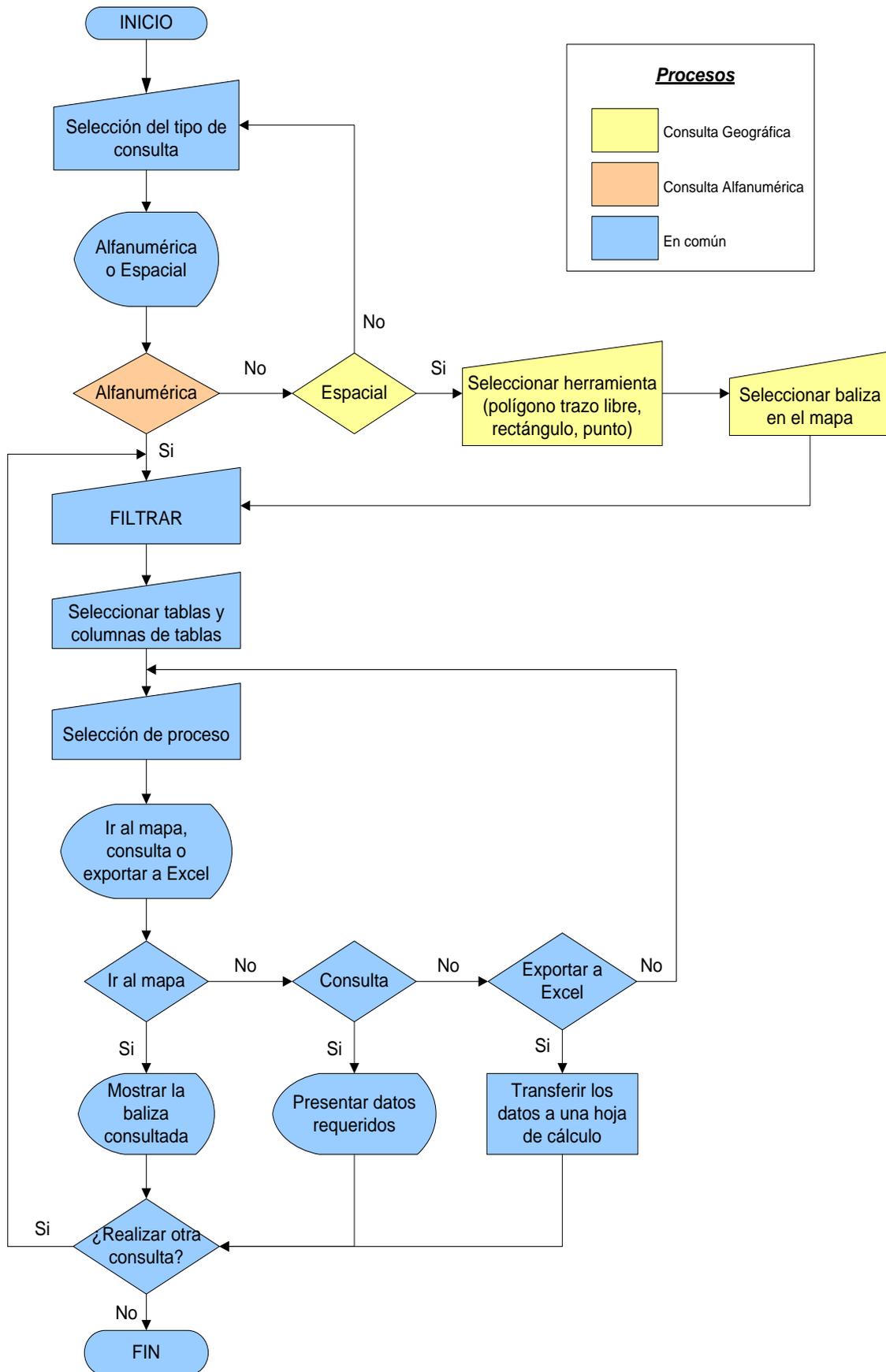


Figura. 4.9. Diagrama de flujo de la ejecución de la herramienta

4.4.3. Diccionario de datos

Es un conjunto de datos que contiene las características de la información. Este diccionario posee un listado resumido de los atributos de cada tabla como son nombre, alias²⁹, tipo, extensión (ancho) y descripción. *Anexo 1 – Diccionario de datos*

4.5. Diseño físico

4.5.1. Necesidades del sistema

Para la integración de la base alfanumérica y geográfica fue necesario cumplir con ciertas características en cuanto a hardware y software las cuales se detallan en la Tabla. 4.1.

4.5.2. Arquitectura del sistema

Los formularios de la programación desarrollada en la herramienta *Visual Basic Editor* de ArcInfo, (Figura. 4.10.), se encuentran almacenados en el disco D\TESIS_ARCGIS\VBA, y su explicación respectiva está en el *Anexo 2 – Herramienta de Consulta*.

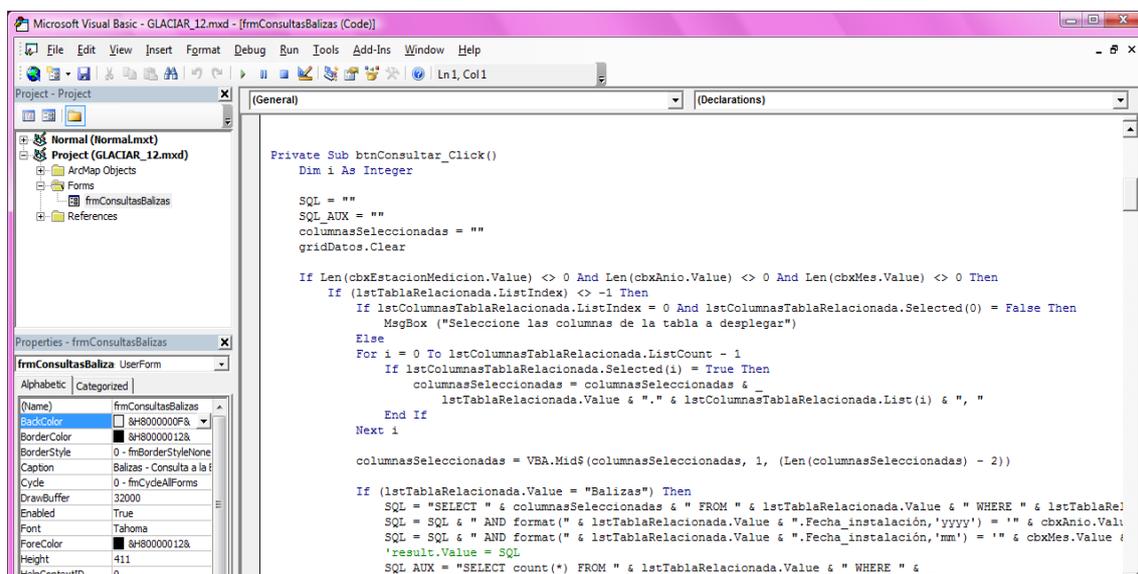


Figura. 4.10. Editor de Visual Basic de ArcGis 9.3

²⁹ Es un nombre alternativo que describe de mejor manera el contenido del campo.

Para que esta programación se pueda ejecutar fue necesario conectarla a botones que posteriormente se añadieron en la zona de barras de herramientas de ArcGis 9.3 (Figura. 4.11)

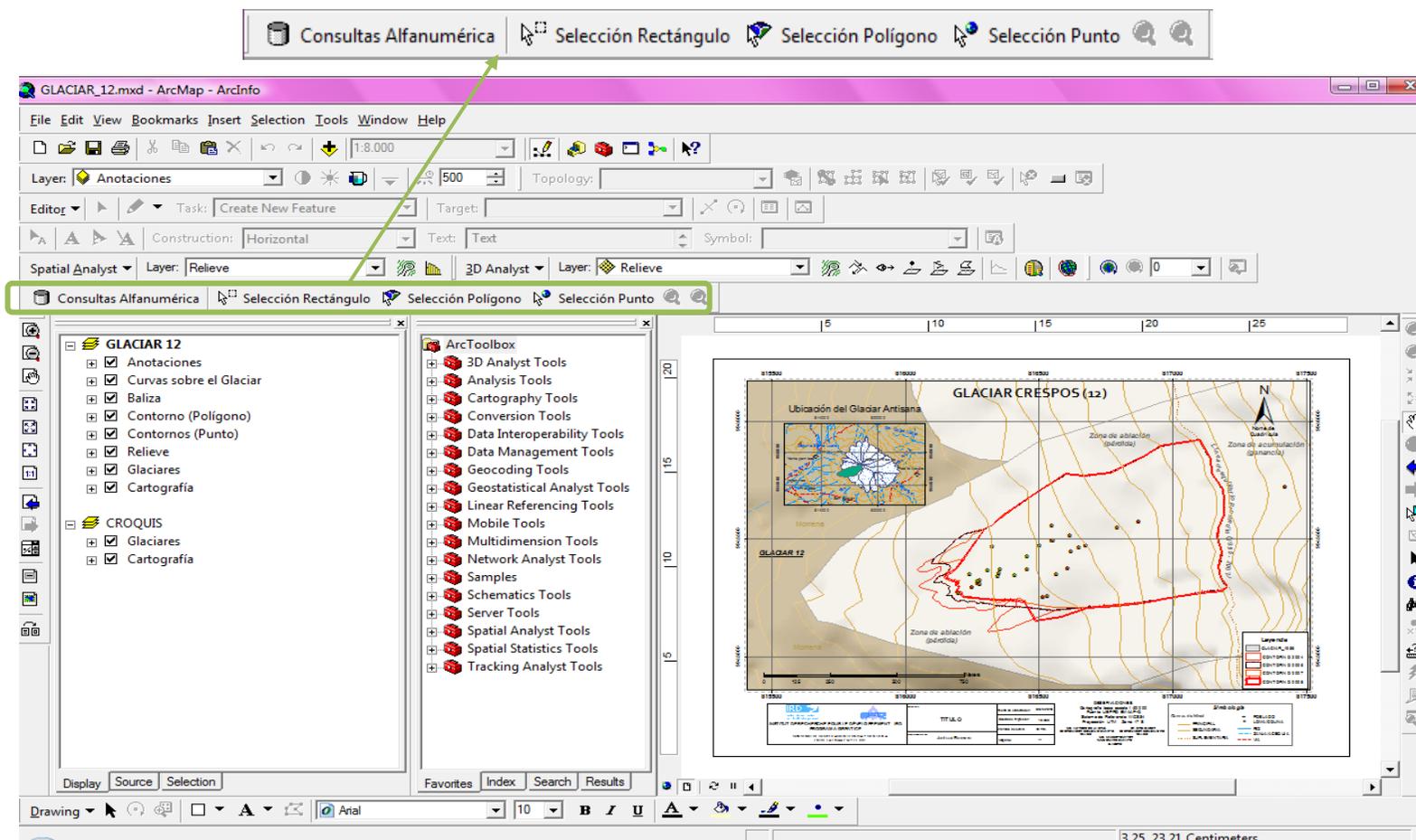


Figura. 4.11. Herramienta de Consulta

Esta herramienta de consulta se instalará en dos computadores del Director del Proyecto Glaciares – Ecuador y del encargado del manejo de datos que sería la persona que administre el SIG.

4.5.3. Implementación de la herramienta de consulta y cálculo

La implementación de la herramienta de consulta se la realizó en cada uno de los documentos de ArcGis (layout), que fueron creados para este proyecto: GLACIAR_12, GLACIAR_15A e HIDRO_CUENCA. Una guía para llevar a cabo la implementación se encuentre en el *Anexo 4 – Manual Técnico*.

La herramienta de cálculo se desarrolló en el documento de ArcMap *MODELO*, almacenado en la carpeta D\TESIS_ARCGIS_LAYOUTS; su implementación se detalla en el *Anexo 3 – Herramienta de Cálculo*.

CAPÍTULO 5

PRUEBA PILOTO

5.1. Introducción

En esta parte del proyecto se implementó el Sistema de Información Geográfica en las computadoras donde se administra la información proveniente del campo, tanto la alfanumérica (personal de sistemas) como la geográfica (personal de ingeniería civil).

Para llevar a cabo esta implementación fue necesario utilizar los manuales técnico y de usuario, ya que se realizó un pequeño curso de manejo del SIG, de su barra de herramientas personalizada y del modelo de *Model Builder* desarrollado para facilitar el cálculo de áreas parciales de los contornos.

Se incorporó al sistema la información geográfica del Glaciar 15 α , (contorno y balizas). Este proceso se lo realizó siguiendo la metodología propuesta en el manual técnico, la misma que cumple estándares nacionales e internacionales y que garantiza el manejo adecuado y ordenado de los datos provenientes de campo.

Además, para que quede constancia del funcionamiento correcto del SIG en su totalidad, el usuario directo, Foto. 5.1., generó tres mapas, (a partir de los *layouts* del proyecto), con características definidas por él; para esto puso en práctica el manual de usuario.



Foto. 5.1. Curso de manejo del SIG_GREATICE

Cabe recalcar que estos manuales fueron generados para el manejo de la información geográfica, que es dónde se enfoca el proyecto, más no para los datos alfanuméricos ya que estos se encuentran manejados por el personal de sistemas, quienes diseñaron las bases de datos tabulares. El SIG integra estos dos tipos de información.

5.2. Ingreso de información a la Geodatabase

5.2.1. Procesos

Para poner en práctica el ingreso de información geográfica nueva, tomamos los datos de campo del Glaciar 15 α , obtenidos el 15 de enero de 2010 y que corresponden al 2009 (balizas y contorno 2009).

En base al manual técnico se realizó los pasos siguientes:

- Código de entidad: JA010_B15A09 (balizas) y FC180_B15A09 (contorno).
- Archivo de datos brutos: DB_2009  DB_2009.xls
- Archivo de datos finales: DF_2009  DF_2009.xlsx
- Generación de cobertura (shapefile):  JA010_B15A09.shp y  FC180_B15A09.shp
- Para contorno, generación de polígono:  FC180_B15A09.shp
- Definición de dominios en la geodatabase, (Figura. 5.1.)

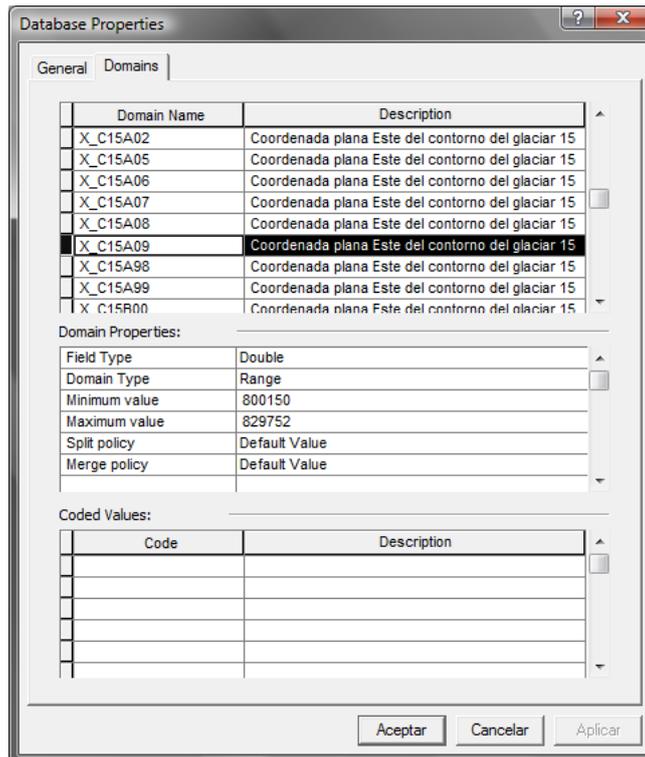


Figura. 5.1. Definición de dominios para prueba piloto

- Ingreso de la información a la geodatabase en sus conjunto de datos (*feature Datasets*) respectivos: JA010_B15A09, FC180_C15A09_PTS y FC180_C15A09.
- Incorporación de las coberturas nuevas en la tabla de contenidos del diseño de mapa (*layout – Glaciar_15A*), Figura. 5.2.

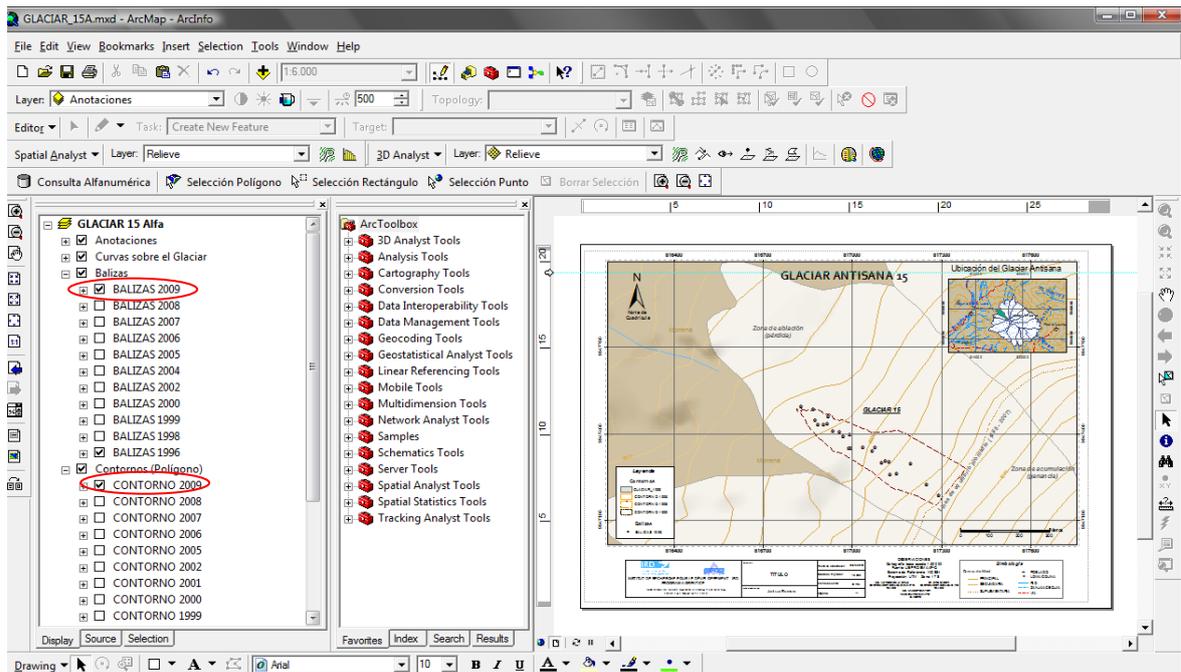
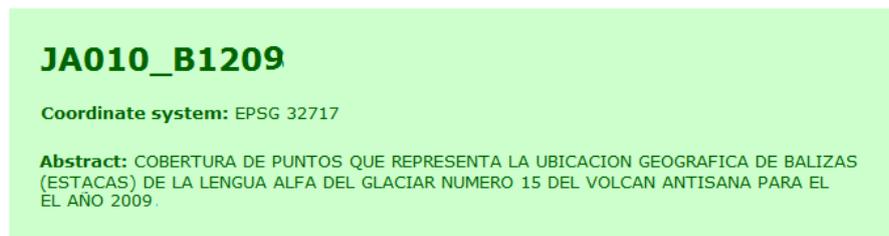


Figura. 5.2. Definición de dominios para prueba piloto

- Generación del metadato aplicando la norma ISO 19139 y mediante la utilización de Geonetwork, (archivo *.xml)



ISO-19139 Metadata:

- [Metadata Information](#)
- [Resource Identification Information](#)
- [Reference System Information](#)
- [Data Quality Information](#)

Metadata Information:

Metadata language: spa
Metadata character set: utf8

Last update: 2009-08-26T15:02:56

Metadata contact - pointOfContact:
Individual's name: ROMERO, JANISSE
Organization's name: INAMHI-IRD
Contact's position: TESISTA

Figura. 5.3. Metadato generado para la información nueva

5.2.2. Conclusiones

- El proceso para generar la cobertura *shape* no tuvo ningún problema, ya que es un procedimiento sencillo y que gracias a la metodología propuesta en el manual técnico, la información será manejada de forma ordenada. El usuario supo manifestar que la clasificación de los procesos es la adecuada. Hasta este proceso, (generación de *shape*), no se produjo ningún inconveniente.
- La incorporación de la información a la geodatabase fue un proceso nuevo para el usuario. Se presentó un poco de dificultad para recordar el proceso de importar las coberturas *shape* hacia la geodatabase y definir los alias para facilitar el manejo de las tablas. El usuario manifestó que aunque el proceso es algo extenso, los beneficios que se tiene al manejar un solo archivo con toda la información justifican los inconvenientes.
- El tener toda la información de cada glaciar o estaciones y cuencas en un solo diseño de mapa, (*layout*), facilita la generación de nuevos mapas. Además tener la simbología definida para los diferentes datos que se manejan dentro de cada mapa ayuda a obtener mejores resultados en cuando a cartografía.

- La generación del metadato presentó algunas dificultades, ya que éste también es nuevo para el usuario. Él mismo supo manifestar que será necesario practicar dicho proceso ya que el metadato proporciona información importante sobre la obtención de los datos, algo que en el pasado no se tenía y que produjo problemas de desconocimiento de sistema de referencia, método de toma de información, etc., lo mismo que es indispensable para conocer la calidad de la información.

5.2.3. Resultados

- Finalmente se actualizó la información geográfica para el glaciar 15 α , tal como se planifica anualmente.
- En el glaciar 12 (Crespos), no fue posible actualizar la información en la geodatabase ya que la salida de campo para la toma de datos no ha sido planificada aún por cuestión de ausencia del personal.
- En cuanto a cuencas y estaciones de medición, en este año se ha mantenido las mismas que en los años anteriores.

5.3. Implementación de las herramientas de consulta y cálculo

La herramienta de consulta se encuentra visible y disponible en los tres diseños de mapa (*layouts*) ubicados en el disco D\TESIS_ARCGIS\LAYOUTS.

Una de las formas para que la herramienta de consulta se pueda visualizar en otro *layout* es copiando uno de los mapas generados para este proyecto (ubicados en la dirección descrita en el párrafo anterior), y modificándolo de acuerdo a las necesidades del usuario. Si se va a partir de la copia de cualquiera de los tres mapas del proyecto, siempre estará visible la herramienta de consulta.

Por otro lado, también se puede partir de un documento vacío, en el que no aparecerá la herramienta. El proceso que se debe seguir está detallado en el *Anexo 4 - Manual Técnico*.

En cuanto a la herramienta de cálculo, ésta debe ser cargada en cualquier diseño de mapa nuevo en el que se desee contar con este modelo. Este proceso se detalla en el *Anexo 4 – Manual Técnico*

Durante este curso de manejo del SIG se puso en práctica estas dos formas para implementar la herramienta. En ambas funcionó de manera correcta.

5.4. Manejo de la herramienta personalizada (Consulta)

En cada uno de los tres mapas del proyecto se realizó pruebas de la funcionalidad de la herramienta y se obtuvo tres mapas con características definidas por el usuario, además de resultados de las consultas hechas a través de la herramienta. A continuación se detalla cada práctica:

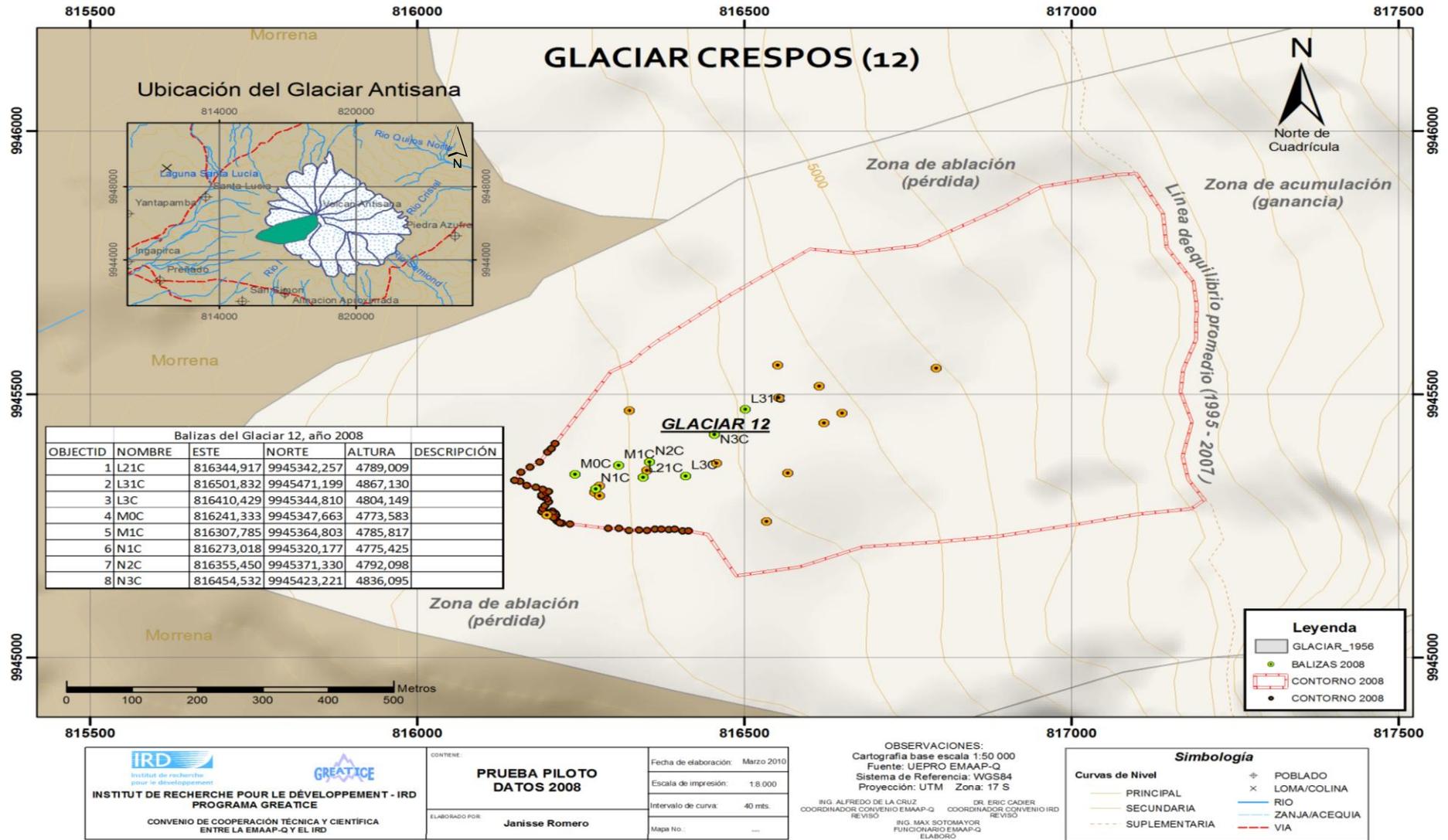
5.4.1. Glaciar 12 (Crespos)

El usuario decidió crear un mapa sólo con la información de 2008. Desactivó las coberturas de otros años. Seleccionó los colores de contorno y de los puntos que representan las balizas, sin modificar los símbolos que ya están establecidos. Colocó los nombres de las balizas mediante la función *Label Feature* ubicada dentro de las propiedades de la cobertura.

Finalmente se generó una nueva leyenda que contenía sólo los elementos utilizados en este nuevo mapa. En este último paso fue necesario realizar una explicación sobre cómo se edita una leyenda.

En es este proceso no se detectó ningún error, ni por parte del sistema, ni por el lado del usuario, lo que permitió saber que seguir las instrucciones del manual de usuario facilita la realización de los mapas.

En la Figura. 5.4., se muestra el resultado final del diseño del mapa para el glaciar 12.



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 5.4. Mapa de prueba piloto del Glaciar 12

Posteriormente se probó el funcionamiento de la herramienta de consulta, tomando los datos de 2008. En la Figura. 5.5., se muestra la interface con la baliza, año, mes (no mandatorio), la tabla y columnas de la tabla para las que se desea ejecutar la consulta alfanumérica. Además muestra la funcionalidad de los botones *Ir a Mapa* y *Exportar Excel*

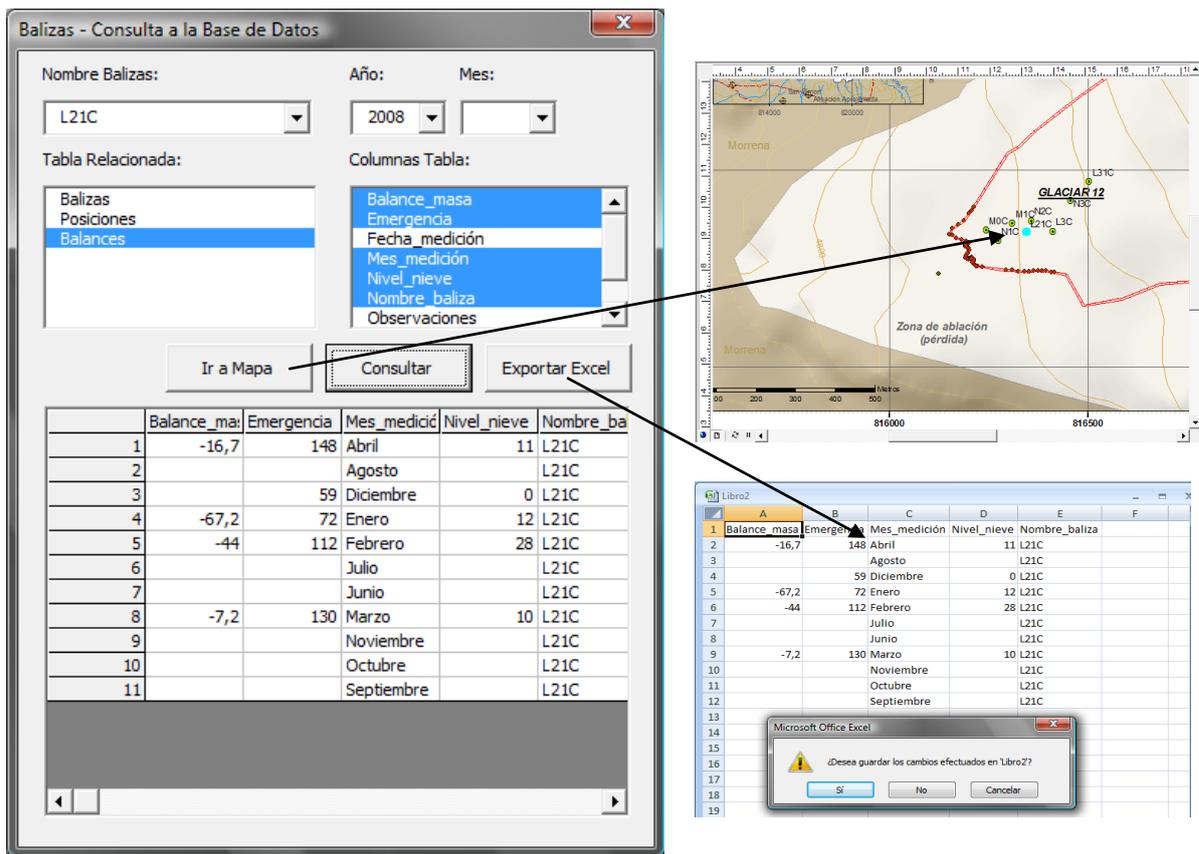


Figura. 5.5. Resultados de la consulta alfanumérica (glaciar 12)

También se comprobó el funcionamiento de la consulta geográfica sobre los mismos datos, utilizando la herramienta de selección tipo punto. Cabe recalcar que esta consulta permite seleccionar la baliza o balizas que se desea consultar desde el mapa y posteriormente envía esa información al combobox *Nombre Baliza* para realizar la consulta alfanumérica. Este procedimiento se muestra en la Figura. 5.6.

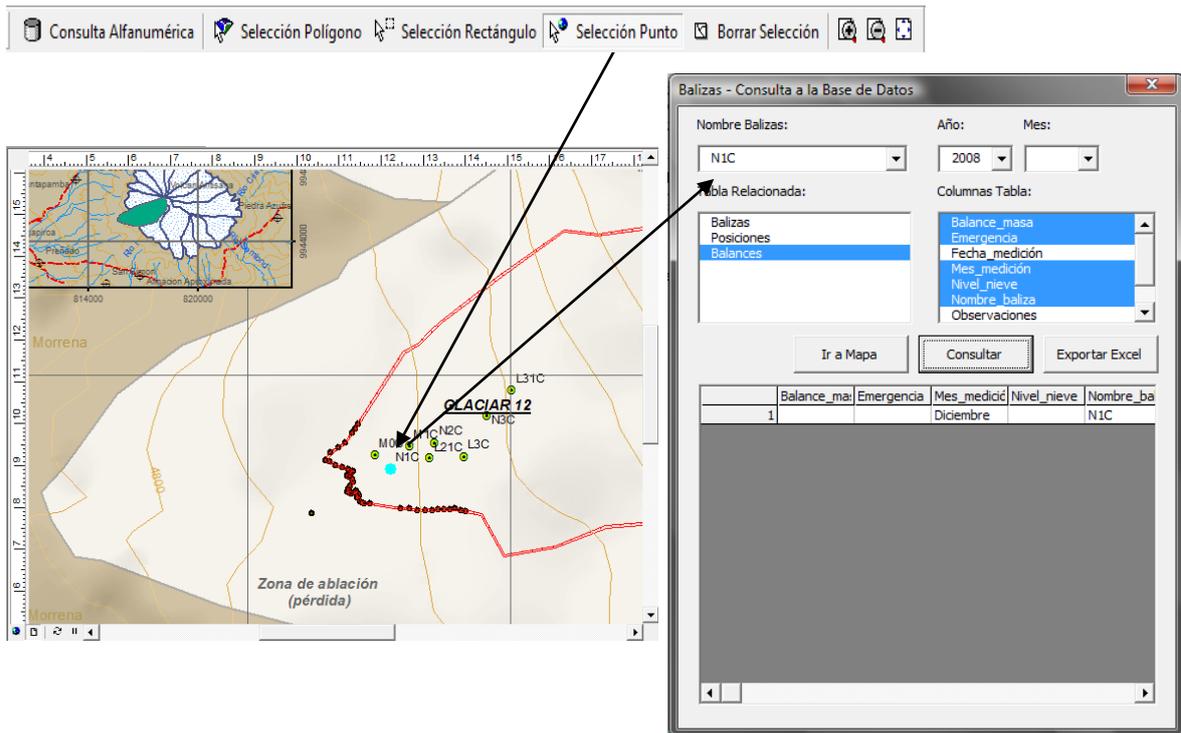
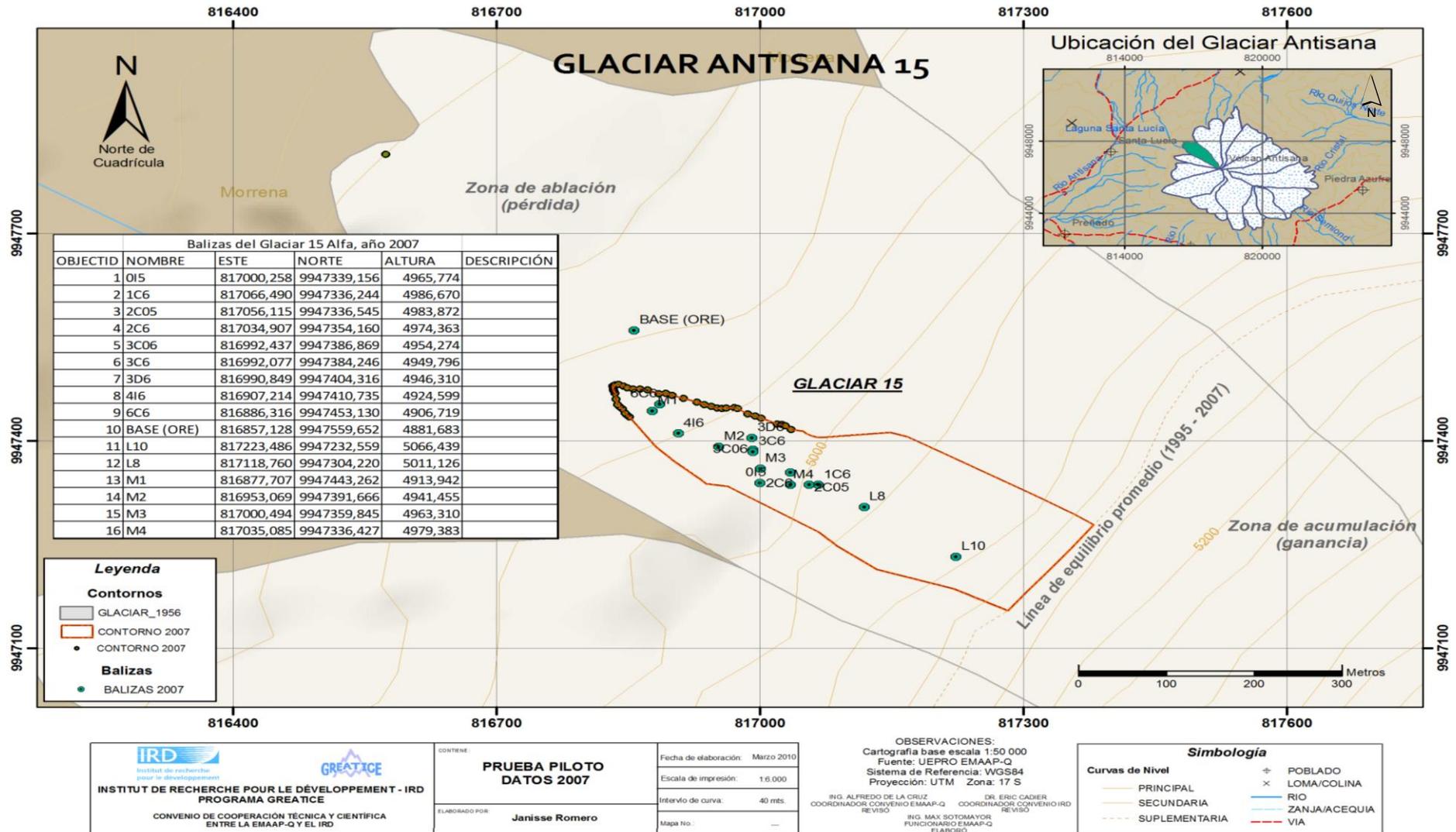


Figura. 5.6. Resultados de la consulta geográfica (glaciar 12)

Durante la ejecución de las diferentes herramientas no se suscitó ningún inconveniente. La herramienta funcionó como estaba previsto.

5.4.2. Glaciar 15a

La generación del mapa de prueba se la realizó con los datos del año 2007, (Figura. 5.7.). De la misma forma que en el glaciar 12, se tomó los datos del mismo año para la consulta alfanumérica, cuyos resultados se muestra en la Figura. 5.8. Por otro lado, la consulta geográfica se la realizó utilizando la herramienta de selección tipo rectángulo y sus resultados se muestra en la Figura. 5.9.



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 5.7. Mapa de prueba piloto del Glaciar 15a

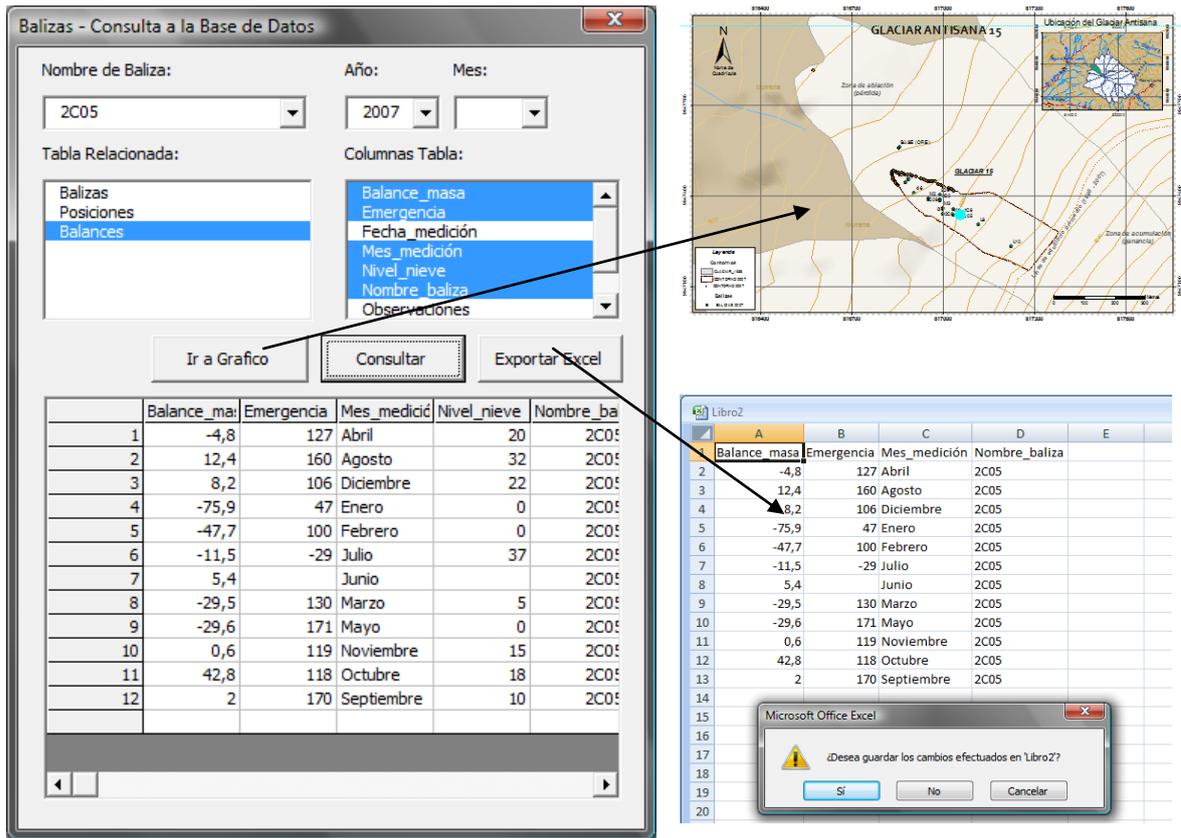


Figura. 5.8 Resultados de la consulta alfanumérica (glaciar 15a)

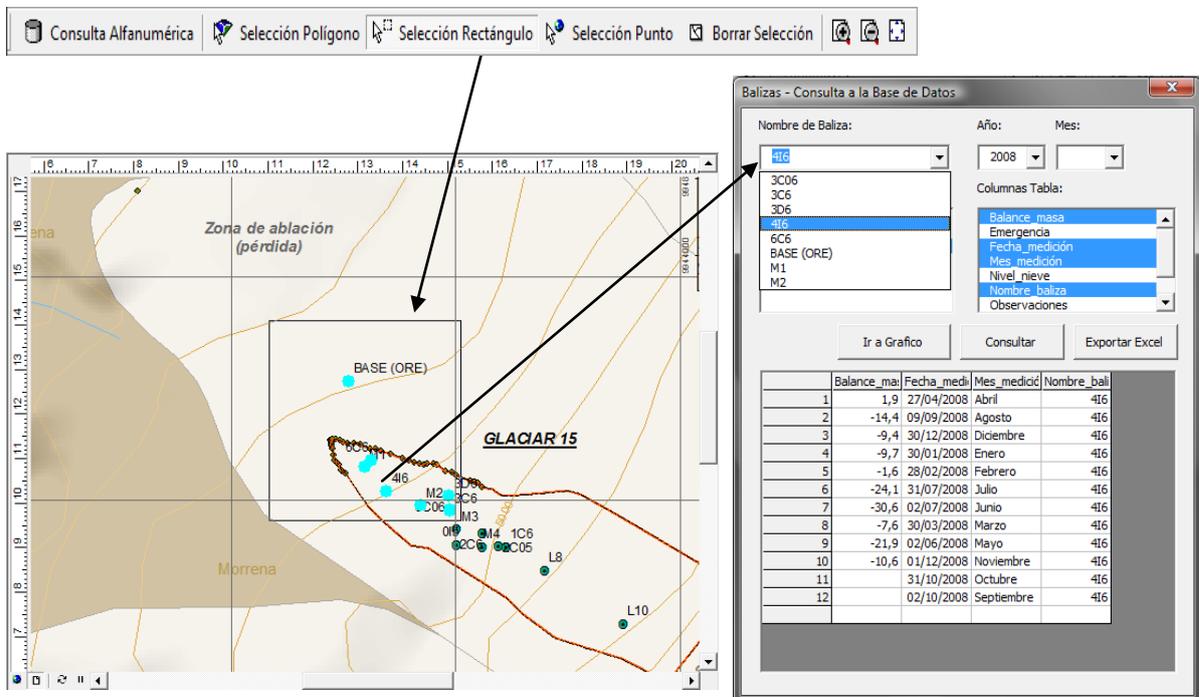


Figura. 5.9. Resultados de la consulta geográfica (glaciar 15a)

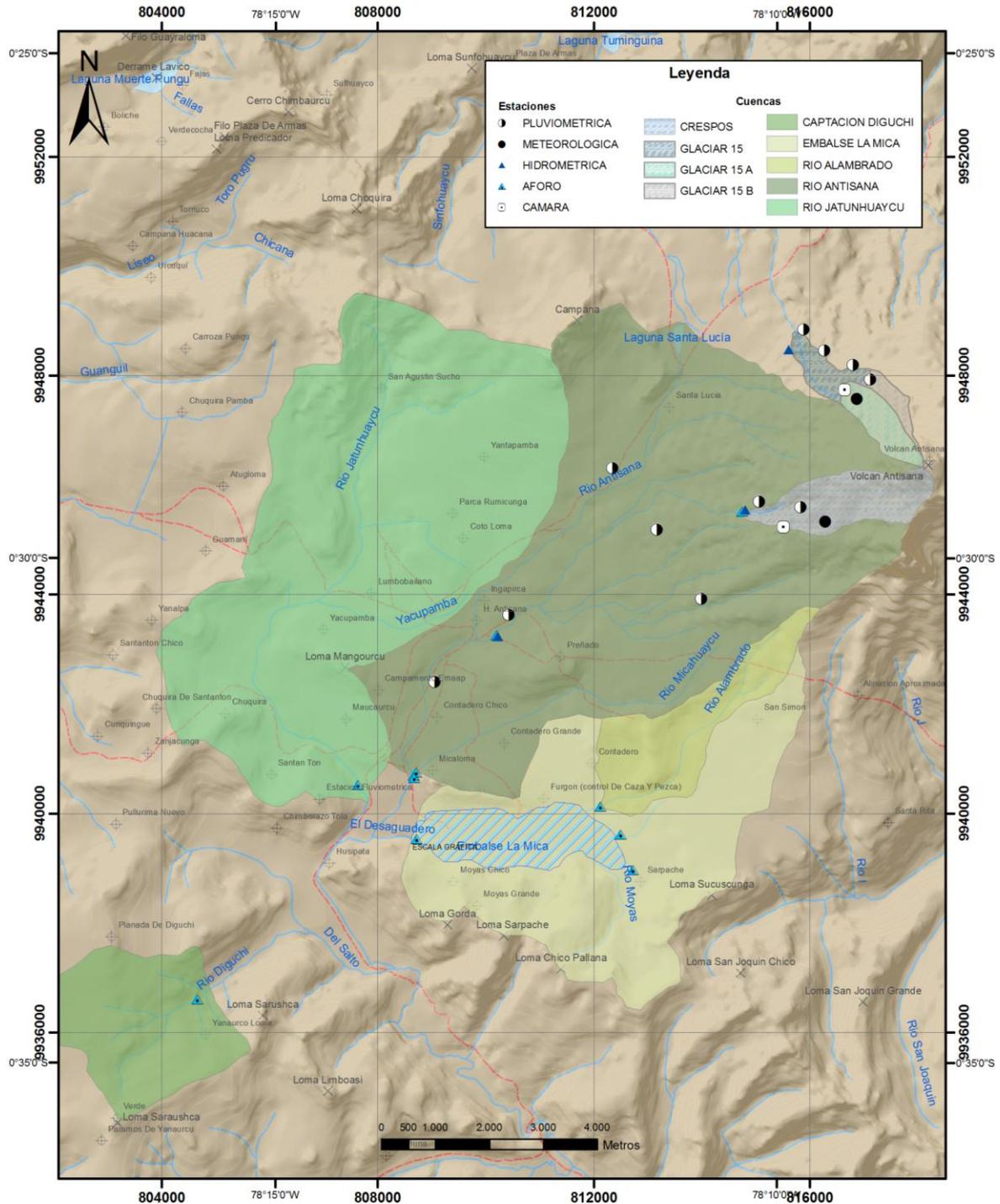
Durante la realización de esta prueba se suscitó un problema con la funcionalidad del botón *Exportar Excel*. Cuando se hacía una consulta definiendo el mes por el que se quería filtrar (se obtiene un solo dato porque se hace una salida de campo por mes), al exportar a Excel no había ningún problema. Pero si no se definía el mes (es decir, se deseaba todos los datos del año), al momento de exportar a Excel el grupo de datos consultados, sólo se enviaba un dato.

Fue necesario modificar la programación del botón *Consultar Excel* para que funcione de manera correcta.

5.4.3. Hidro - Cuencas

El mapa de prueba se generó con todas las estaciones y todas las cuencas como se muestra en la Figura. 5.10. La consulta alfanumérica se hizo con las estación meteorológica ORE, (Figura. 5.11.), y la consulta geográfica con la estación hidrométrica Humboldt, (Figura. 5.12.).

Estaciones Hidro - Meteorológicas



IRD
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT - IRD
PROGRAMA GREATICE
CONVENIO DE COOPERACION TECNICA Y CIENTIFICA
ENTRE LA EMAAP-Q Y EL IRD

CONTIENE:
**PRUEBA PILOTO
DATOS 2007**
LABORADO POR:
Janisse Romero
Fecha de elaboracion: Marzo 2010
Escala de impresion: 1:90.000
Intervio de curva: 40 mts.
Mapa No.: --

OBSERVACIONES:
Cartografia base escala 1:50.000
Fuente: UEPRO EMAAP-Q
Sistema de Referencia: WGS84
Proyeccion: UTM Zona: 17 S
ING. ALFREDO DE LA CRUZ
COORDINADOR EMAAP-Q
REVISOR
ING. MAX SOTOMAYOR
FUNCIONARIO EMAAP-Q
ELABORADOR

SIMBOLOGIA

Curvas de Nivel	AREA_ESTUDIO	ZANAJACEQUIA
PRINCIPAL	LOMA/COLINA	RIO_DOBLE
SECUNDARIA	VIA	LAGO/LAGUNA
POBLADO	RIOTORRENTE	EMBALSE

Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP- Q

Figura. 5.10. Mapa de prueba piloto de Hidro – Cuencas

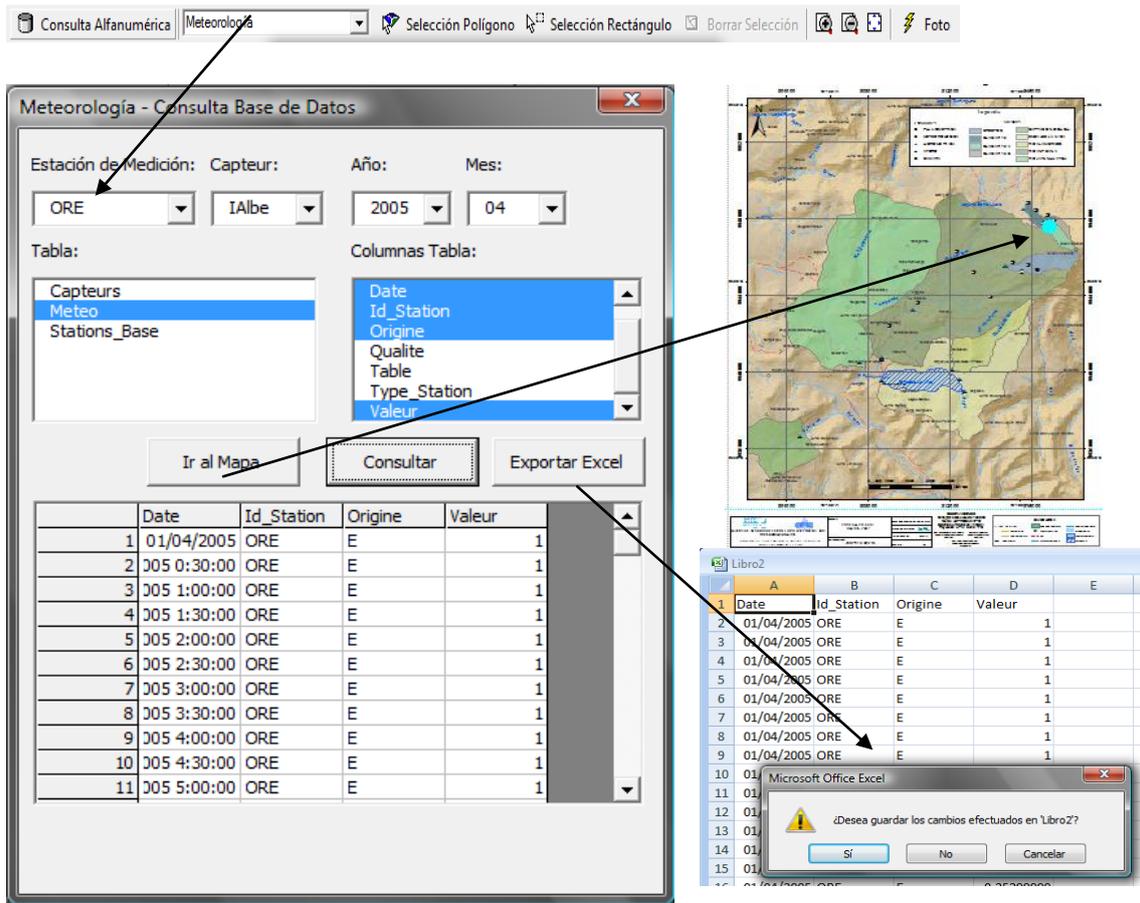


Figura. 5.11 Resultados de la consulta alfanumérica (Hidro-Cuencas)

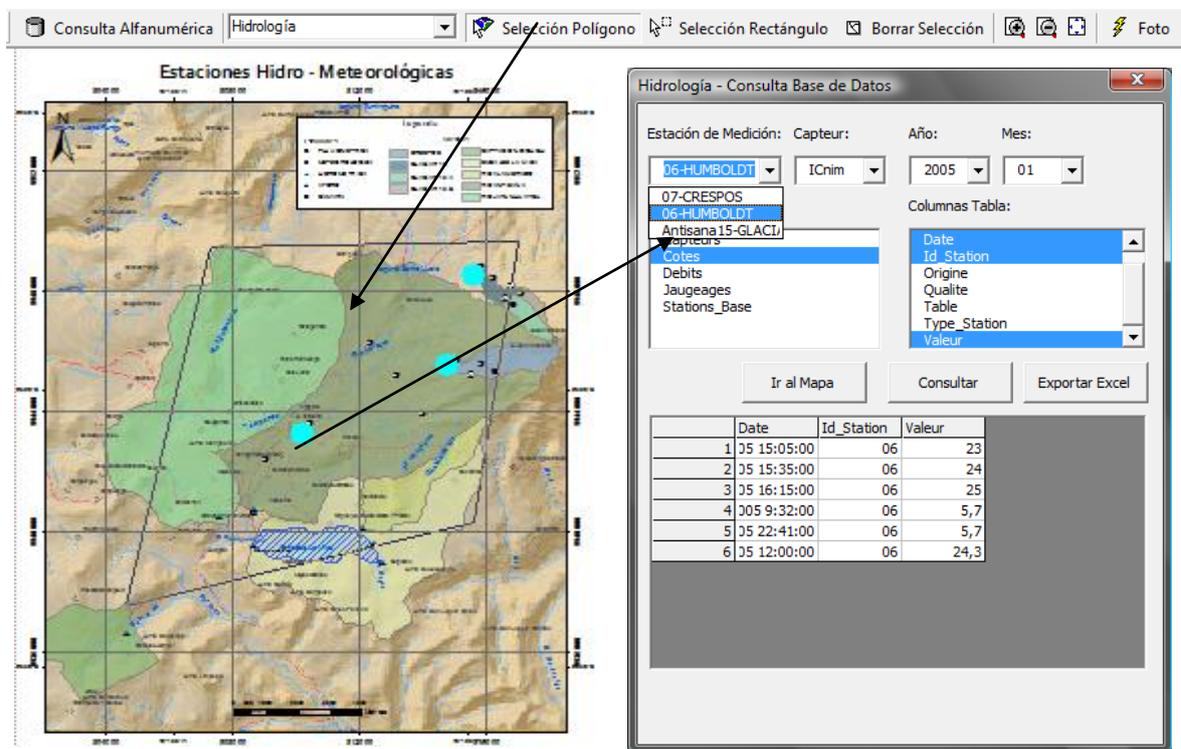


Figura. 5.12. Resultados de la consulta geográfica (Hidro-Cuencas)

En este diseño de mapa la herramienta personalizada posee un botón adicional, (Figura. 5.13.), que permite ver fotos de las estaciones. Es necesario dar clic en el botón *Foto* que se muestra en la figura, y dar clic sobre la estación de la que se desee observar la foto. Este botón funciona como un hipervínculo.

Nota: Las estaciones pluviométricas no cuentan con fotos.

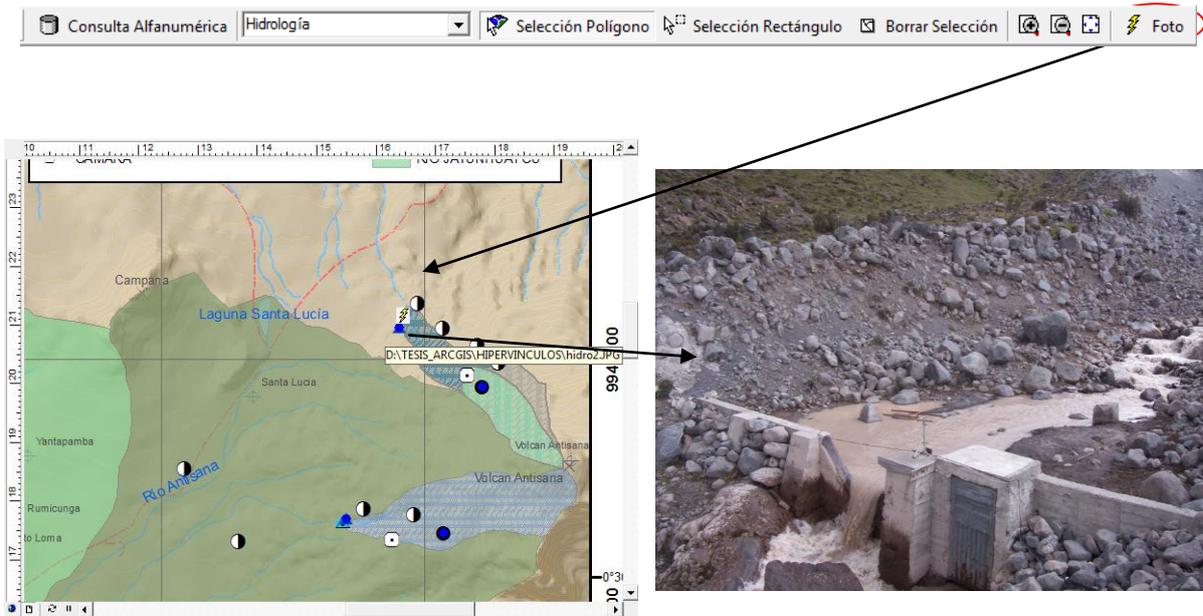


Figura. 5.13. Funcionalidad del botón *Foto*

Durante la práctica que se llevó a cabo no se suscitó ningún inconveniente del manejo ni de la funcionalidad de la herramienta. Los resultados obtenidos fueron los deseados.

5.5. Manejo de la herramienta de cálculo

Para probar el funcionamiento del modelo que integró varias herramientas propias de *ArcToolbox* y simplificó el proceso de cálculo de áreas parciales se tomó el contorno del año 2008 del glaciar 12, (Figura. 5.14.), para obtener los rangos altitudinales de dicho contorno.

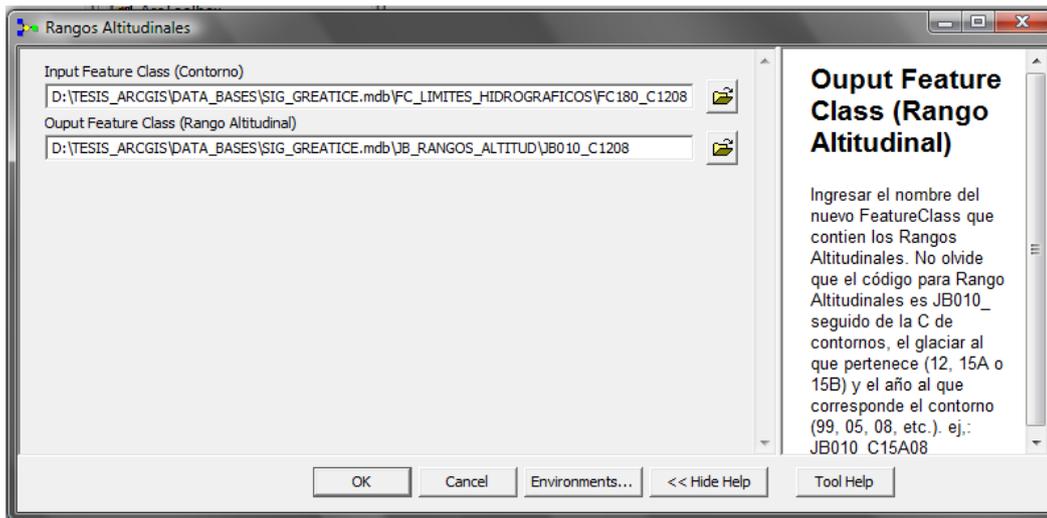


Figura. 5.14. Ingreso de información en la interface de la herramienta de cálculo

Como se puede observar en la zona del *Input Feature Class (Contorno)*, se ingresó el contorno correspondiente al año 2009, y en la parte superior del *Output Feature Class (Rango Altitudinal)*, se nombró a la nueva entidad que se va a crear a partir del contorno, es decir, las áreas parciales del contorno 2008 del glaciar 12.

En la Figura. 5.15., se puede observar el resultado de la ejecución de la herramienta.

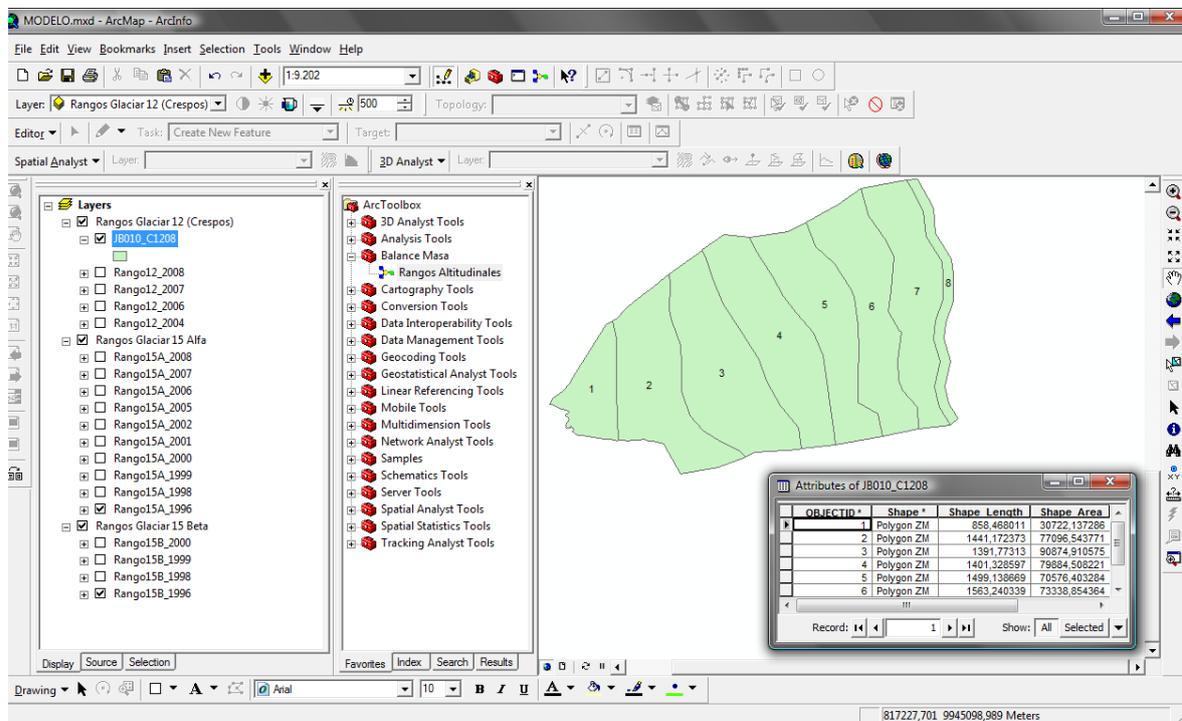


Figura. 5.15. Resultado prueba piloto de la herramienta de cálculo

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE DATOS DEL RETROCESO DE GLACIARES

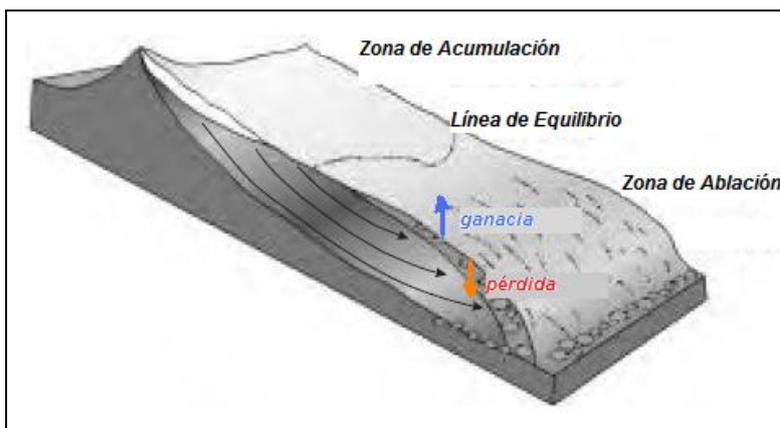
10.1. Introducción

Para la realización de este análisis se utilizó tanto información geográfica como alfanumérica para la obtención de dos resultados importantes como son la variación de la superficie del glaciar y el volumen de nieve/hielo perdido. Cabe recalcar que el análisis multitemporal se lo hizo para la *zona de ablación*³⁰ ya que la información geográfica disponible se limita a esta área.

Para la obtención del volumen de hielo perdido fue necesario contar con información de balances de masa, la misma que se tomó de los diferentes informes anuales que publica el Proyecto Glaciares. Para el cálculo de estos balances, en su momento, se necesitó la información geográfica de balizas, es por esta razón que existe una breve explicación sobre éstas.

El cálculo de balance de masas (*Capítulo 2*) se lo realizó sobre la base de los datos capturados en cada baliza durante el trabajo de campo. Estos datos son la emergencia de la baliza respecto a la superficie de hielo, (es decir, cuánto sobresale la baliza desde la superficie de nieve/hielo), y el espesor de la capa de nieve, ambos en centímetros (cm.). Lo que se obtiene es un valor de altura en mm., (Figura. 6.1.), que indica ganancia de masa si es positiva o pérdida si es negativa.

³⁰ Zona donde se produce mayor fusión anual que caída de nieve durante sus respectivas estaciones, produciéndose una pérdida de masa.



Fuente: Modificado de Enciclopedia de Geomorfología, Volumen 1, 2004

Figura. 6.1. Ganancia o pérdida de nieve en agua en la zona de ablación

En cuanto a la variación de la superficie, se la obtuvo mediante los contornos del glaciar, cuya información fue conseguida en campo.

La obtención de la información geográfica se la realizó desde 1996. Desde este año hasta 2002 se utilizó estación total con método de radiación, y desde 2003 hasta la actualidad se trabajó con GPS de una frecuencia (L1), (Foto. 6.1.), y aplicando el método cinético Stop and go, posicionando cada punto durante 5 minutos.



Fuente: Proyecto Glaciares – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Foto. 6.1. Captura de información geográfica mediante GPS

Es importante conocer que se partió desde un hito de segundo orden del IGM, conocido como *Preñado*. Este punto no tiene precisión en la monografía disponible en la Institución. Además no se conoce con qué otro punto conocido se “*enceró*” para realizar el primer levantamiento de información.

Por tal razón, no pudo realizarse una propagación de errores ni obtener la precisión que tienen los levantamientos. Por las mencionadas características se definió que la información geográfica de contornos y balizas puede ser utilizada sobre cartografía 1:50.000 o menores.

En el *Capítulo 4, Figura. 4.2.*, se encuentra el inventario de la información geográfica de todo el proyecto. Para contornos y balizas indica desde que año existen datos.

La ausencia de datos en algunos años se debió a problemas suscitados con el computador que los almacenaba y por errores de manipulación.

El glaciar 15 β es del que se posee menos información ya que aquí no se registró información para el cálculo de balance de masa (no se instaló balizas), sino sólo se capturó durante 4 años (1996 – 2000) información del contorno del glaciar. A partir de 2000 se suspendieron los estudios geográficos por la no disponibilidad de personal y logística.

Durante este análisis también se podrá observar que en los años que el fenómeno de El Niño ha sido más intenso (*Capítulo 2, Figura. 2.7.*) se registra balances de masa negativos muy altos (2003, 2005), mientras que en los años que el fenómeno de La Niña ha sido intenso (2006, 2007) se produce un incremento, pérdida mínima o balance equilibrado (cercano a cero) en cuanto a balance de masa.

Los resultados obtenidos del glaciar 12 y 15 difieren por la cantidad de años de monitoreo y por la exposición solar (glaciar 15 más expuesto que el 12, mayor pérdida en el glaciar 15 en cuanto a superficie.).

10.2. Glaciar 12 (Crespos)

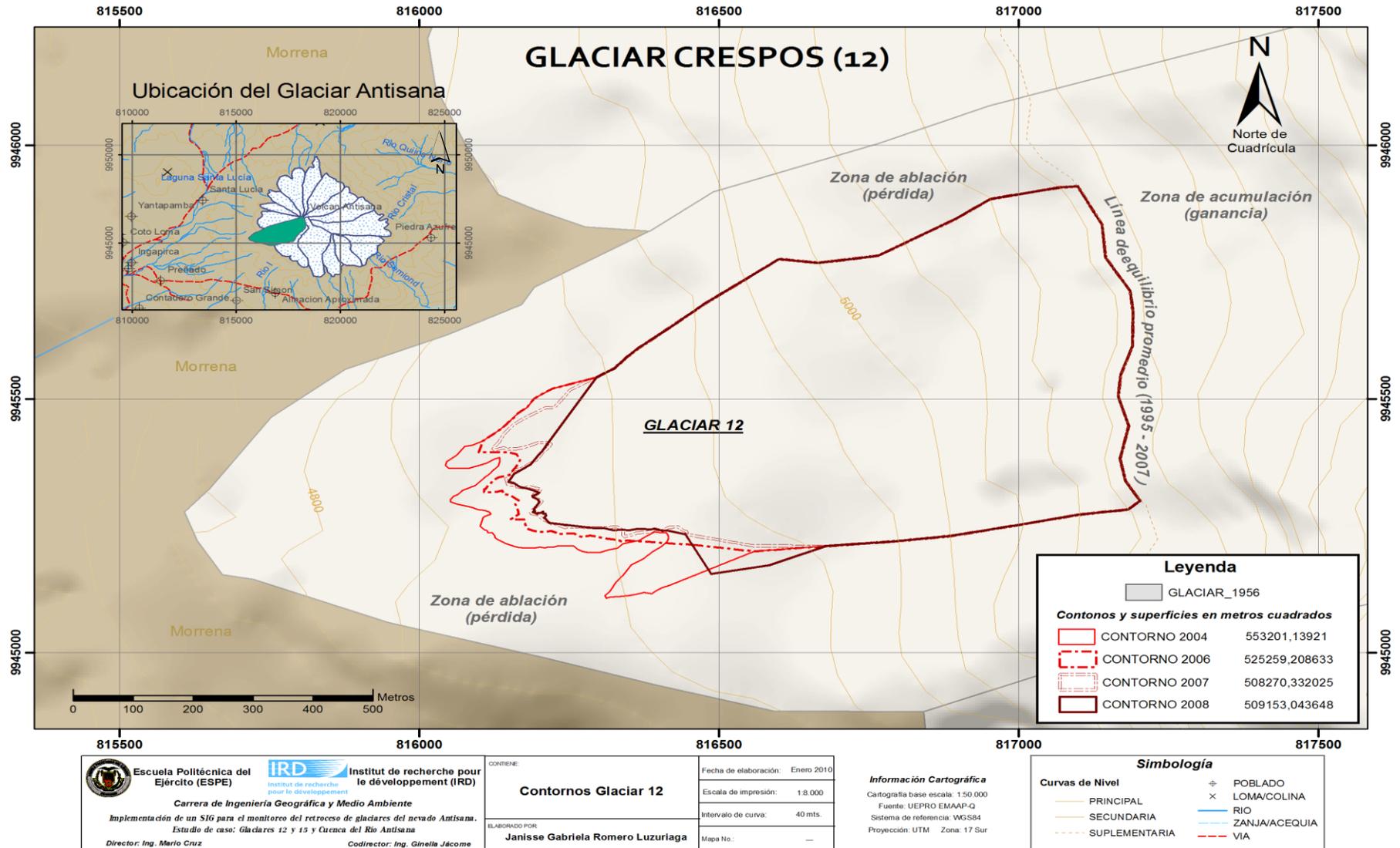
6.2.1. Variación de superficie del glaciar

En la geodatabase SIG_GREATICE, (*D\TESIS_ARCGIS\DATA_BASES*), se encuentran almacenados los contornos del glaciar 12 desde 2004 hasta 2008; con excepción de 2005 por las razones antes mencionadas. Los contornos son puntos tomados sobre el borde del glaciar y representan su forma. Para esto, se unieron dichos puntos mediante una línea y se formaron polígonos (Figura. 6.2.), que se cerraron a 5.121 metros, altura que corresponde al valor promedio de varios años de la línea de equilibrio del glaciar (Tabla. 6.1.). Con estos polígonos se puede obtener la variación de superficie de año por año, (Figura. 6.3.).

Tabla. 6.1. Línea de equilibrio glaciar del volcán Antisana

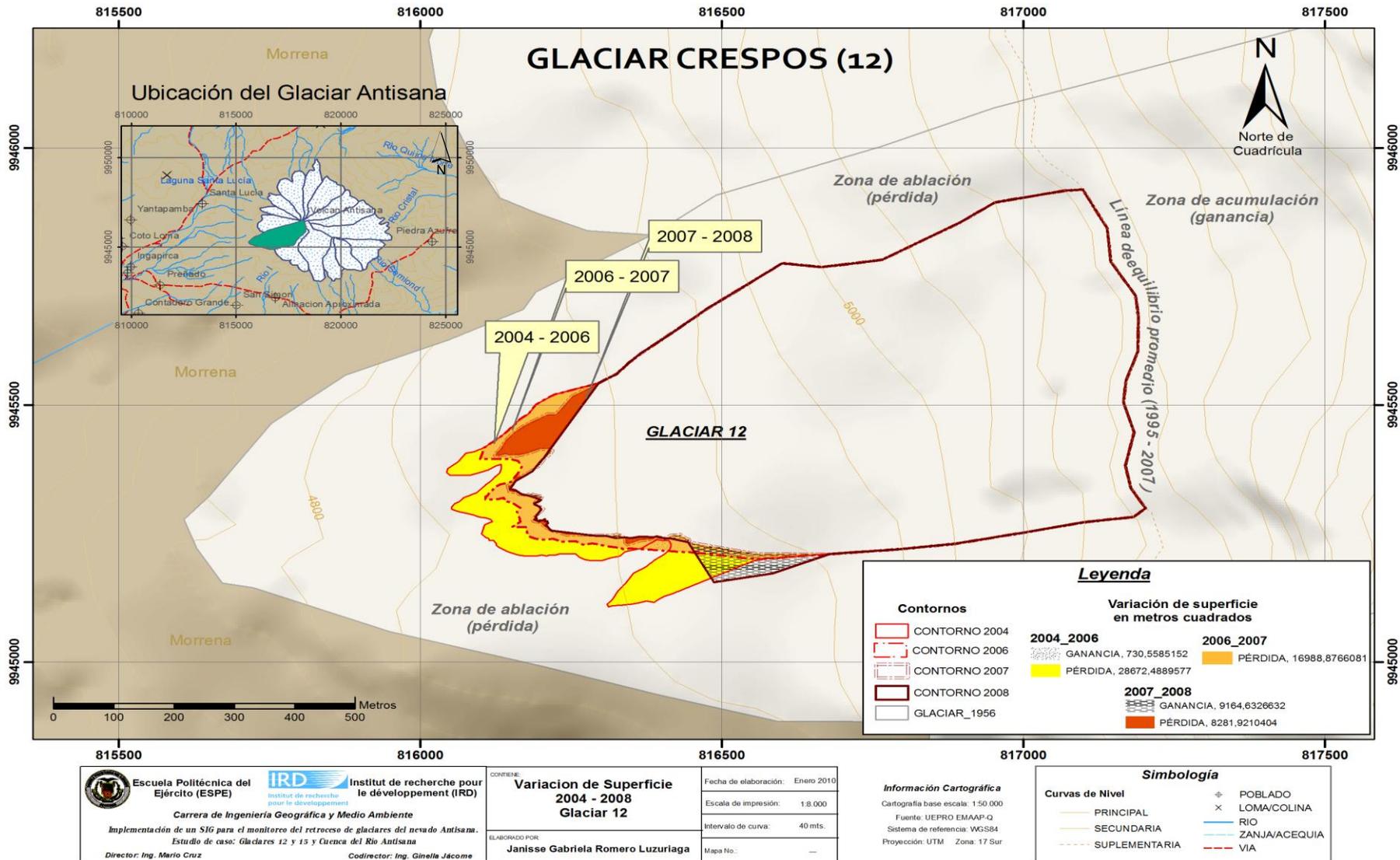
<i>Línea de Equilibrio del Glaciar</i>													
<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>PROM</i>
5245	5115	5110	5100	4960	4980	5085	5145	5225	5145	5150	5150	5170	5121

Fuente: Modificado de Glaciares del Ecuador Antisana y Carihuayrazo: Informe del año 2007



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP –Q

Figura. 6.2. Mapa de contornos del glaciar 12



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

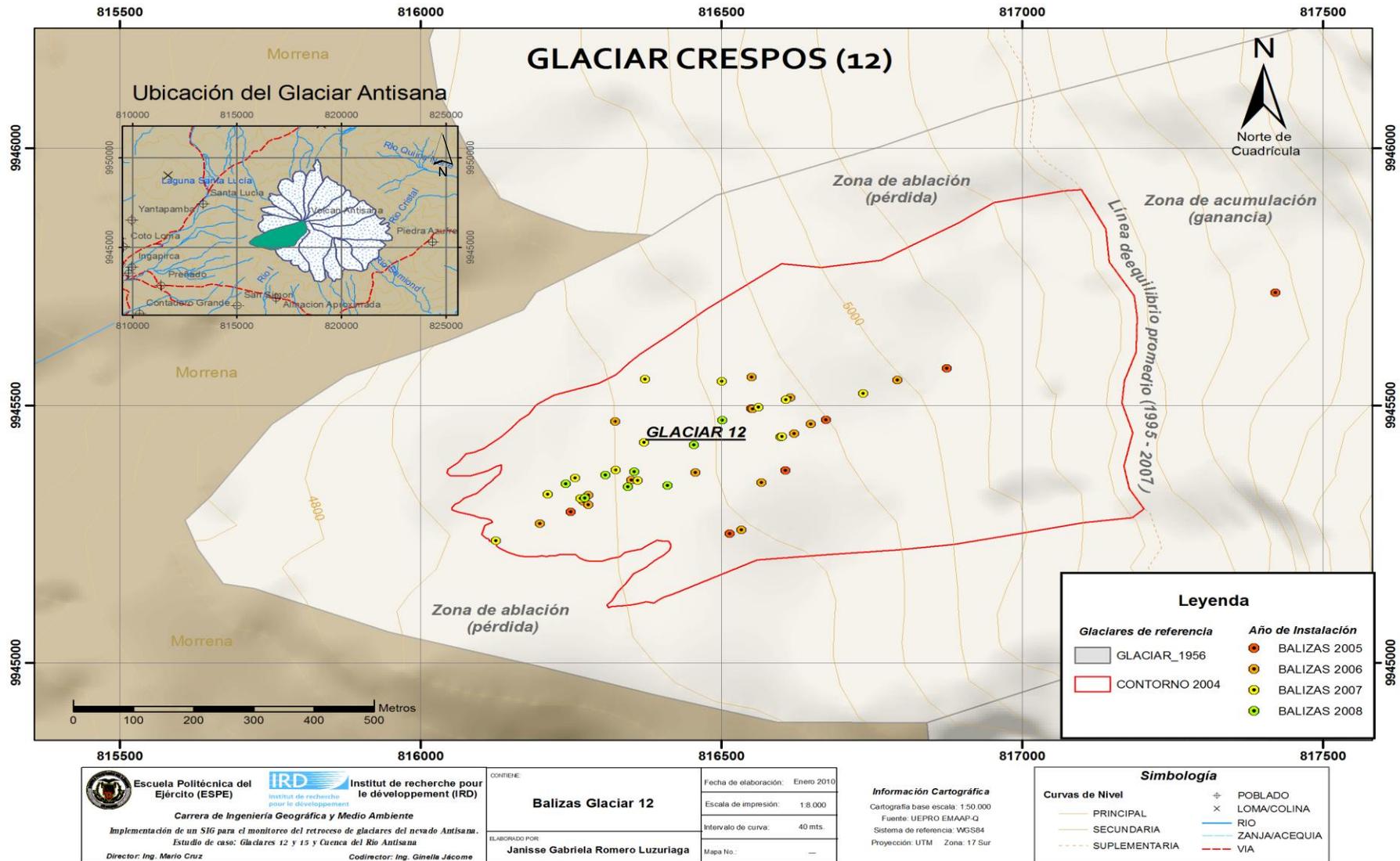
Figura. 6.3. Variación de Superficie del Glaciar 12 (2004 - 2008)

Como se puede observar en la Figura. 6.3., la pérdida de glaciar desde 1956 hasta los años recientes (2004 – 2008) es significativa. Desde 2004 a 2006 la pérdida es de casi 29.000 m². De 2006 a 2007 se registra una pérdida de casi 17.000 m² y para el 2008 se puede ver que el incremento (9.100 m²) es mayor que la pérdida (8.300 m²) de la superficie. Estas variaciones dependen de la intensidad con que se presentan los fenómenos climatológicos y de cómo aumenta la variación climática. En total, en los años de monitoreo, se ha perdido aproximadamente 44.000 m² de glaciar de 553.000 m² que se registra en el año 2004 (Figura. 6.2), esto representa aproximadamente un 8% en 4 años.

6.2.2. Balance de masa

Para el glaciar 12 se cuenta con datos de balizas desde 2005 hasta 2008; para cada año existe un archivo shape (*shapefile*) que contiene su ubicación geográfica, (Figura 6.4.).

Si una baliza pertenece al shape del 2005 quiere decir que en éste año fue instalada y puede ser monitoreada en años subsiguientes de no desplazarse o perderse bajo la nieve debido a avalanchas. Cuando sucede esto es necesario retomar las coordenadas si se han movido y además plantar nuevas balizas en el caso que se hayan ocultado bajo la nieve. Esta es la razón por la cual dos shapes de años diferentes pueden tener la misma baliza pero con diferente ubicación (coordenadas diferentes).



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.4. Mapa de balizas del glaciar 12

Estas balizas proporcionan información mensualmente para poder calcular los balances de masa anuales de la zona de ablación, los cuales han sido recopilados de los informes anuales desde 2004 hasta 2008 en la Tabla. 6.2. Los datos que se tiene aquí son de *balances ponderados*³¹.

Tabla. 6.2. Balances de masa ponderados de la zona de ablación del glaciar 12

<i>Año</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>
Balance (mm)	-1170	-712	-664

Fuente: Informes publicados³² por el Programa Glaciares - Ecuador

6.2.3. Volumen de hielo perdido

El cálculo de este dato se realiza con la superficie restante del glaciar (no la perdida) y el balance ponderado de cada año; y se aplica la fórmula del volumen que es el área (superficie) por la altura (balance), como muestra la siguiente Figura. 6.5.

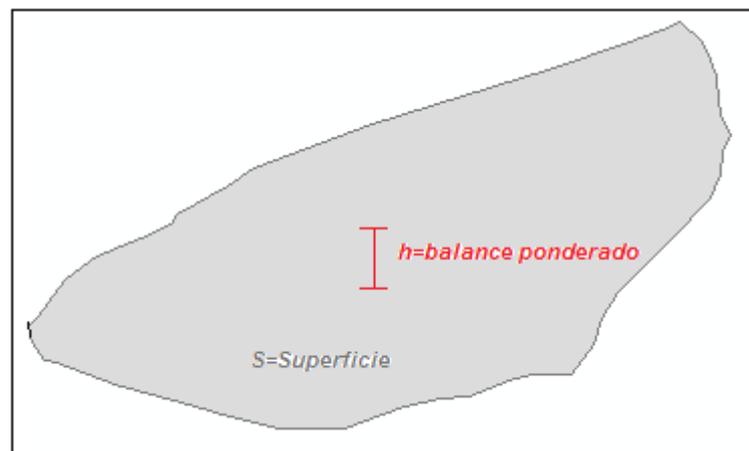


Figura. 6.5. Representación de la superficie y el balance para cálculo de volumen

³¹ Es el balance total de las balizas de un rango altitudinal multiplicado por la superficie del rango y dividido para la superficie total del glaciar.

³² *El Glaciar 15 del ANTIZANA (ECUADOR)*, Balance de Masa, Topografía, Meteorología, Hidrología y Balance de Energía, Años 2001 – 2003; *GLACIARES DEL ECUADOR: ANTIZANA Y CARIHUAYRAZO* Balance de Masa, Topografía, Meteorología, Hidrología y Balance de Energía, Años 2004 - 2007

En la siguiente tabla se muestran los valores de superficie restante, balance ponderado y volumen de hielo perdido en la zona de ablación desde 2004 hasta 2008.

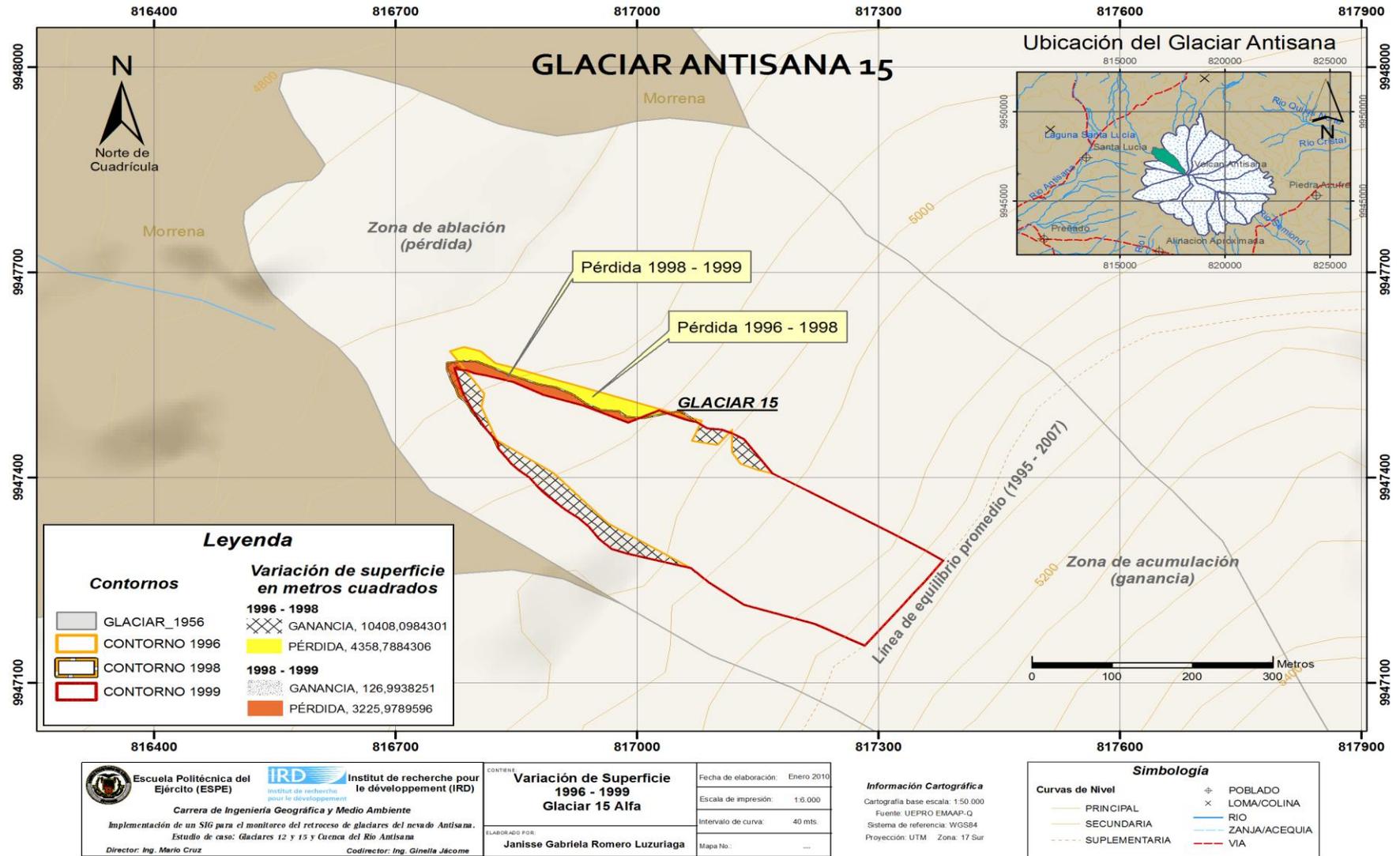
Tabla. 6.3. Cálculo de volumen perdido en la zona de ablación del glaciar 12

Año	Superficie (m ²)	Balance (m)	Volumen (m ³)
2004	553201,14	No hubo lectura completa de estacas	_____
2005	Se perdieron los datos levantados	-1,170	_____
2006	525259,20	-0,712	- 373984,5504
2007	508270,33	-0,664	- 337491,49912
2008	509153,04	En proceso	_____
<i>Promedio de pérdida anual de volumen en la zona de ablación</i>			<i>-355738,0248</i>

10.3. Glaciar 15 Alfa (15 α)

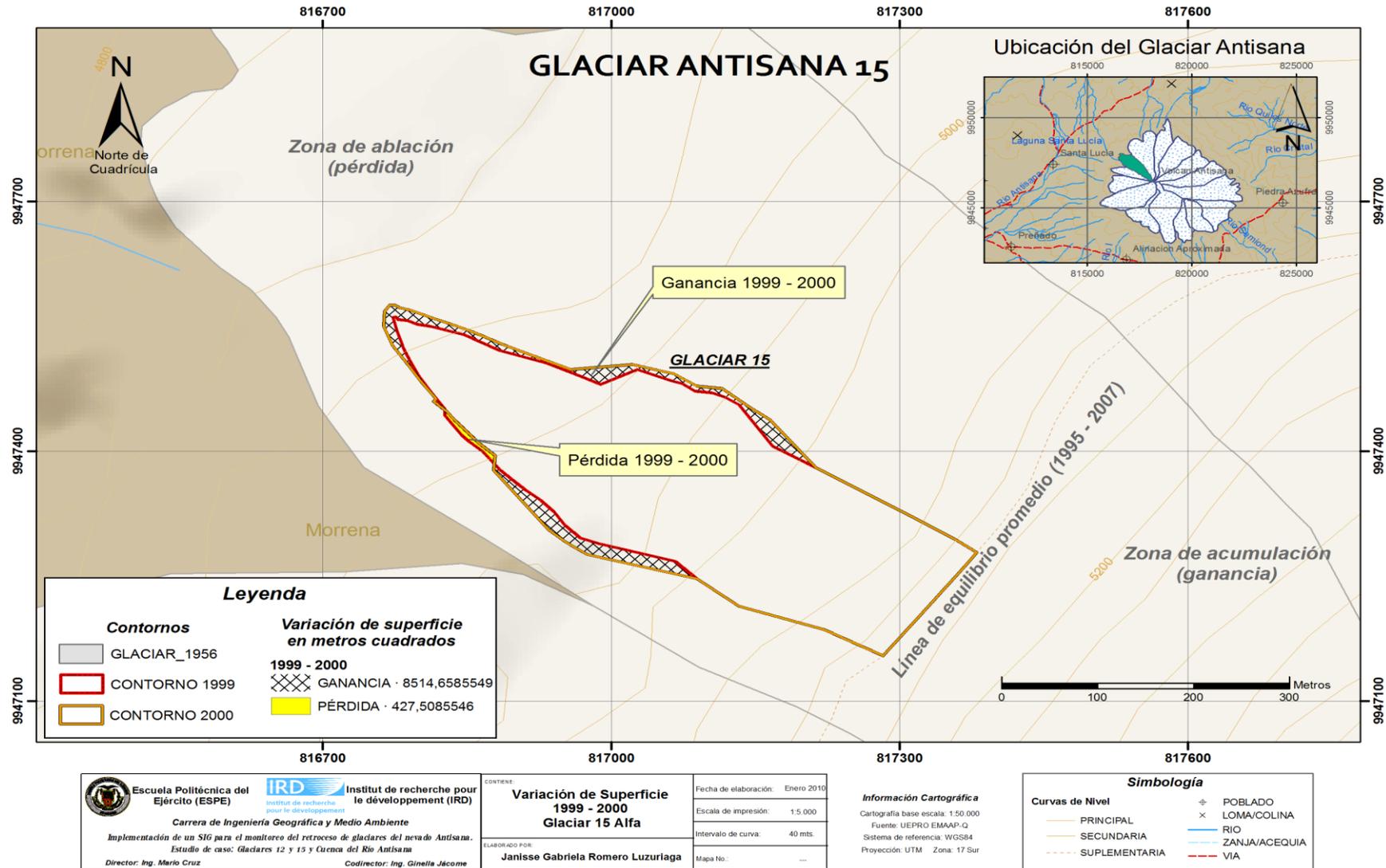
6.4.1. Variación de la superficie del glaciar

Para el glaciar 15 α se cuenta con información de contornos desde 1996 hasta 2008, con excepción de 1997, 2003 y 2004 por las razones mencionadas en la introducción. Estos polígonos, al igual que los del glaciar 12, están cerrados en la línea de equilibrio promedio a 5.121 metros (Tabla. 6.1.). La variación de superficie de año a año se muestra en las Figuras 6.6., 6.7., 6.8 y 6.9.



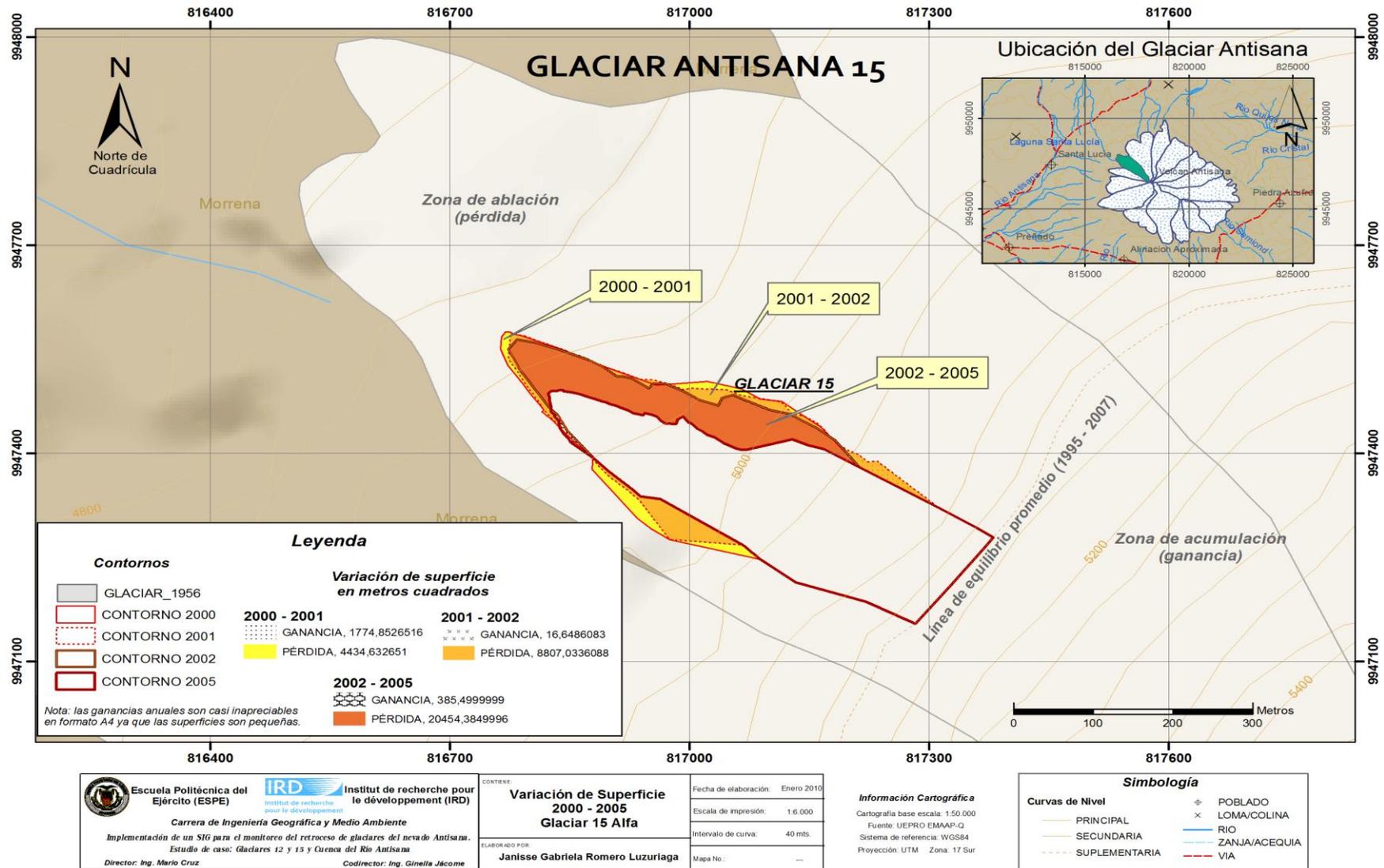
Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.6. Variación de Superficie del Glaciar 15α (1996 – 1999)



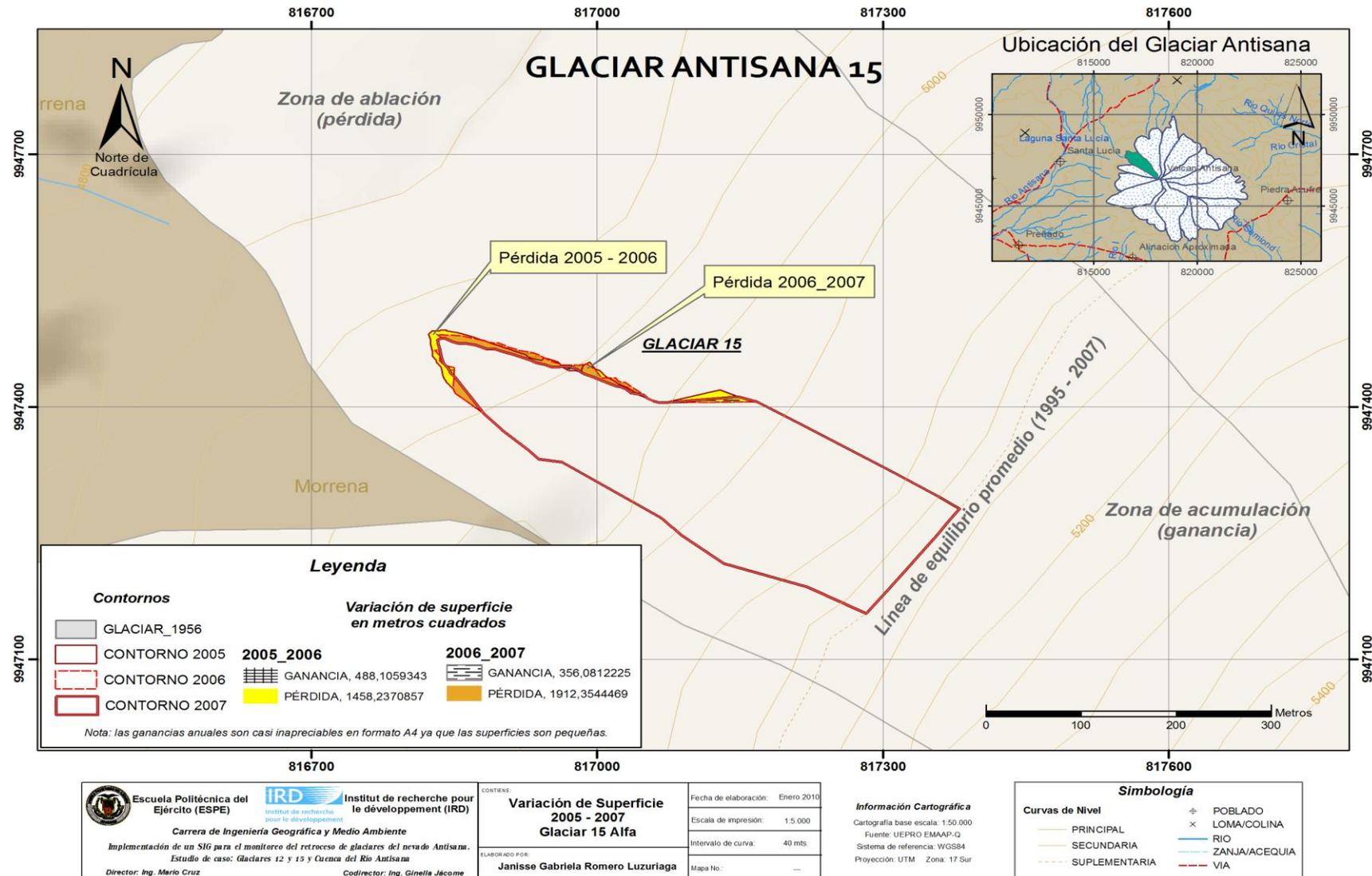
Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.6. Variación de Superficie del Glaciar 15α (1999 – 2000)



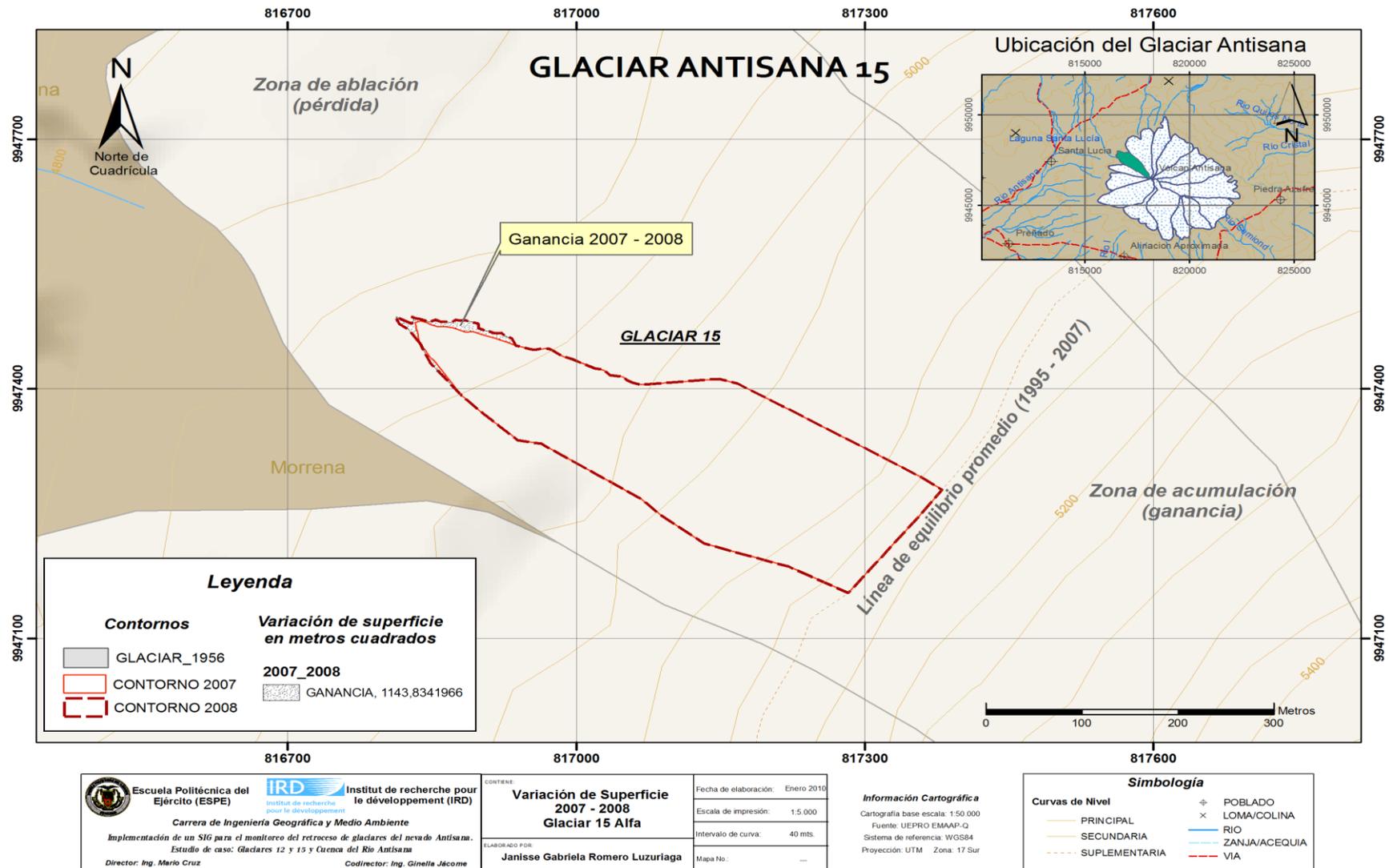
Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.7. Variación de Superficie del Glaciar 15α (2000 – 2005)



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.8. Variación de Superficie del Glaciar 15α (2005 – 2007)



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD –INAMHI – EMAAP -Q

Figura. 6.9. Variación de Superficie del Glaciar 15a (2007 – 2008)

Como se puede observar en los mapas presentados, los años en que se ha dado una pérdida de superficie son más que en los que se ha ganado.

En 1996 (primer año del cual se tiene información geográfica), se tenía una superficie aproximada de 96.000 m² y la variación aproximada es de - 22.000 m², lo que representa el 22,9% con respecto al primer año de monitoreo.

Los años en los que se presentó un incremento importante fueron de 1999 – 2000 y de 2007 a 2008.

6.4.2. Balance de masas

En el caso de las balizas existe información desde 1996 hasta 2008 con excepción de 1997, 2001, y 2003.

Por medio de la información recolectada en todos estos años se generó los informes técnicos de los cuales se ha tomado los balances de masa de la zona de ablación del glaciar y que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla. 6.4. Balances de masa ponderados de la zona de ablación del glaciar 15a

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Balance (mm)	-914	-1271	-1480	-801	-1225	-328	-635

Fuente: Informes publicados³³ por el Programa Glaciares - Ecuador

Los informes de 1994 a 2000 poseen información de balance de masa para todo el glaciar y no datos por separados para la zona de ablación y la de acumulación. Por tal razón no se incluyen en la tabla anterior ni se calculará los volúmenes perdidos para dichos años.

³³ *El Glaciar 15 del ANTIZANA (ECUADOR)*, Balance de Masa, Topografía, Meteorología, Hidrología y Balance de Energía, Años 2001 – 2003; *GLACIARES DEL ECUADOR: ANTIZANA Y CARIHUAYRAZO* Balance de Masa, Topografía, Meteorología, Hidrología y Balance de Energía, Años 2004 - 2007

6.4.3. Volumen de hielo perdido

En la siguiente tabla se presentan los valores de superficie restante del glaciar, balance ponderado y volumen de hielo perdido desde 2001 hasta 2008.

Tabla. 6.5. Cálculo de volumen perdido en la zona de ablación del glaciar 15a

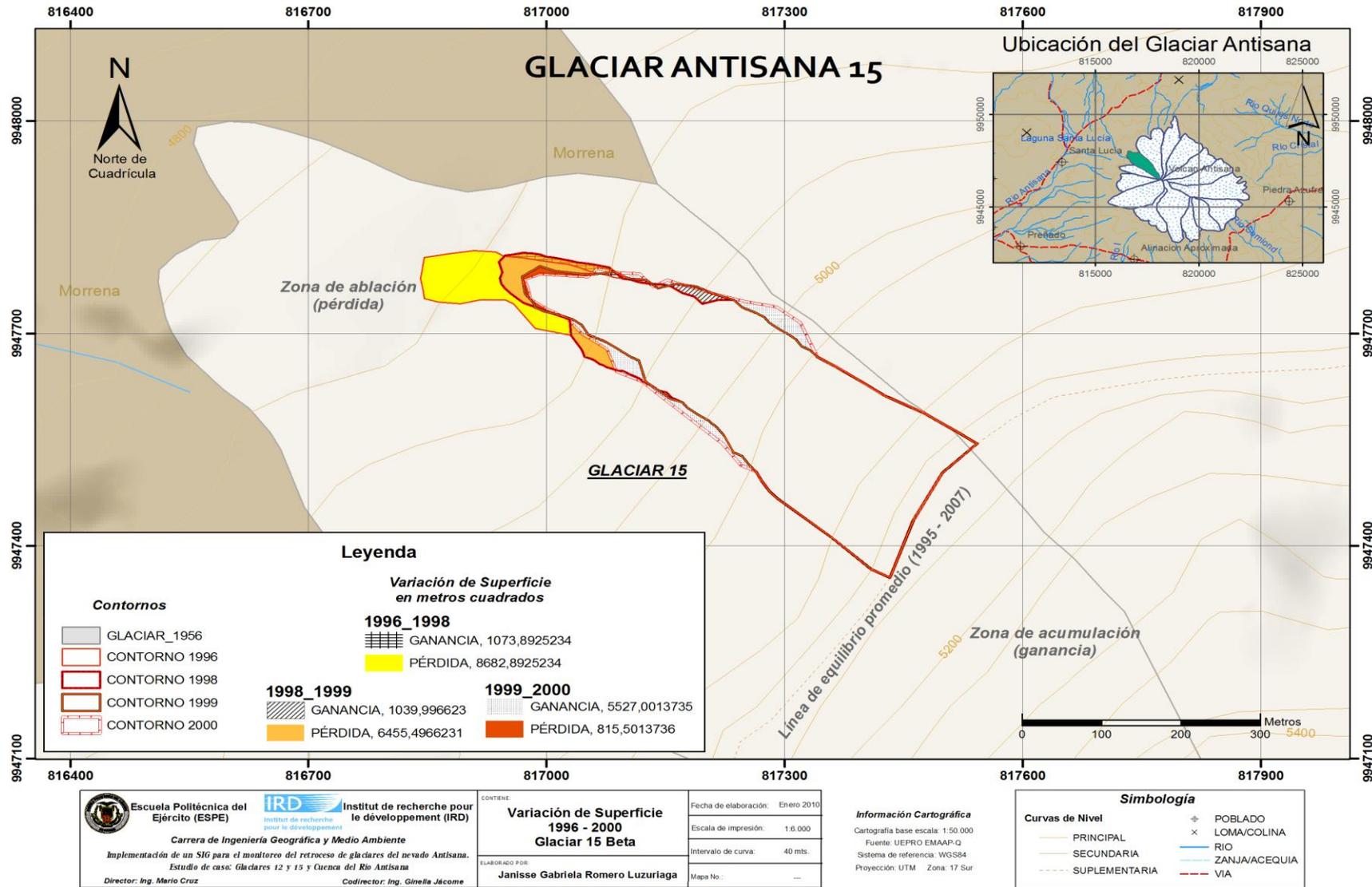
Año	Superficie (m²)	Balance (m)	Volumen (m³)
2001	104425,76	-0,914	-95445,1446
2002	95635,37	-1,271	-121552,555
2003	Pérdida de datos	-1,480	_____
2004	Pérdida de datos	-0,801	_____
2005	75566,49	-1,225	-92568,9503
2006	74596,35	-0,328	-24467,6028
2007	73040,09	-0,635	-46380,4572
2008	74183,34	En proceso	_____
Promedio de pérdida anual de volumen en la zona de ablación			76082,94198

10.4. Glaciar 15 Beta (15β)

Para este glaciar la información existente en la base de datos geográfica es de 1996 hasta 2000, con excepción de 1997. En la Figura. 6.10., se muestra la pérdida de superficie que sufrió durante los años de monitoreo.

En 1996 el glaciar presentaba una superficie total aproximada de 103.000 m² y a lo largo de su monitoreo sufrió una pérdida de 8.300 m² aproximadamente, lo que representa el 8%.

En cuanto a la información de balance de masas, en los informes publicados por el Proyecto Glaciares Ecuador, no se encontró ningún dato para poder llevar a cabo el cálculo de volumen perdido.



Fuente de la información utilizada para la obtención del mapa: Proyecto Glaciares –IRD–INAMHI–EMAAP-Q

Figura. 6.10. Variación de Superficie del Glaciar 15β (1996 - 2000)

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1. Conclusiones

- Con la realización de este proyecto se logró obtener información correcta, ordenada e integrada en un solo programa, para facilitar el manejo de los datos alfanuméricos y geográficos del monitoreo de los glaciares 12 y 15 del volcán Antisana y sus cuencas aledañas, mediante la creación de herramientas de consulta y cálculo.
- La información se estructuró de tal manera que el usuario puede manejarla con facilidad y de forma ordenada, ya que el principal problema que se afrontó durante la realización de este proyecto fue la duplicación de información debido a la mala administración de los datos provenientes de campo.
- La geodatabase cumple estándares internacionales y nacionales en cuanto a catálogo de objetos y generación de metadatos se refiere, lo cual facilitará el intercambio de información y permitirá conocer gran parte de la calidad de la información y cómo ésta fue generada. Adicional a estos estándares, se definieron dominios dentro de la geodatabase para minimizar errores en el ingreso de los datos.
- Se generó una herramienta de consulta mediante programación en el Editor Visual Basic de ArcMap, la cual permite realizar consultas desde ArcMap hacia las bases de datos alfanuméricas que se maneja en el Programa Glaciares – Ecuador. La misma está dotada de filtros que permiten obtener información puntual, conocer su ubicación en el mapa y exportar los datos consultados a Excel para su posterior análisis.
- Mediante la herramienta *Model Builder* de ArcGis se desarrolló un modelo que integró, en un solo paso, los procesos necesarios para obtener superficies parciales

de los contornos del glaciar en función de las curvas de nivel, datos necesarios para el cálculo de balance de masa. De esta manera se obtuvo la herramienta de cálculo planteada en los objetivos.

- En el estudio multitemporal que se llevó a cabo para la zona de ablación de los glaciares en estudio, se obtuvieron los resultados que se resumen en la tabla. 7.1.

Tabla. 7.1. Resultados de estudio multitemporal

<i>Glaciar</i>	³⁴ <i>Superficie referencia (100%)</i>	³⁵ <i>Pérdida superficie en años monitoreo (m²)</i>	³⁶ <i>Pérdida de superficie (%)</i>	³⁷ <i>Pérdida volumen promedio anual (m³)</i>	<i>Observaciones</i>
12 (Crespos)	Año: 2004 553.000 m ²	44.000 (2004-2008) *	8	355.000 (2006-2007) **	*2005: pérdida de datos contorno **2004: no hubo lectura de balizas por tanto no se calculó BM ³⁸ **2008: BM en proceso
15α	Año: 1996 96.000 m ²	22.000 (1996-2008) *	23	76.000 (2001-2007) **	*2003 y 2004: pérdida de datos contorno **1996 a 2001: no se calculaba BM **2008: BM en proceso
15β	Año: 1996 103.000 m ²	8.300 (1996-2000) *	8	**	*Solo se monitoreo hasta 2000 por problemas logísticos. **No se colocó balizas para mediciones en ningún año

Nota: Todos los datos de la tabla son aproximados. Las cifras exactas se puede observar en el *Capítulo 6 – Estudio Multitemporal*, en la leyenda de cada mapa.

³⁴ Superficie del primer año de monitoreo que fue tomada como referencia para el cálculo de la pérdida en los años subsiguientes.

³⁵ Superficie que se ha perdido desde el año de monitoreo hasta 2008.

³⁶ Porcentaje de superficie tomando como referencia, 100%, los indicados en columna 2 de la tabla.

³⁷ Se calculó cada año (*Ver Capítulo 6*) multiplicando la superficie total por el balance de masa, se sumó todas y se sacó promedio.

³⁸ BM = Balance de masa

- El estudio multitemporal tuvo algunas dificultades debido a la falta de datos tanto alfanuméricos como geográficos. En algunos casos fue imposible calcular el volumen de masa perdido y el promedio anual no pudo hacerse con todos los datos.
- Se generó un *Manual Técnico* que servirá de guía para ingresar nueva información de otros glaciares y cuencas aledañas del volcán Antisana al sistema de información geográfica. Gracias a este documento se podrá manejar los datos de manera ordenada y guiándose con las normas internacionales aplicadas para el desarrollo de este proyecto.
- Se creó un *Manual de Usuario* el cual detalla el funcionamiento de las herramientas generadas para este proyecto, sus restricciones y ventajas.
- La geodatabase creada en este proyecto es de tipo Personal, la cual tiene limitaciones en cuanto a espacio de almacenamiento, esto fue debido a que las bases de datos alfanuméricas que se han manejado en el Proyecto Glaciares son de MS Access.

7.2. Recomendaciones

- Se sugiere que los técnicos del Proyecto Glaciares actualicen constantemente las bases de datos (cada mes los datos alfanuméricos y anual los geográficos) para que la herramienta de consulta disponga de información reciente y la de cálculo cumpla su función.
- El responsable de la captura de información debería manejar un sólo documento que contenga los datos procesados e información de autor, equipo, método, etc., posterior a la toma de datos y guardarlo en la carpeta de *1.DATOS_BRUTOS* para que no se produzca duplicación de información. De igual manera se debe proceder con los procesos restantes (documento para crear la cobertura y creación de cobertura).
- Se debería respetar la metodología propuesta para definir los códigos de las entidades (tablas) que se van a ingresar a la geodatabase, de lo contrario se reincidiría en el error de falta de organización. Además es importante crear los

metadatos de las coberturas que se desee incrementar en la geodatabase para conocer la calidad de la información.

- Previo al ingreso de una cobertura nueva, es necesario definir su dominio en la geodatabase ya que esto minimiza los errores de ingreso de información. Las condiciones que están definidas en los dominios son las coordenadas debido a que este fue uno de los problemas encontrados en la mayoría de coberturas tipo punto.
- Si se desea cargar la herramienta de consulta a un nuevo documento de ArcMap (*layout*), es necesario que los nombres que se asignen a los nuevos botones sean exactamente iguales a los que están definidos en la programación. Por ejemplo, para el botón que permite hacer la selección mediante polígono de trazo libre, en la programación se lo nombró como *Selección_Poligono* (sin tildes), por lo tanto, al momento de crear el botón desde la opción Personalizar (*Customize*), de lo debe nombrar exactamente igual al mencionado, de lo contrario la programación no se ejecutará.
- En la herramienta de cálculo es estrictamente necesario guardar el archivo de salida en la dirección que muestra la interface al abrirse. Si se escoge otra carpeta, los procesos no se ejecutarán y se mostrará un error.
- Se recomienda tener continuidad en la toma de datos y documentar las razones por las cuales no fue posible capturar la información.
- Para facilitar el manejo del *Manual Técnico* es necesario familiarizarse con las partes de la pantalla de ArcMap y ArcCatalog, como son barras de herramientas, zonas donde se maneja la información, etc., ya que a lo largo de este documento se utiliza sus respectivos nombres para las explicaciones.
- Se recomienda leer el *Manual de Usuario* antes de utilizar la barra de herramientas personalizada ya que existen algunas condiciones para su uso y para la obtención de los resultados necesario.
- Ya que el estudio que se realiza sigue incrementando gran cantidad de datos, lo más recomendable sería que se generara una geodatabase corporativa y que los datos de Access fueran almacenadas en una base de datos que brinde mayor capacidad de almacenamiento.

REFERENCIAS

CAPÍTULO 1

Medina, Iván; Basantes, Rubén, *Diseño de la Investigación, ESPE – IRD*, 2008 – 2010.

Martínez, Eduardo, *Se Precipita El Retroceso De Los Glaciares Andinos*, http://www.tendencias21.net/Se-precipita-el-retroceso-de-los-glaciares-andinos_a405.html, 26 Septiembre 2004, Marzo 2009.

Equipo ORSTOM (actual IRD), *Contribución Del Programa "Nieves Y Glaciares Tropicales " (Ngt) Al Conocimiento De La Variabilidad Climática En Los Andes*, <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/pouyaud.html>, Marzo 2009.

Retroceso De Los Glaciares Andinos, <http://www.cambio-climatico.com/retroceso-de-los-glaciares-andinos>, 3 octubre 2005, Marzo 2009.

Núñez, Jorge, Proyecto GEF/SGCA/BM – MAE, *Proyecto De Adaptación Al Impacto Del Retroceso Acelerado De Glaciares En Los Andes Tropicales*, (PRAA) <http://www.ambiente.gov.ec/userfiles/2092/file/Cambio%20Climatico/Adaptacion/PRAA%20web3.pdf>, Marzo 2009.

CAPÍTULO 2

Cáceres, Bolívar, *Balance de Masa*, INAMHI – IRD, 2008 - 2010.

Maisincho Luis, *Hidrología y meteorología de la cuenca*, INAMHI – IRD, 2008 - 2010.

Basante, Rubén, *Cambio y variabilidad climática: su impacto en los glaciares*, MAE – IRD, Abril 2009.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Cambio Climático 2007 – Informe de Síntesis*, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, 2008, Abril 2009.

¿Qué es un glaciar?, <http://www.glaciaresandinos.org/glaciar.html>, Abril 2009.

Ríos, José, *Cambio Global Antropogénico: el efecto invernadero*, <http://www.programabecas.org/numero/V-2.pdf>, Abril 2004, Abril 2009.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Tercer Informe de Evaluación - Cambio climático 2001 - Impactos, adaptación y vulnerabilidad*, <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>, pagina 56 literal 5.5, 2002, Mayo 2009.

Longwell, C. Flint, R., *Geología Física* primera edición (1965), Editorial Limusa – México, pág. 248, Mayo 2009.

Tarback y Lutgens, *Geología Física*, pag 509

Wicander R. y Monroe J., *Fundamentos de Geología*, segunda edición, Internacional Thomson Editores, 2000, pág. 293, Mayo 2009

Hooke, R., *Principles of Glacier Mechanics*, segunda edición, Cambridge University, pag 18, 2005, Mayo2009.

Bennett, M., Glasser, N. *Glacial Geology: Ice Sheets and Landforms*, Segunda Edición editorial John Wiley & Sons Ltda., pág. 43, 2009, Junio 2009.

Varios autores, *La Enciclopedia Del Estudiante*, tomo 5 - Ciencias de la Tierra y del Universo, primera edición, Buenos Aires - Argentina, Santillana, 2006, Junio 2009, pág. 128.

Hubbard, B. Glasser, N., *Field Techniques in Glaciology and Glacial Geomorphology*, , Editorial John Willey & Sons, Ltda, Inglaterra, 2005, Junio 2009, pág. 187,

CAPÍTULO 3

León, M.Fernanda, *Catálogo de Objetos y Metadatos en el Ecuador*, IGM, Diciembre 2008 y Octubre 2009.

Delgado, Byron, *Generación de Metadatos mediante Geonetwork*, ESPE, Septiembre 2009.

Sistema Nacional de Información, www.sni.gov.ec, Julio 2009.

SENPLADES, Visor de Información Geográfica, http://territorial.sni.gov.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=72, agosto de 2009.

Download DIGEST 2.1, www.digest.org, Agosto 2009.

Sánchez, Alejandra, *Normas Sobre Metadatos (ISO 19115, ISO 19115-2, ISO 19139, ISO 15836)*, http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1455, Enero 2008, Agosto 2009.

Letelier, Patricio, *Desarrollo de Software Orientado a Objetos usando UML*, http://eisc.univalle.edu.co/materias/Material_Desarrollo_Software/UML_Historia_Intro.pdf, Noviembre 2009.

CAPÍTULO 4

Cáceres, Bolívar, *Recopilación de Información Geográfica*, INAMHI – IRD, 2008 – 2009.

Cuenca, Erick, *Identificación de Información Alfanumérica*, INAMHI – IRD, 2008 – 2009.

Medina, Iván, *Geodatabase Personal*, ESPE, 2009 – 2010.

Padilla, Oswaldo, *Raster en Geodatabase*, ESPE, Octubre 2009.

Murillo, Mauricio, *Visual Basic 6*, Agosto 2009.

Yujra, Francisco, *ArcObjects*, Enero 2010.

CAPÍTULO 6

Cáceres, Bolívar, *Geometría del Galciar*, INAMHI – IRD, Enero 2010.

Varios autores, *Enciclopedia of Geomorphology*, Volumen 1, Quinta edición, Editorial Routledge, Londres, 2004, Diciembre 2009, pág. 323.

ANEXOS

Glaciares del Ecuador: Antisana y Carihuayrazo, Informe 2007, INAMHI, EMAAP-Q, IRD, Quito 2008, pag 11.

Lodola, Luciano, *Exportar un flexgrid a Excel*,
<http://www.recursosvisualbasic.com.ar/htm/trucos-codigofuente-visual-basic/240-exportar-flexgrid-a-excel.htm>, marzo 2009

Buscar y filtrar registros en un Microsoft Hierarchical Flexgrid,
<http://www.recursosvisualbasic.com.ar/htm/trucos-codigofuente-visual-basic/349-buscar-filtrar-microsoft-hierarchical-flexgrid.htm>, febrero 2009

Ajustar columnas en un Microsoft Hierarchical FlexGrid,
<http://www.recursosvisualbasic.com.ar/htm/trucos-codigofuente-visual-basic/275-ajustar-columnas-en-flexgrid.htm>, junio 2009

Cargar un FlexGrid con ADO, <http://www.recursosvisualbasic.com.ar/htm/trucos-codigofuente-visual-basic/181-cargar-flexgrid-ado.htm>, febrero 2009.

MSHFLexGrid no muestra filas de más de 2048,
<http://support.microsoft.com/kb/194653/es>, mayo 2009.

GLOSARIO

Ramirez, Patricia, *¿Qué es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO)?*,
<http://www.cepes.org.pe/webnino/2-quees.htm>, marzo 2010.

ANEXO 1

DICCIONARIO DE DATOS

1.1. Introducción

En este anexo se puede encontrar todas las entidades participantes en la integración de la información geográfica y alfanumérica, además de información detallada sobre nombre, alias³⁹, descripción, tipo de dato con su extensión y precisión.

Este documento se divide en dos partes. La primera, *Contenido Gráfico*, se encuentra descripción de la información geográfica (geodatabase SIG_GREATICE), la cual está distribuida en orden alfabético con respecto al diseño conceptual de datos (Capítulo 4, literal 4.3), dividido en categorías, subcategoría y entidades.

Posteriormente se encuentra detallados los atributos de las entidades (tablas) de las bases de datos alfanuméricas (BALACCESS, 36Glaciares), *Contenido Alfanumérico*. De igual forma que el *Contenido Gráfico*, las entidades se ordenaron alfabéticamente en función del nombre de tabla.

Además se encuentra diferenciados los campos por medio de los cuales se logra la conexión de las bases de datos los mismos que se detallan en el *Capítulo 4, Diseño Lógico* y a continuación:

**** Campos relacionados** entre las bases de datos BALACCESS Y SIG_GREATICE

**** Campos relacionados** entre las bases de datos 36Glaciares y SIG_GREATICE

**** Campos relacionados** dentro de la base de datos 36Glaciares

³⁹ Es un nombre alternativo que describe de mejor manera el contenido del atributo o de la tabla de la entidad.

1.2. Contenido geográfico

CATEGORÍA A – CULTURA

Subcategoría L – Misceláneos

Entidad: Poblado

Código de tabla: AL105_POBLADO

Tipo de cobertura: Puntos

Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_POBL	CODIGO	Código de identificación de poblados	Text	10
NM_POBL	NOMBRE	Nombre oficial	Text	50
USE_POBL	TIPO	Tipo de poblado: 0 DESCONOCIDO 128 POBLADO 115 RECINTO/CASERÍO	Long Integer	4
TXT_POBL	DESCRIPCION	Una concentración de pequeñas casas	Text	250

Subcategoría P – Transportación / Carreteras

Entidad: Vía

Código de tabla: AP030_VIA

Tipo de cobertura: Línea

Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_VIA	CODIGO	Código de identificación de vía	Text	10
RDT_VIA	TIPO	Tipo de vía 0 DESCONOCIDO 1 CALLE 4 CARRETERA 5 VERANO 6 HERRADURA	Long Integer	4
TXT_VIA	DESCRIPCION	Camino mantenido para la circulación de vehículos.	Text	250

CATEGORÍA B – HIDROGRAFÍA

Subcategoría H – Cuerpos de Agua

Entidad: Río / torrente
Tipo de cobertura: Línea

Código de tabla: BH140_RIO
Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero defino por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_RIO	CODIGO	Código de identificación de río	Text	10
NM_RIO	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AHC_RIO	CATEGORIA	Categoría asociada a hidrografía: 0 DESCONOCIDO 2 NO APLICABLE 3 SECO 6 INTERMITENTE/NO PERENNE 8 PERENNE/PERMANENTE	Long Integer	4
TXT_RIO	DESCRIPCION	Corriente natural de agua, más o menos continua, desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Algunas veces sus aguas se pierden por infiltración	Text	250

Entidad: Río doble
Tipo de Cobertura: Polígono

Código de tabla: BH142_RDOBLE
Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero defino por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_RDOB	CODIGO	Código de identificación de ríos dobles	Text	10
NM_RDOB	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AHC_RDOB	CATEGORIA	Categoría asociada a hidrografía: 0 DESCONOCIDO 2 NO APLICABLE 3 SECO 6 INTERMITENTE/NO PERENNE 8 PERENNE/PERMANENTE	Long Integer	4
TXT_RDOB	DESCRIPCION	Corriente natural de agua, más o menos continua y con un caudal variable, que recoge el agua de una cuenca.	Text	250

Entidad: Laguna**Tipo de Cobertura:** Polígono**Código de tabla:** BH080_LAGUNA**Fuente:** IGM– EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero defino por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_LAG	CODIGO	Código de identificación de lagunas	Text	10
NM_LAG	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AHC_LAG	CATEGORIA	Categoría asociada a hidrografía: 0 DESCONOCIDO 2 NO APLICABLE 3 SECO 6 INTERMITENTE/NO PERENNE 8 PERENNE/PERMANENTE	Long Integer	4
TXT_LAG	DESCRIPCION	Un cuerpo de agua, dulce o salada, más o menos extensa, rodeada por tierra.	Text	250

Entidad: Zanja / Acequia**Tipo de cobertura:** Línea**Código de tabla:** BH030_ZANJA**Fuente:** IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero defino por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_ZANJA	CODIGO	Código de identificación de zanja o acequia	Text	10
NM_ZANJA	TIPO	Nombre oficial	Text	50
TXT_ZANJA	DESCRIPCION	Canal construido en tierra con propósitos de drenaje o irrigación.	Text	250

Entidad: Embalse**Tipo de cobertura:** Polígono**Código de tabla:** BH132_EMBALSE**Fuente:** Imagen ASTER 2004

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero defino por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_EMBAL	CODIGO	Código de identificación de embalse	Text	10
NM_EMBAL	TIPO	Nombre oficial	Text	50
TXT_EMBAL	DESCRIPCION	Superficie formada para almacenamiento de agua.	Text	250

Subcategoría J – Nieve / Hielo

Entidad: Glaciar 1956
Tipo de cobertura: Polígono

Código de tabla: BJ030_G1956
Fuente: IGM – INAMHI

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_G56	CODIGO	Código de identificación de glaciar	Text	10
NM_G56	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AREA_G56	AREA	Área del glaciar 1956	Double	18,7
TXT_G56	DESCRIPCION	Es una gran masa de hielo y nieve moviéndose lentamente por una pendiente o valle por acción de la gravedad.	Text	250

Entidad: Glaciar 2004
Tipo de cobertura: Polígono

Código de tabla: BJ030_G2004
Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_G04	CODIGO	Código de identificación de glaciar	Text	10
NM_G04	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AREA_G04	AREA	Área del glaciar 2004	Double	18,7
TXT_G04	DESCRIPCION	Es una gran masa de hielo y nieve moviéndose lentamente por una pendiente o valle por acción de la gravedad.	Text	500

Subcategoría L – Drenaje

Entidad: Cuenca
Tipo de cobertura: Polígono

Código de tabla: BL010_CUENCA
Fuente: EMAAP – Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_CUE	CODIGO	Código de identificación de cuenca	Text	10
NM_CUE	TIPO	Nombre oficial	Text	50
AREA_CUE	AREA	Área de la cuenca	Double	18,7
TXT_CUE	DESCRIPCION	Superficie formada para almacenamiento de agua.	Text	250

CATEGORÍA C – CARTOGRAFÍA

Subcategoría A – Hipsografía

Entidad: Curva de nivel
Tipo de Cobertura: Línea

Código de tabla: CA010_CNIVEL
Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_CNIV	CODIGO	Código de curva	Text	10
ELEV_CNIV	ELEVACION	Valor de elevación sobre el nivel medio del mar	Short Integer	10
HQC_CNIV	CURVA_NIVEL	Tipo de curva de nivel: HQC 0 Desconocida HQC 1 Depresión HQC 2 Principal HQC 3 Secundaria HQC 4 Suplementaria HQC 5 De forma	Long Integer	4
TXT_CNIV	DESCRIPCION	Isolínea que une valores iguales de altura sobre el nivel del mar.	Text	250

Subcategoría B – Área de estudio

Entidad: Límite
Tipo de Cobertura: Polígono

Código de tabla: CB010_LIMITE
Fuente: EMAAP – Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
AREA_LIM	AREA	Área total del cuadrante	Double	18,7
TXT_LIM	DESCRIPCION	Límite del área de estudio	Text	250

CATEGORÍA D – FISIOGRAFÍA

Subcategoría B – Forma del terreno

Entidad: Loma / Colina
Tipo de cobertura: Punto

Código de tabla: DB031_LOMA
Fuente: IGM – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_LOMA	CODIGO	Código de identificación de loma o colina	Text	10
NM_LOMA	TIPO	Nombre oficial	Text	50
TXT_LOMA	DESCRIPCION	Elevación del terreno de poca altura, de forma redondeada.	Text	250

CATEGORÍA F – DEMARCACIÓN

Subcategoría C – Límite Hidrográfico

Entidad: Contorno 2004 – Glaciar 12 *
Tipo de cobertura: Punto y Polígono

Código de tabla: FC180_C1204
Fuente: GREATICE – IRD

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
X_C1204	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_C1204	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HN_C1204	H_NIVELADA	Contornos desde 1996 hasta 2002	Double	18,7
HE_C1204	H_ELIPSOIDAL	Contornos desde 2004 en adelante	Double	18,7
TXT_C1204	DESCRIPCION	Puntos que dibujan la forma del glaciar 12 en el año 2004	Text	250

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
COD_C1204	CODIGO	Código de contorno	Text	10
AR_C1204	AREA	Área del contorno	Double	18,7
TXT_C1204	DESCRIPCION	Polígono que delimita al glaciar 12 en el año 2004	Text	250

* Las entidades y sus atributos son los mismos para todos los contornos de los glaciares 12, 15 α y 15 β . Las variaciones se darán en los códigos de tabla y en los nombres de los diferentes campos. Estas variaciones son de acuerdo al año del contorno. Por ejemplo, para el contorno de 2006 del glaciar 12 el código de tabla será FC180_C1206, el código del contorno COD_C1206, el área AR_C1206, y la descripción TXT_C1206. Para los contornos del glaciar 15 se les añadirá la letra A o B dependiendo si son de la lengua alfa o beta, así: FC180_C15AXX.

La información de contornos de glaciar se tiene para los siguientes años:

GLACIAR	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
12									X		X	X	X
15 α	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X
15 β	X		X	X	X								

Los diferentes años que no tienen información ha sido debido a fallas que existieron en los computadores que almacenaban la misma. Para el glaciar 12 se comenzó a tomar la información a partir del año 2004 y para el 15 β se tomó solo hasta el año 2000.

Estos polígonos se cerraron entre los 5.000 y 5.100 metros ya que en este punto se considera que se encuentra la línea de equilibrio del glaciar, es decir, bajo esta línea se encuentra la zona de ablación y sobre la misma la zona de acumulación.

CATEGORIA J – BALANCE DE MASA

Subcategoría A – Punto de Medición

Entidad: Baliza 2005 – Glaciar 12*

Código de tabla: JA010_B1205

Tipo de cobertura: Puntos

Fuente: GREATICE – IRD

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_B1205	CODIGO	Código de identificación de localidades	Text	10
X_B1205	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_B1205	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HN_B1205	H_NIVELADA	Altura Nivelada - Contornos desde 1996 hasta 2002	Double	18,7
HE_B1205	H_ELIPSOIDAL	Altura Elipsoidal - Contornos desde 2004 en adelante	Double	18,7
TXT_B1205	DESCRIPCION	Puntos que indican la ubicación geográfica de las estacas o balizas del glaciar 12 en el año 2005	Text	250

* Las entidades y sus atributos son los mismos para todas las balizas de los glaciares 12 y 15 α . Las variaciones se darán en los códigos de tabla y en los nombres de los diferentes campos. Estas variaciones son de acuerdo al año de las balizas. Por ejemplo, para la baliza de 1996 del glaciar 15 α el código de tabla será JA010_B15A96, el código de las balizas COD_B15A96, las coordenadas X_B15A96 y Y_B15A96, la altitud ALT_B15A96, y la descripción TXT_C15A96.

Información de balizas para el glaciar 15 β no existe debido a problemas suscitados con el computado en dónde fueron almacenadas, de igual forma con los años que no constan en la tabla, teniendo en cuenta que para el glaciar 12 se comenzó a tomar la información desde 2004.

La información de contornos de glaciar se tiene para los siguientes años:

GLACIAR	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
12										X	X	X	X
15 α	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X

CATEGORIA K – HIDRO-METEOROLOGÍA

Subcategoría A – Puntos de medición

Entidad: Estación meteorológica

Código de tabla: KA010_METEO

Tipo de cobertura: Punto

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_METEO	CODIGO	Código de identificación de estación meteorológica	Text	10
X_METEO	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_METEO	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HE_METEO	ESTE	Altura Elipsoidal	Double	18,7
TXT_METEO	DESCRIPCION	Ubicación de las estaciones automáticas meteorológicas	Text	250

Entidad: Estación pluviométrica

Código de tabla: KA010_PLUVIO

Tipo de Cobertura: Punto

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_PLUVIO	CODIGO	Código de identificación pluviómetro	Text	10
NM_PLUVIO	NOMBRE	Nombre oficial	Text	50
X_PLUVIO	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_PLUVIO	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HE_PLUVIO	H_ELIPSOIDAL	Altura Elipsoidal	Double	18,7
TXT_PLUVIO	DESCRIPCIÓN	Ubicación de las estaciones automáticas pluviométricas	Text	250

Entidad: Estación hidrométrica**Código de tabla:** KA010_HIDRO**Tipo de cobertura:** Punto**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_HIDRO	CODIGO	Código de estación hidrométrica	Text	10
NM_HIDRO	NOMBRE	Nombre oficial	Text	50
X_HIDRO	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_HIDRO	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HE_HIDRO	H_ELIPSOIDAL	Altura Elipsoidal	Double	18,7
TXT_HIDRO	DESCRIPCIÓN	Ubicación de las estaciones automáticas hidrométricas	Text	250

Entidad: Aforo**Código de tabla:** KA010_AFORO**Tipo de cobertura:** Punto**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_AFORO	CODIGO	Código de estación hidrométrica	Text	10
NM_AFORO	NOMBRE	Nombre oficial	Text	50
X_AFORO	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_AFORO	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HE_AFORO	H_ELIPSOIDAL	Altura Elipsoidal	Double	18,7
TXT_AFORO	DESCRIPCIÓN	Ubicación del sitio de toma del aforo (manualmente)	Text	250

Entidad: Cámara**Código de tabla:** KA010_CAMARA**Tipo de cobertura:** Punto**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Nombre	Alias	Descripción	Tipo	Ancho de campo
OBJECTID	OBJECTID	Identificador - Número entero definido por software	Object ID	4
Shape	Shape	Tipo de cobertura definido por software	Geometry	
**COD_CAM	CODIGO	Código de estación hidrométrica	Text	10
X_CAM	ESTE	Coordenada UTM Este	Double	18,7
Y_CAM	NORTE	Coordenada UTM Norte	Double	18,7
HE_CAM	H_ELIPSOIDAL	Altura Elipsoidal	Double	18,7
TXT_CAM	DESCRIPCIÓN	Ubicación de las cámaras	Text	250

1.3. Contenido alfanumérico

BALACCESS

Entidad: Balance

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
**Nombre_baliza	Identificador de baliza	Text	50
Mes_medición	Mes de toma de datos	Text	50
Fecha_medición	Fecha de toma de datos	Date	
Tramo	Estaca en la que fue tomada la medición	Long Integer	
Emergencia:	Porción de estaca que queda en la superficie (cm)	Double	
Nivel_nieve:	Capa de nieve sobre el hielo (cm)	Double	
Balance_masa:	Balance de masa mensual	Double	
Origen:	Código de origen (Análisis - R o Respaldo – E)	Text	50
Observaciones:		Text	50

Entidad: Balizas

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
**Nombre_baliza	Identificador	Text	50
Id_estación	Identificador de glaciar	Long Integer	
Id_grupo	Identificador de rango altitudinal	Text	50
Fecha_instalación	Fecha de instalación de baliza	Date	
Este_wgs84	Coordenada Este en WGS 84	Double	
Norte_wgs84	Coordenada Norte en WGS 84	Double	
Sentido		Long Integer	
Altitud	Altura Elipsoidal	Double	
Estado		Text	50
Observaciones		Text	50

Entidad: Estaciones

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Id_estación	Identificador de glaciar	Long Integer	
Nombre_estación	Nombre del glaciar	Text	50

Entidad: Grupos**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Id_grupo	Identificador de rango altitudinal	Text	50
Número_grupo	Número de rango altitudinal	Long Integer	
Id_estación	Identificador de glaciar	Long Integer	
Altitud_inicial	Altura inicial del rango altitudinal	Double	
Altitud_final	Altura final del rango altitudinal	Double	
Sup_relativa	Porcentaje de superficie que representa cada rango con respect a la superficie total	Double	
Sup_parcial	Superficie de cada rango en metros cuadrados	Double	

Entidad: Posiciones**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
**Nombre_baliza	Identificador de baliza	Text	50
Fecha_posición	Fecha en la que se posicionó la baliza	Date	
Este_wgs84	Coordenada Este en WGS 84	Double	
Norte_wgs84	Coordenada Norte en WGS 84	Double	
Altura	Altura elipsoidal	Double	
Estado		Text	50
Equipo		Text	50
Operador	Persona que manejó el GPS	Text	50

HYDRACCESS

Entidad: Capteurs**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación (Hidrométrica - H / Meteorológica - M)	Text	1
**Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
**Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor (Cote – C / Debit – D / Meteo – M / Pluies – P)	Text	1
Nature	Tipo de captor	Text	12
Description		Text	50

Entidad: Cotes

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
**Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor	Text	1
Date	Fecha y hora de la toma de información	Date	
Valeur	Valor de cota	Float	
Origine	Código de origen (Análisis - R o Respaldo – E)	Text	1

Entidad: Debits

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
**Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor	Text	1
Date	Fecha y hora de la toma de información	Date	
Valeur	Valor de caudal	Float	
Origine	Código de origen (Análisis - R o Respaldo – E)	Text	1

Entidad: Jaugeages

Fuente: GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
**Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor	Text	1
Date	Fecha y hora de la toma de información	Date	
H	Valor de altura	Float	
Q	Valor de caudal	Float	
Active	Registro de actividad	Short Integer	

Entidad: Meteo**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor	Text	1
Date	Fecha y hora de la toma de información	Date	
Valeur	Valor meteorológico	Float	
Origine	Código de origen (Análisis - R o Respaldo – E)	Text	1

Entidad: Pluies**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
**Capteur	Nombre del captor	Text	5
Table	Inicial de la tabla con la que se relaciona el captor	Text	1
Date	Fecha y hora de la toma de información	Date	
Valeur	Valor pluviométrico	Float	
Origine	Código de origen (Análisis - R o Respaldo – E)	Text	1

Entidad: Stations_Base**Fuente:** GREATICE – IRD – INAMHI – EMAAP-Q

Atributos	Descripción	Tipo	Ancho de campo
Type_Station	Inicial del tipo de estación	Text	1
**Id_Station	Identificador de la estación	Text	12
Nom	Nombre de la estación	Text	50
Latitude	Latitud	Float	
Longitude	Longitud	Float	
Altitude	Altura Elipsoidal	Short Integer	
Debut Activite	Inicio de actividad	Short Integer	

ANEXO 2

HERRAMIENTA DE CONSULTA

2.1. Introducción

Esta herramienta se desarrolló a fin de obtener información de las bases de datos alfanumérica BALACCESS y 36Glaciares desde ArcMap a través de una interface de consulta.

Se crearon dos herramientas de consulta, una para la información de BALACCESS que está relacionada directamente con las balizas en el monitoreo de la variación del glaciar, y otra para 36Glaciares que su relación se da con las estaciones de medición hidrométricas, pluviométricas e hidrométricas para el monitoreo de las microcuencas aledañas al Volcán Antisana. Además esta herramienta da la facilidad de realizar consultas alfanuméricas y geográficas.

Una consulta alfanumérica se realiza desde la interface de consulta la cual posee filtros que facilitan la búsqueda de la información. Posteriormente permite seleccionar la tabla y las columnas que se desea consultar. Esta interface posee tres botones que cumplen las funciones *Consultar* que permite visualizar en una grilla los datos que cumplan con las características definidas en los filtros, *Exportar a Excel* que lleva los datos consultados a una hoja de Excel; e *Ir al Mapa* que indica la ubicación geográfica de lo consultado.

La consulta geográfica permite seleccionar desde el mapa una o varias balizas o estaciones de medición y los elementos seleccionados son enviados a la interface de consulta para desarrollar el procedimiento detallado en el párrafo anterior.

A continuación se detalla el código de programación de la herramienta para consulta de balizas. El código es el mismo para la consulta de estaciones de medición, sólo varía en los campos relacionados que intervienen en la consulta y por tanto no se detalla en este anexo, su programación se puede obtener del Editor de Visual Basic, desde ArcGis (layouts de este proyecto) presionando Alt + F11.

2.2. Consulta alfanumérica

- ***Declaración de variables***

```
Const archivoBDD = "D:\TESIS_ARCGIS\DATA_BASES\BALACCESS.mdb"
Dim conexionBDD As New ADODB.Connection
Dim catalogoBDD As New ADOX.Catalog
Dim tablaBDD As New ADOX.Table
Dim columnasTablaBDD As New ADOX.Column
Dim columnasSeleccionadas As String
Dim registrosTabla As New ADODB.RecordSet
Dim SQL As String
Dim SQL_AUX As String
Dim registrosTablaExp As New ADODB.RecordSet
Public hojaExcel As Excel.Application
Dim VecBaliza() As String
Private pMxApp As IMxApplication
Private pMxDoc As IMxDocument
Private pActiveView As IActiveView
Private pEnumLayer As IEnumLayer
Private pLayer As ILayer
Private pFeat As IFeature
Private pFLayer As IFeatureLayer
Private pQFilter As iQueryFilter
Private pFCursor As IFeatureCursor
Private pFeat2 As IFeature
```

- ***Parámetros de Configuración para la conexión a la base de datos y llenado de comboboxes y listboxes de selección.***

```
Private Function ConectarBdd()
    With conexionBDD
        .Provider = "Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;"
        .ConnectionString = archivoBDD
        .Mode = ADODB.adModeRead
        .Open
    End With
    Dim i As Integer
```

Llenado de combo box Nombre de Baliza

```
For i = 0 To UBound(VecBaliza)
    cbxEstacionMedicion.AddItem (VecBaliza(i))
Next i
```

Llenado del listbox que contiene las tablas relacionadas

```
lstTablaRelacionada.AddItem ("Balizas")
lstTablaRelacionada.AddItem ("Posiciones")
lstTablaRelacionada.AddItem ("Balances")
```

Llenado del combobox de los años

```
For i = 1995 To Year(Now)
    cbxAnio.AddItem (i)
Next i
```

Llenado del combobox de los meses del año

```
For i = 1 To 12
    If i >= 1 And i <= 9 Then
        cbxMes.AddItem ("0" & i)
    Else
        cbxMes.AddItem ("" & i)
    End If
Next i
```

Asignación de la conexión activa al objeto de catálogo de base de datos

```
catalogoBDD.ActiveConnection = conexionBDD
```

```
End Function
```

- ***Se inicializa la conexión***

```
Private Sub UserForm_Initialize()
    Erase VecBaliza
    gridDatos.AllowUserResizing = MSFlexGridLib.flexResizeColumns
    gridDatos.AllowBigSelection = True
    VecBaliza = Split(ThisDocument.Datos, "/")
    ConectarBdd
End Sub
```

- ***Se llena la lista de columnas en base a la tabla seleccionada***

```
Private Sub lstTablaRelacionada_Click()
    Dim nombreTablaSeleccionada As String
    Dim tablaSeleccionada As ADOX.Table
    Dim columnasTabla As ADOX.Columns
    Dim columnaTabla As ADOX.Column

    lstColumnasTablaRelacionada.Clear

    nombreTablaSeleccionada = lstTablaRelacionada.Value
    Set columnasTabla = catalogoBDD.Tables(nombreTablaSeleccionada).Columns
    For Each columnaTabla In columnasTabla
        lstColumnasTablaRelacionada.AddItem (columnaTabla.Name)
    Next
End Sub
```

- **Ejecutar la consulta (Botón consultar)**

```

Private Sub btnConsultar_Click()
    Dim i As Integer

    SQL = ""
    SQL_AUX = ""
    columnasSeleccionadas = ""
    gridDatos.Clear

    If Len(cbxEstacionMedicion.Value) <> 0 And Len(cbxAnio.Value) <> 0 And
    Len(cbxMes.Value) <> 0 Then
        If (lstTablaRelacionada.ListIndex) <> -1 Then
            If lstColumnasTablaRelacionada.ListIndex = 0 And
            lstColumnasTablaRelacionada.Selected(0) = False Then
                MsgBox ("Seleccione las columnas de la tabla a desplegar")
            Else
                For i = 0 To lstColumnasTablaRelacionada.ListCount - 1
                    If lstColumnasTablaRelacionada.Selected(i) = True Then
                        columnasSeleccionadas = columnasSeleccionadas & _
                        lstTablaRelacionada.Value & "." & lstColumnasTablaRelacionada.List(i) &
                    End If
                Next i

                columnasSeleccionadas = VBA.Mid$(columnasSeleccionadas, 1,
                (Len(columnasSeleccionadas) - 2))

                If (lstTablaRelacionada.Value = "Balizas") Then
                    SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
                    lstTablaRelacionada.Value & " WHERE " & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Nombre_baliza = " & cbxEstacionMedicion.Value & ""
                    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_instalación,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
                    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_instalación,'mm') = " & cbxMes.Value & ""
                    SQL_AUX = "SELECT count(*) FROM " & lstTablaRelacionada.Value & "
                    WHERE " & _
                    lstTablaRelacionada.Value & ".Nombre_baliza = " & cbxEstacionMedicion.Value
                    & ""
                    SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_instalación,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
                    SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_instalación,'mm') = " & cbxMes.Value & ""
                End If
                If (lstTablaRelacionada.Value = "Posiciones") Then
                    SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
                    lstTablaRelacionada.Value & ", Estaciones, Balizas WHERE " & _
                    "Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
                    cbxEstacionMedicion.Value & "" & _
                    "AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Nombre_baliza"
                    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_posición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
                    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
                    ".Fecha_posición,'mm') = " & cbxMes.Value & ""
                End If
            End If
        End If
    End If

```

```

SQL_AUX = "SELECT count(*) FROM " & lstTablaRelacionada.Value & ",
Estaciones, Balizas WHERE " & _
"Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
cbxEstacionMedicion.Value & "" & _
" AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value &
".Nombre_baliza"
SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_posición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_posición,'mm') = " & cbxMes.Value & ""

```

End If

If (lstTablaRelacionada.Value = "Balances") Then

```

SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
lstTablaRelacionada.Value & ", Estaciones, Balizas WHERE " & _
"Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
cbxEstacionMedicion.Value & "" & _
" AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value &
".Nombre_baliza"
SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_medición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_medición,'mm') = " & cbxMes.Value & ""
SQL_AUX = "SELECT count(*) FROM " & lstTablaRelacionada.Value & ",
Estaciones, Balizas WHERE " & _
"Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
cbxEstacionMedicion.Value & "" & _
" AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value &
".Nombre_baliza"
SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_medición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
SQL_AUX = SQL_AUX & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
".Fecha_medición,'mm') = " & cbxMes.Value & ""

```

End If

Ejecutar_SQL

End If

End If

End If

End Sub

- ***Preparación del flexgrid para obtener los datos a consultas (asignación de nombre en cabeceras de columnas seleccionadas, verificación de existencia de datos)***

```
Private Sub Ejecutar_SQL()
```

```
Dim nroCols As Integer
```

```
Dim filaTabla As Integer
```

```
Dim colTabla As Integer
```

```
Dim nroRegistrosTabla As ADODB.RecordSet
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim valorCol As String
```

```
Set nroRegistrosTabla = conexionBDD.Execute(SQL_AUX)
```

```

Set registrosTabla = conexionBDD.Execute(SQL)
nroCols = registrosTabla.Fields.Count

gridDatos.Cols = nroCols + 1
gridDatos.Rows = (nroRegistrosTabla.Fields(0).Value) + 1
colTabla = 1

For i = 0 To lstColumnasTablaRelacionada.ListCount - 1
    If lstColumnasTablaRelacionada.Selected(i) = True Then
        gridDatos.TextMatrix(0, colTabla) _
            = lstColumnasTablaRelacionada.List(i)
        colTabla = colTabla + 1
    End If
Next i

filaTabla = 1

If Not registrosTabla.BOF And Not registrosTabla.EOF Then

    Do Until registrosTabla.EOF
        valorCol = ""
        gridDatos.TextMatrix(filaTabla, 0) = filaTabla

        For i = 1 To nroCols

            Dim valor As Variant
            valor = registrosTabla.Fields(i - 1).Value
            If (Not IsNull(valor)) Then
                gridDatos.TextMatrix(filaTabla, i) = valor
            Else
                gridDatos.TextMatrix(filaTabla, i) = ""
            End If
        Next i
        registrosTabla.MoveNext
        filaTabla = filaTabla + 1
    Loop
End If
registrosTabla.Close
nroRegistrosTabla.Close
Set registrosTabla = Nothing
Set nroRegistrosTabla = Nothing
End Sub

```

- **Visualización en mapa**

```
Private Sub btnGrafico_Click()
```

```

Set pMxApp = Application
Set pMxDoc = Application.Document
Set pActiveView = pMxDoc.FocusMap
Set pQFilter = New QueryFilter

```

```

pMxDoc.FocusMap.ClearSelection " Limpiamos todos los elementos seleccionados
anteriormente
pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

```

```

Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
pEnumLayer.Reset
Set pLayer = pEnumLayer.Next
Do Until pLayer Is Nothing
  If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
    If pLayer.Name Like "BALIZAS*" And pLayer.Name Like "BALIZA*" +
      cbxAnio.Text Then
      Select Case pLayer.Name
        Case "BALIZAS 2001"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1201 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2002"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1202 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2003"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1203 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2004"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1204 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2005"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1205 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2006"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1206 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2007"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1207 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2008"
          Dim aaa As String
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1208 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2009"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1209 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
        Case "BALIZAS 2010"
          pQFilter.WhereClause = "COD_B1210 = " + cbxEstacionMedicion.Text + ""
      End Select
      Set pFLayer = pLayer
      Set pFCursor = pFLayer.Search(pQFilter, False)
      Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
      If Not pFeat2 Is Nothing Then
        pMxDoc.FocusMap.SelectFeature pLayer, pFeat2
        pLayer.Visible = True
        pMxDoc.UpdateContents
        "pActiveView.Extent.CenterAt
        pActiveView.Refresh
      End If
    End If
  End If
  Set pLayer = pEnumLayer.Next
Loop
End Sub

```

- ***Exportar consulta a una hoja de MS Excel***

```
Private Sub btnExportarExcel_Click()
```

```

  If (lstTablaRelacionada.ListIndex) <> -1 Then
    If lstColumnasTablaRelacionada.ListIndex = 0 And lstColumnasTablaRelacionada.
      Selected(0) = False Then
      MsgBox ("Seleccione las columnas de la tabla a desplegar")
    Else

```

```

Dim libroTrabajo As Excel.Workbook
Dim hojaCalculo As Excel.Worksheet
Dim rangoExcel As Excel.Range
Dim i As Integer
Dim campoTabla As Variant
SQL = ""
columnasSeleccionadas = ""

Set hojaExcel = New Excel.Application
Set libroTrabajo = hojaExcel.Workbooks.Add
Set hojaCalculo = libroTrabajo.ActiveSheet
registrosTablaExp.CursorType = ADODB.adOpenKeyset
registrosTablaExp.LockType = ADODB.adLockOptimistic

For i = 0 To lstColumnasTablaRelacionada.ListCount - 1
    If lstColumnasTablaRelacionada.Selected(i) = True Then
        columnasSeleccionadas = columnasSeleccionadas & _
            lstTablaRelacionada.Value & "." & lstColumnasTablaRelacionada.List(i) & ", "
    End If
Next i

columnasSeleccionadas = VBA.Mid$(columnasSeleccionadas, 1,
(Len(columnasSeleccionadas) - 2))

If (lstTablaRelacionada.Value = "Balizas") Then
    SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
        lstTablaRelacionada.Value & ", Balizas WHERE Balizas.Nombre_baliza = " &
        cbxEstacionMedicion.Value & """"
    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_instalación,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & """"
    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_instalación,'mm') = " & cbxMes.Value & """"
    Set registrosTablaExp = conexionBDD.Execute(SQL)
End If

If (lstTablaRelacionada.Value = "Posiciones") Then
    SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
        lstTablaRelacionada.Value & ", Estaciones, Balizas WHERE " & _
        "Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
        cbxEstacionMedicion.Value & """" & _
        " AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value & ".Nombre_baliza"
    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_posición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & """"
    SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_posición,'mm') = " & cbxMes.Value & """"
    Set registrosTablaExp = conexionBDD.Execute(SQL)
End If

If (lstTablaRelacionada.Value = "Balances") Then
    SQL = "SELECT " & columnasSeleccionadas & " FROM " &
        lstTablaRelacionada.Value & ", Estaciones, Balizas WHERE " & _
        "Balizas.Id_estación = Estaciones.Id_estación AND Balizas.Nombre_baliza = " &
        cbxEstacionMedicion.Value & """" & _
        " AND Balizas.Nombre_baliza = " & lstTablaRelacionada.Value & ".Nombre_baliza"

```

```

        SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_medición,'yyyy') = " & cbxAnio.Value & ""
        SQL = SQL & " AND format(" & lstTablaRelacionada.Value &
        ".Fecha_medición,'mm') = " & cbxMes.Value & ""
        Set registrosTablaExp = conexionBDD.Execute(SQL)
    End If
    hojaExcel.Visible = True
    i = 1

    With registrosTablaExp
        For Each campoTabla In .Fields
            With hojaCalculo
                .Cells(1, i).Value = campoTabla.Name
                i = i + 1
            End With
        Next
    End With

    Set rangoExcel = hojaCalculo.Cells(2, 1)

    rangoExcel.CopyFromRecordset registrosTablaExp
    hojaCalculo.Columns.AutoFit

    registrosTablaExp.Close
    Set registrosTablaExp = Nothing

    hojaExcel.Quit
    Set hojaExcel = Nothing

    End If
End If

End Sub

```

- ***Cierra conexión con base de datos***

```

Private Sub UserForm_Terminate()
    conexionBDD.Close
    Set conexionBDD = Nothing
End Sub

```

2.3. Consulta geográfica

- ***Declaración de variables***

```

Private pMxApp As IMxApplication
Private pMxDoc As IMxDocument
Private pActiveView As IActiveView
Private pScreenDisplay As IScreenDisplay
Private pStatusBar As IStatusBar
Private pRubberPolygon As IRubberBand
Private pFillSymbol As ISimpleFillSymbol
Private pPolygon As IPolygon
Private pPolygonRec As IPolygon

```

```

Private pPoint As IPoint
Private pEnumLayer As IEnumLayer
Private pLayer As ILayer
Private pFeat As IFeature
Private pFLayer As IFeatureLayer
Private pQFilter As IQueryFilter
Private pFCursor As IFeatureCursor
Private pFeat2 As IFeature
Public Datos As String
Dim i As Integer

```

- ***Obtención de códigos de las coberturas que contienen balizas***

```

Private Sub ObtieneBalizas()
    Datos = ""
    Set pMxApp = Application
    Set pMxDoc = Application.Document
    Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
    Set pQFilter = New QueryFilter
    pQFilter.WhereClause = "OBJECTID > 0"
    pEnumLayer.Reset
    Set pLayer = pEnumLayer.Next
    Do Until pLayer Is Nothing
        If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
            If pLayer.Name Like "BALIZAS*" Then
                Set pFLayer = pLayer
                Set pFCursor = pFLayer.Search(pQFilter, False)
                Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
                Do Until pFeat2 Is Nothing
                    If Not pFeat2 Is Nothing Then
                        Select Case Datos
                            Case ""
                                Datos = CStr(pFeat2.Value(2)) '2 = campo CODIGO en la ubicacion de la tabla
                            Case Else
                                Datos = Datos + "/" + CStr(pFeat2.Value(2))
                        End Select
                    End If
                    Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
                Loop
            End If
            Set pLayer = pEnumLayer.Next
        Loop
    End Sub

```

- ***Activar SÓLO coberturas de balizas (desactiva todas las demás) para la selección***

```

Private Sub SeleccionaBalizas()
    Set pMxApp = Application
    Set pMxDoc = Application.Document
    Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
    pEnumLayer.Reset
    Set pLayer = pEnumLayer.Next

```

```

Do Until pLayer Is Nothing
  If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
    Set pFLayer = pLayer
    If pLayer.Name Like "BALIZAS*" Then
      pFLayer.Selectable = True
    Else
      pFLayer.Selectable = False
    End If
  End If
  Set pLayer = pEnumLayer.Next
Loop
End Sub

```

- ***Activar todas las coberturas (antes desactivadas para la selección)***

```

Private Sub SeleccionaTodoLayers()
  Set pMxApp = Application
  Set pMxDoc = Application.Document
  Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers

  pEnumLayer.Reset
  Set pLayer = pEnumLayer.Next

  Do Until pLayer Is Nothing
    If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
      Set pFLayer = pLayer
      pFLayer.Selectable = True
    End If
    Set pLayer = pEnumLayer.Next
  Loop

End Sub

```

- ***Selección mediante polígono de trazo libre***

```

Private Sub Seleccion_Poligono_MouseDown(ByVal button As Long, ByVal shift As Long,
ByVal x As Long, ByVal y As Long)

  Dim pGeom As esriGeometry.IGeometry

  SeleccionaBalizas

  Set pMxApp = Application
  Set pMxDoc = Application.Document
  Set pActiveView = pMxDoc.FocusMap
  Set pScreenDisplay = pActiveView.ScreenDisplay
  Set pRubberPolygon = New RubberPolygon

  pMxDoc.FocusMap.ClearSelection
  pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

  Set pPolygon = pRubberPolygon.TrackNew(pScreenDisplay, pFillSymbol)
  Set pGeom = pPolygon

```

```
pMxDoc.FocusMap.SelectByShape pGeom, Nothing, False
pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent
```

```
SeleccionaTodoLayers
```

```
Dim pEnumFeat As IEnumFeature
Dim pSpatialFilter As ISpatialFilter
```

```
If pMxDoc.FocusMap.SelectionCount > 0 Then
    Datos = ""
    Set pEnumFeat = pMxDoc.FocusMap.FeatureSelection
    pEnumFeat.Reset
    Set pFeat = pEnumFeat.Next

    For i = 1 To pMxDoc.FocusMap.SelectionCount
        Set pGeom = pFeat.Shape
        Set pSpatialFilter = New SpatialFilter
        Set pSpatialFilter.Geometry = pGeom
        pSpatialFilter.SpatialRel = esriSpatialRelContains
        Set pQFilter = pSpatialFilter

        Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
        pEnumLayer.Reset
        Set pLayer = pEnumLayer.Next
        Do Until pLayer Is Nothing
            If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
                If pLayer.Name Like "BALIZAS*" And pLayer.Visible Then
                    Set pFLayer = pLayer
                    Set pFCursor = pFLayer.Search(pQFilter, False)
                    Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
                    Do Until pFeat2 Is Nothing
                        If Not pFeat2 Is Nothing Then
                            Select Case Datos
                                Case ""
                                    Datos = CStr(pFeat2.Value(2))
                                Case Else
                                    Datos = Datos + "/" + CStr(pFeat2.Value(2))
                            End Select
                        End If
                        Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
                    Loop
                End If
            End If
            Set pLayer = pEnumLayer.Next
        Loop
        Set pFeat = pEnumFeat.Next
    Next i
    Load frmConsultasBalizas
    frmConsultasBalizas.Show

End If
End Sub
```

- ***Selección mediante rectángulo***

```
Private Sub Seleccion_Rectangulo_MouseDown(ByVal button As Long, ByVal shift As Long,
ByVal x As Long, ByVal y As Long)
```

Dim pGeom As esriGeometry.IGeometry

SeleccionaBalizas

Set pMxApp = Application
 Set pMxDoc = Application.Document
 Set pActiveView = pMxDoc.FocusMap
 Set pScreenDisplay = pActiveView.ScreenDisplay
 Set pRubberPolygon = New RubberRectangularPolygon

pMxDoc.FocusMap.ClearSelection
 pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

Set pPolygon = pRubberPolygon.TrackNew(pScreenDisplay, pFillSymbol)
 Set pGeom = pPolygon

pMxDoc.FocusMap.SelectByShape pGeom, Nothing, False

pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

SeleccionaTodoLayers

Dim pEnumFeat As IEnumFeature
 Dim pSpatialFilter As ISpatialFilter

If pMxDoc.FocusMap.SelectionCount > 0 Then

Datos = ""
 Set pEnumFeat = pMxDoc.FocusMap.FeatureSelection
 pEnumFeat.Reset
 Set pFeat = pEnumFeat.Next

For i = 1 To pMxDoc.FocusMap.SelectionCount
 Set pGeom = pFeat.Shape
 Set pSpatialFilter = New SpatialFilter
 Set pSpatialFilter.Geometry = pGeom
 pSpatialFilter.SpatialRel = esriSpatialRelContains
 Set pQFilter = pSpatialFilter

Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
 pEnumLayer.Reset
 Set pLayer = pEnumLayer.Next
 Do Until pLayer Is Nothing
 If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
 If pLayer.Name Like "BALIZAS*" And pLayer.Visible Then
 Set pFLayer = pLayer
 Set pFCursor = pFLayer.Search(pQFilter, False)
 Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
 Do Until pFeat2 Is Nothing
 If Not pFeat2 Is Nothing Then
 Select Case Datos
 Case ""
 Datos = CStr(pFeat2.Value(2))
 Case Else
 Datos = Datos + "/" + CStr(pFeat2.Value(2))

```

        End Select
    End If
    Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
    Loop
    End If
End If
Set pLayer = pEnumLayer.Next
Loop
Set pFeat = pEnumFeat.Next
Next i
    Load frmConsultasBalizas
    frmConsultasBalizas.Show
End If
End Sub

```

- ***Selección mediante punto (para una sola baliza)***

```

Private Sub Seleccion_Punto_MouseDown(ByVal button As Long, ByVal shift As Long,
ByVal x As Long, ByVal y As Long)

```

```

    Dim pGeom As esriGeometry.IGeometry
    Dim pTPoint As ITopologicalOperator
    SeleccionaBalizas

```

```

Set pMxApp = Application
Set pMxDoc = Application.Document
Set pActiveView = pMxDoc.FocusMap
Set pScreenDisplay = pActiveView.ScreenDisplay
Set pRubberPolygon = New RubberPoint

```

```

pMxDoc.FocusMap.ClearSelection
pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

```

```

Set pPoint = pRubberPolygon.TrackNew(pScreenDisplay, Nothing)
Set pTPoint = pPoint
Set pGeom = pTPoint.Buffer(10)

```

```

pMxDoc.FocusMap.SelectByShape pGeom, Nothing, False

```

```

pActiveView.PartialRefresh esriViewGeoSelection, Nothing, pActiveView.Extent

```

```

SeleccionaTodoLayers

```

```

Dim pEnumFeat As IEnumFeature
Dim pSpatialFilter As ISpatialFilter
If pMxDoc.FocusMap.SelectionCount > 0 Then
    Datos = ""
    Set pEnumFeat = pMxDoc.FocusMap.FeatureSelection
    pEnumFeat.Reset
    Set pFeat = pEnumFeat.Next

```

```

For i = 1 To pMxDoc.FocusMap.SelectionCount
    Set pGeom = pFeat.Shape
    Set pSpatialFilter = New SpatialFilter
    Set pSpatialFilter.Geometry = pGeom

```

```

pSpatialFilter.SpatialRel = esriSpatialRelContains
Set pQFilter = pSpatialFilter

Set pEnumLayer = pMxDoc.FocusMap.Layers
pEnumLayer.Reset
Set pLayer = pEnumLayer.Next
Do Until pLayer Is Nothing
  If TypeOf pLayer Is IFeatureLayer Then
    If pLayer.Name Like "BALIZAS*" And pLayer.Visible Then
      Set pFLayer = pLayer
      Set pFCursor = pFLayer.Search(pQFilter, False)
      Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
      Do Until pFeat2 Is Nothing
        If Not pFeat2 Is Nothing Then
          Select Case Datos
            Case ""
              Datos = CStr(pFeat2.Value(2))
            Case Else
              Datos = Datos + "/" + CStr(pFeat2.Value(2))
          End Select
        End If
        Set pFeat2 = pFCursor.NextFeature
      Loop
    End If
  End If
  Set pLayer = pEnumLayer.Next
Loop
Set pFeat = pEnumFeat.Next
Next i
  Load frmConsultasBalizas
  frmConsultasBalizas.Show
End If
End Sub

```

- ***Despliegue de la interface de consulta alfanumérica con todas las balizas***

```

Private Sub Consulta_Alfanumerica_Click()
  ObtieneBalizas
  Load frmConsultasBalizas
  frmConsultasBalizas.Show
End Sub

```

ANEXO 3

HERRAMIENTA DE CÁLCULO

3.1. Introducción

Esta herramienta fue diseñada como un modelo dentro de *ArcToolbox* mediante *Model Builder*, herramienta que está disponible en ArcGis Desktop y que permite integrar procesos repetitivos para facilitar y agilizar la obtención de resultados.

El proceso que realiza la herramienta de cálculo es dividir un polígono (contorno) en función de las curvas de nivel, a lo que se llama *rangos altitudinales*, de los cuales es necesaria la superficie parcial para el cálculo de balance de masa ponderado.

La herramienta se desarrolló partiendo de los polígonos que se encuentran dentro de la geodatabase y las curvas de nivel 1:50.000, base cartográfica que fue aprobada para la realización del proyecto de tesis de grado

Los rangos altitudinales que ha manejado el Proyecto Glaciares para la obtención de balance de masas en la zona de ablación durante los años de monitoreo, fueron definidos "...en función del levantamiento topográfico realizado y de la serie de datos recogidos durante el año..."⁴⁰ y sobre una cartografía 1:20.000 cuyos datos fueron obtenidos entre los años 1996 y 1997.

Es por esta razón que este modelo puede ser modificado cuando se disponga de una mejor base cartográfica, para lo cual a continuación se detalla el diseño de la herramienta.

⁴⁰ Glaciares Del Ecuador: Antisana Y Carihuayrazo – Informe 2007

3.2. Diseño de la herramienta

3.2.1. Creación del ícono

- a. En ArcMap (Figura. A3.1.), en la zona de *ArcToolbox*, dar clic derecho sobre la caja de herramientas principal (*ArcToolbox*) y escoger *New Toolbox*. Se nombró a la nueva caja de herramienta como *Balance Masa*.

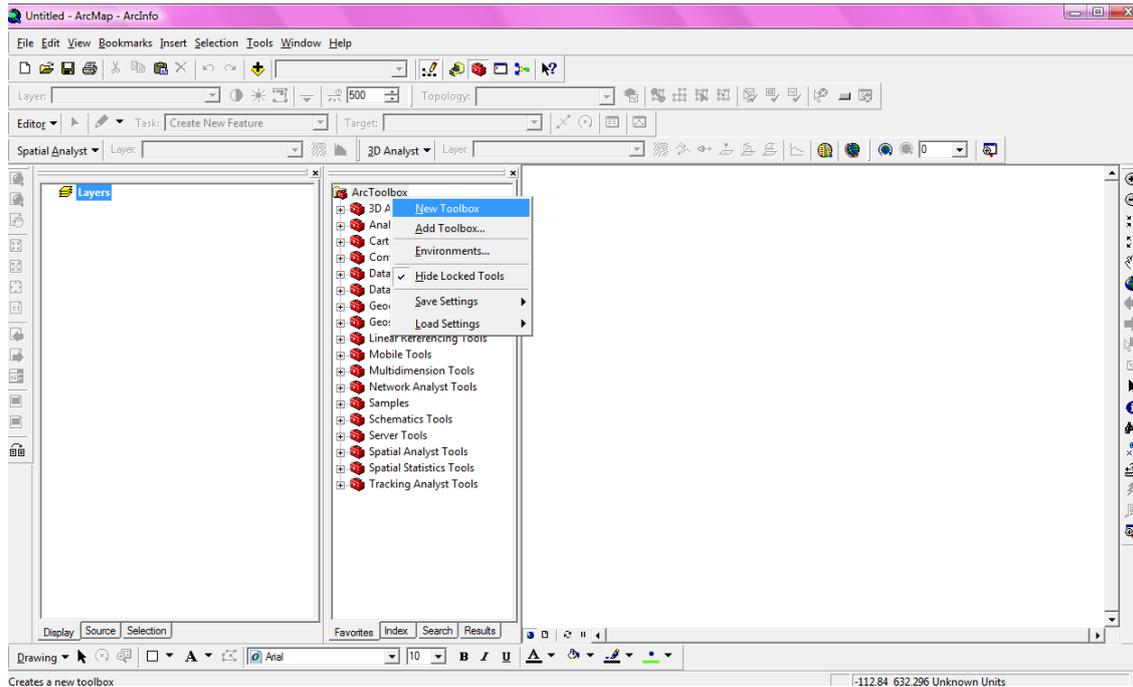


Figura. A3.1. Ícono de *Model Builder*

- b. Sobre ésta dar clic derecho e ir a *New* y posteriormente escoger *Model* (Figura. A3.2.). A este modelo se lo nombró como *Rangos Altitudinales*.

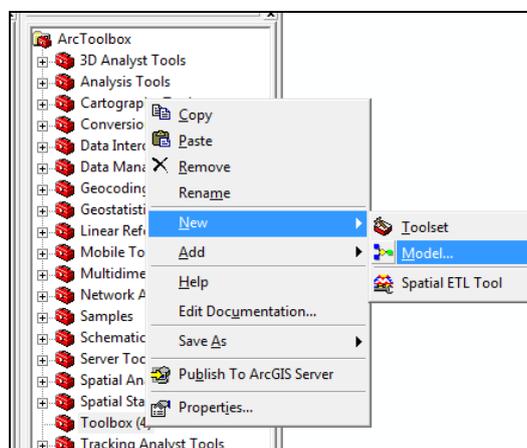


Figura. A3.2. Nuevo modelo de *Model Builder*

- c. De inmediato se abre la pantalla de *Model Builder*. Si no ocurre esto, dar clic derecho sobre el nuevo modelo y escoger *Edit*.

3.2.2. Integración de procesos

- a. En la pantalla de *Model Builder* (Figura. A3.3), se adicionó la capa tipo polígono de un contorno (FC180_C1204) y las curvas de nivel.

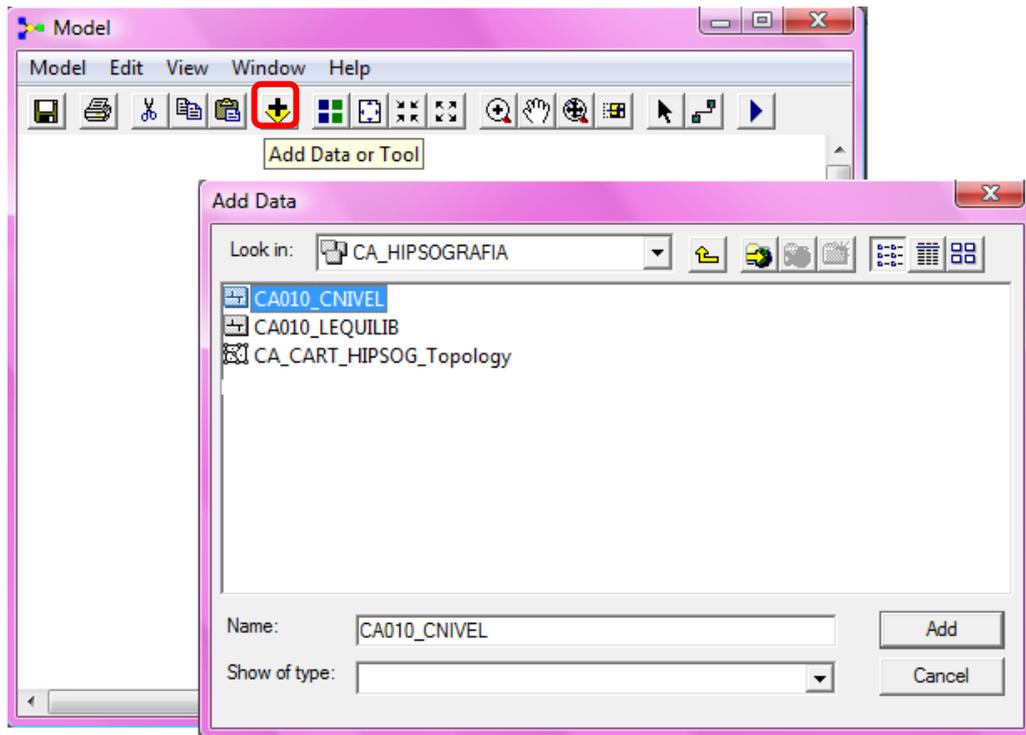


Figura. A3.3. Adición de entidades en *Model Builder*

Nota: La entidad de curvas de nivel puede ser reemplazada con otras curvas a mejor escala o con otras líneas que se desee usar como rangos de altura.

- b. Las entidades adicionadas están representadas con óvalos y los procesos con un rectángulo y un óvalo que simboliza la entidad post proceso (Figura. A3.4.). El primer proceso que debe realizarse es intersectar el contorno con las curvas de nivel para que sólo queden los fragmentos de curva que estén dentro del polígono. Para esto, en la zona de ArcToolbox, dentro de la caja de herramientas *Analyst Tools*, en *Overlay* se encuentra la herramienta *Intersect*, arrastrarla hacia la pantalla de *Model Builder*.

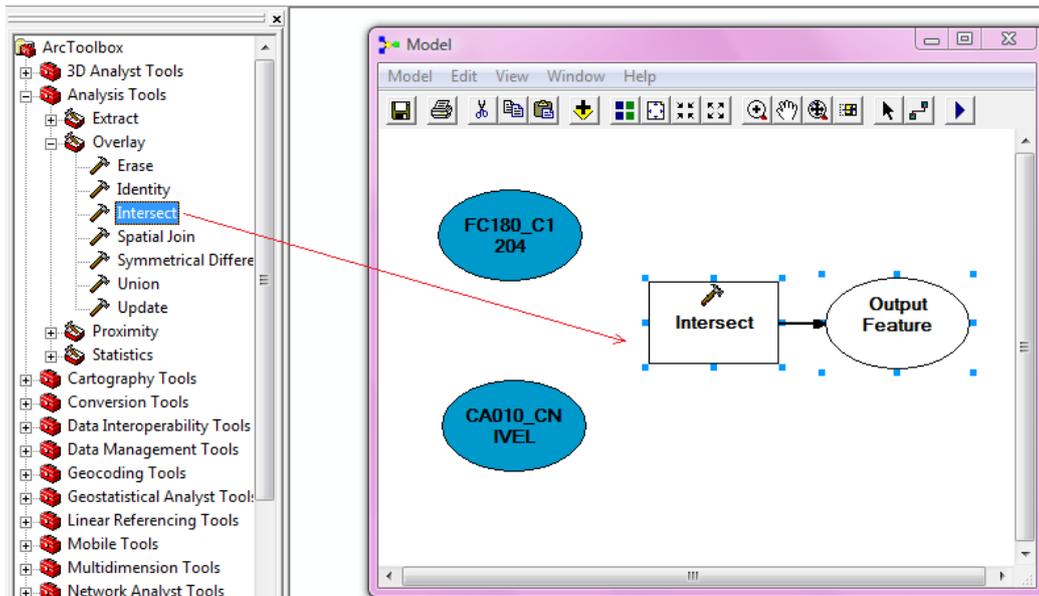


Figura. A3.4. Adición de procesos en Model Builder

- c. Para que el proceso se lleve a cabo es necesario conectarlo con las entidades. En la barra de herramientas de *Model Builder* dar clic sobre el botón *Add Connection*  y trazar líneas desde las entidades hacia el proceso (Figura. A3.5). Lo que se obtiene en este proceso es una nueva entidad tipo línea (RANGOS) en la que se almacenan los fragmentos de curvas de nivel que estaban dentro del polígono.

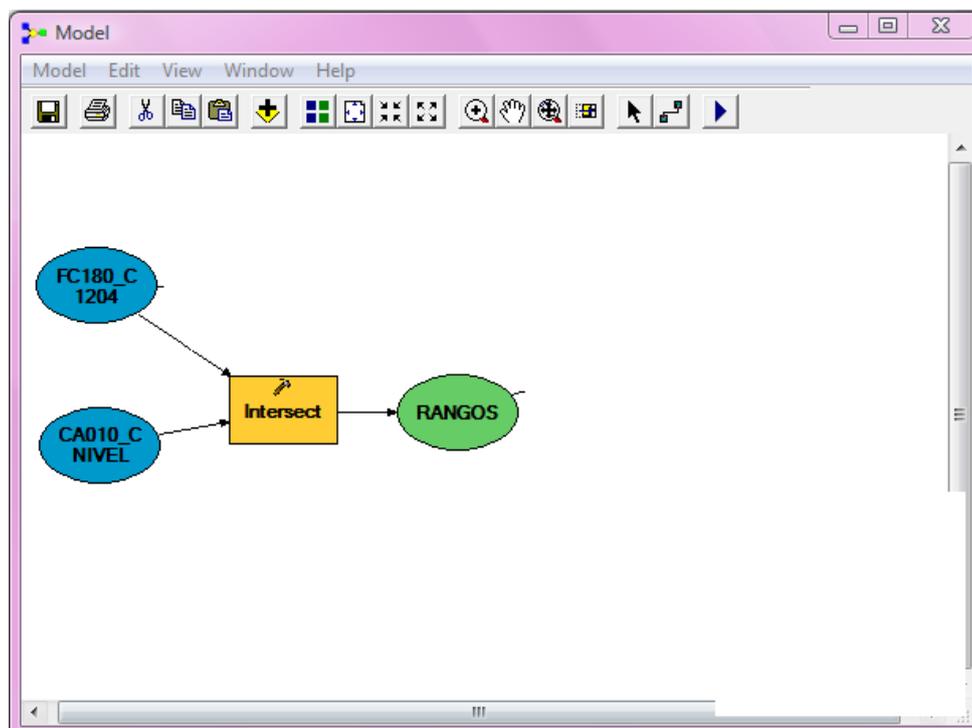


Figura. A3.5. Intersección de polígono con curvas de nivel

- d. Para poder unir los fragmentos de curvas de nivel y el contorno es necesario transformar el contorno tipo polígono en tipo línea. Ir a la zona de *ArcToolbox*, buscar la caja de herramientas *Data Management Tools*, dentro de ésta ubicar *Features*, aquí se encuentra la herramienta *Polygon to Line*, arrastrarla a la pantalla y conectar la entidad del contorno hacia este proceso (Figura. A3.6.). La entidad del postproceso se la nombra como *CONTORNO_LINEA*.

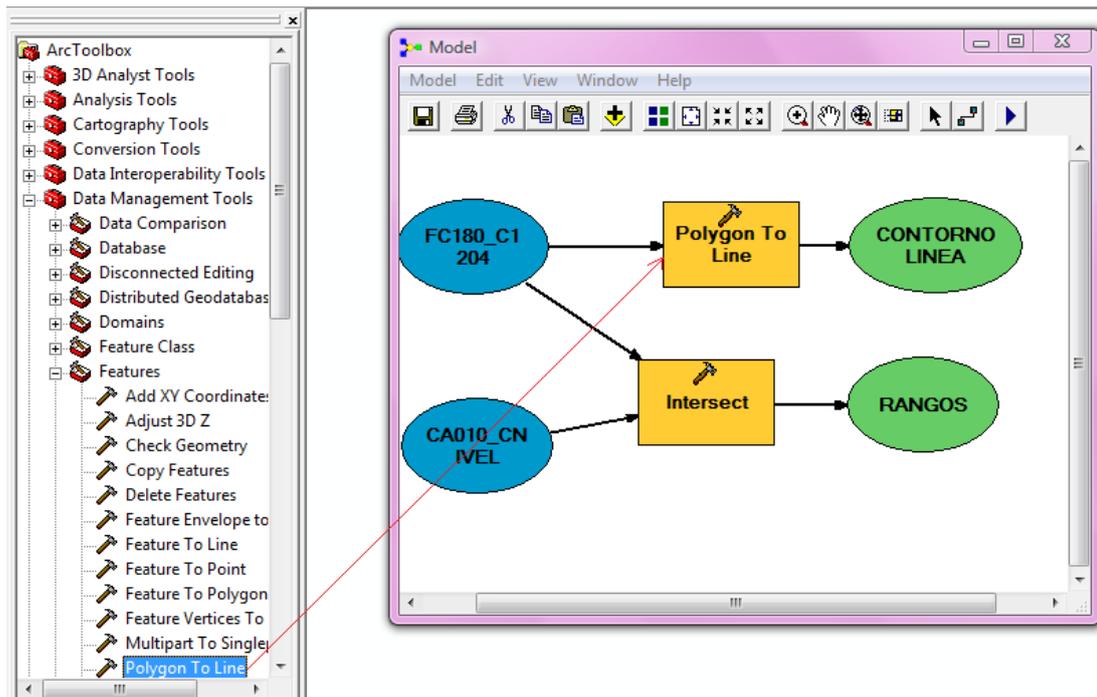


Figura. A3.6. Conversión del contorno polígono a línea

- e. Una vez que los fragmentos de curvas de nivel y el contorno son de tipo línea es posible formar una sola entidad por medio de la herramienta *Merge* ubicada en la caja de herramientas *Data Management Tools*, dentro de *General*. Arrastrarla hacia la pantalla de *Model Builder* y conectar el contorno tipo línea y los fragmentos de curvas de nivel hacia ella (Figura. A3.7). Lo que se obtiene es una entidad con los fragmentos de curva y el contorno tipo línea (*LINEA_RANGO*)

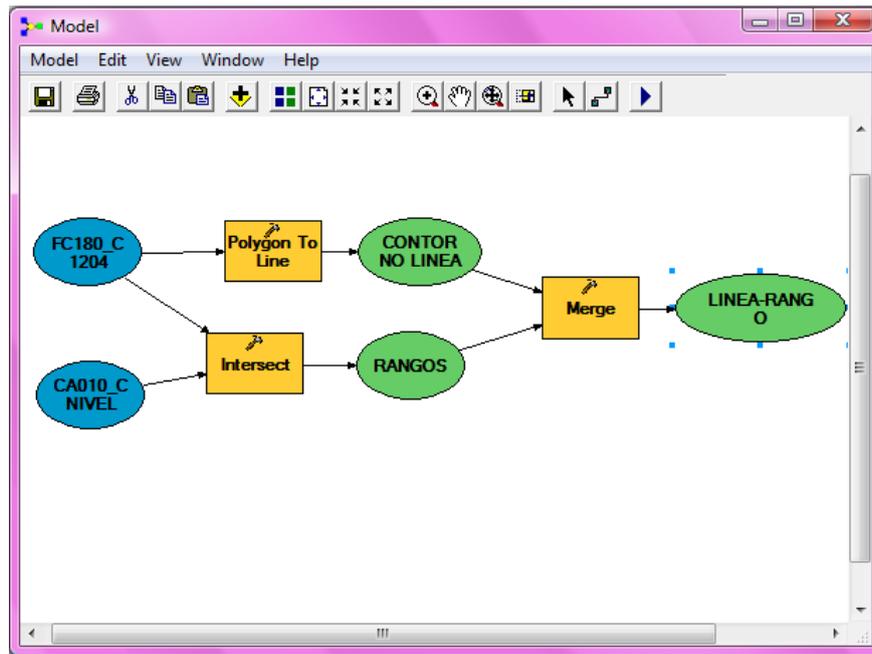


Figura. A3.7. Unión de los fragmentos de curvas y el contorno

- f. Para transformar la entidad tipo línea a polígono se utilizó la herramienta *Feature to Polygon* que se encuentra en la caja de herramientas *Data Management Tools* dentro de *Features*. Arrastrar la herramienta a la pantalla de *Model Builder* y conectar *LINEA_RANGO* hacia ella (Figura. A3.8). Lo que se obtiene es una entidad tipo polígono que posee en sus atributos información de área de cada rango (Figura. A3.9.) ya que está dentro de la geodatabase.

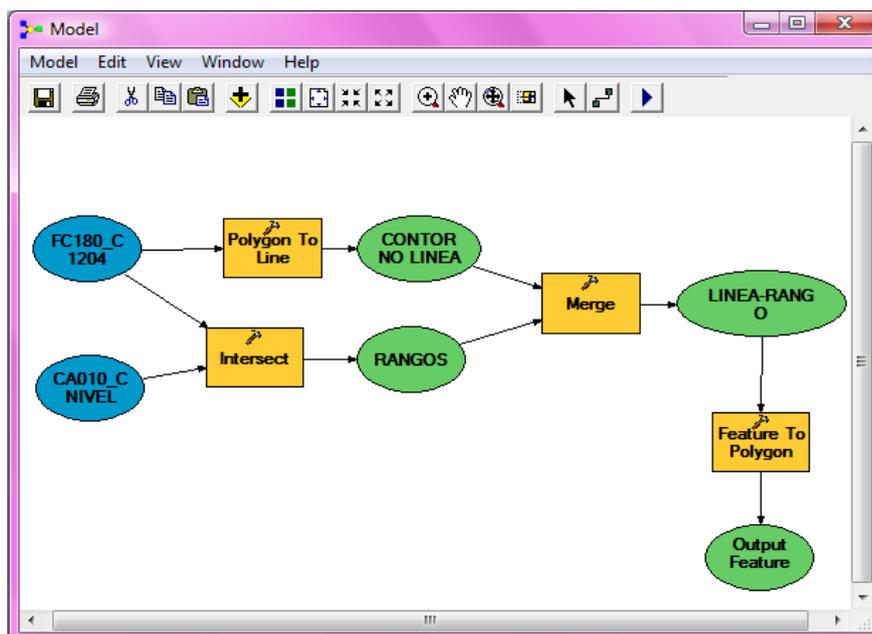


Figura. A3.8. Conversión de línea a polígono

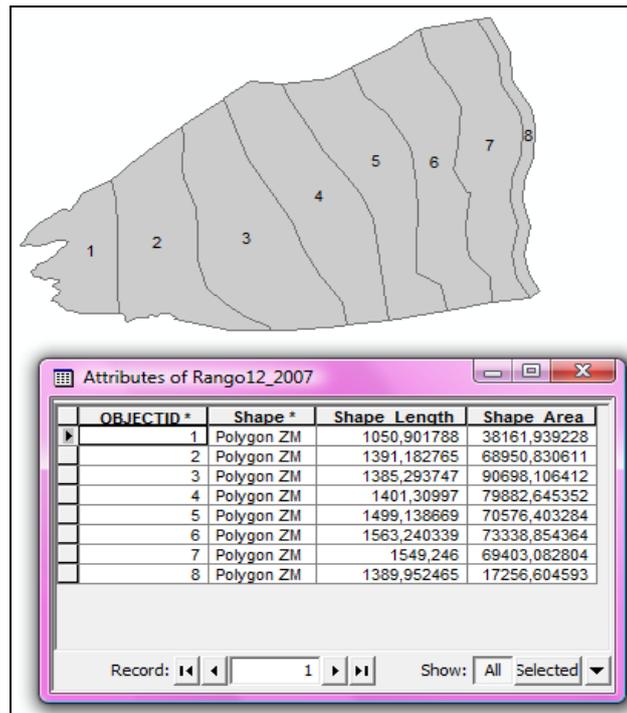


Figura. A3.9. Resultado de utilizar la herramienta

- g. En la pantalla de *Model Builder* se debe definir los parámetros que van a ir en la pantalla que aparecerá al dar doble clic en la herramienta de consulta. Estos parámetros son el contorno y la entidad final que contiene los rangos altitudinales. Sobre éstos dar clic derecho y seleccionar *Model Parameter* (Figura. A3.10.).

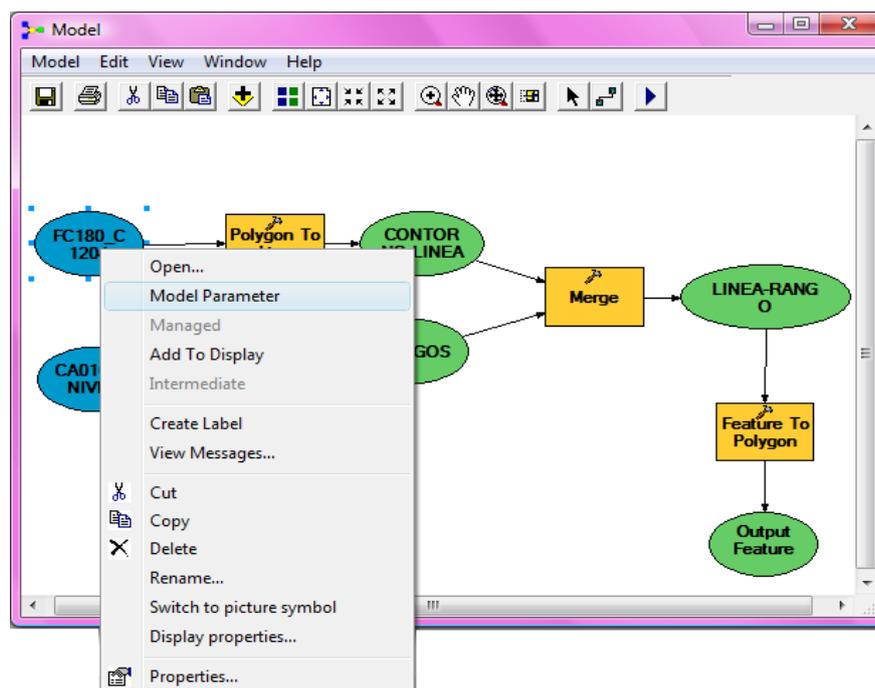


Figura. A3.10. Definición de parámetros

- h. Para definir el lugar donde se van a guardar los resultados de los procesos (rangos altitudinales), dar doble clic sobre el óvalo que representa la entidad final (*Output Feature*) y en la pantalla que aparece (Figura. A3.11) definir la ubicación. Cerrar la pantalla, guardar los cambios del modelo y cerrar la pantalla de *Model Builder*.

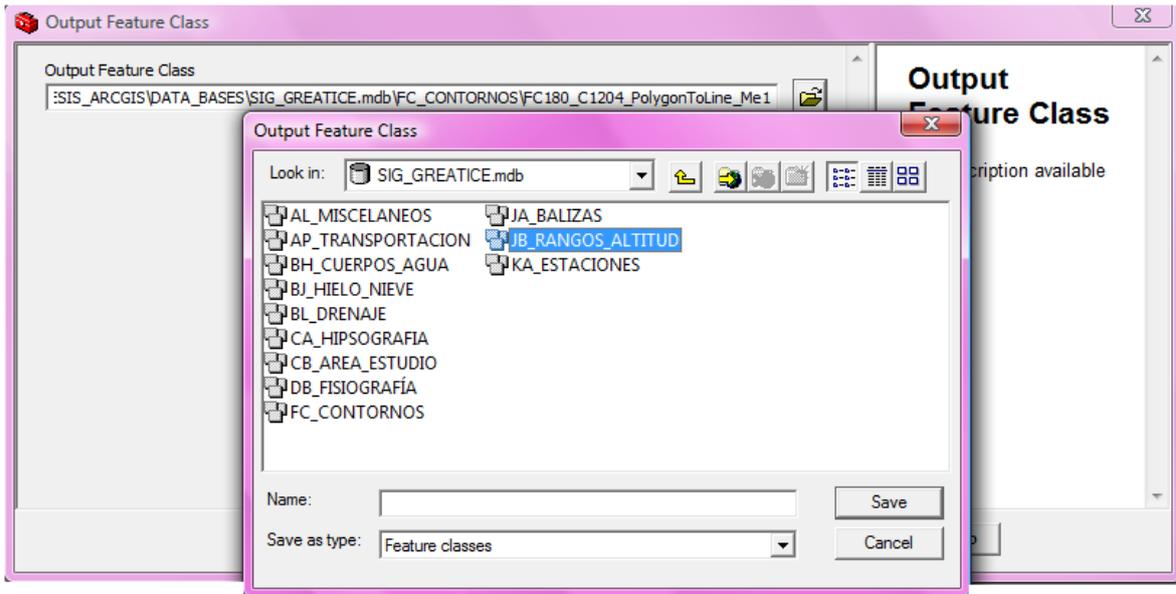


Figura. A3.11. Ubicación de almacenamiento de nueva entidad

- i. Entonces lo que se tiene cuando se ingresa a la herramienta que se indica en la :
Figura. A3.12.

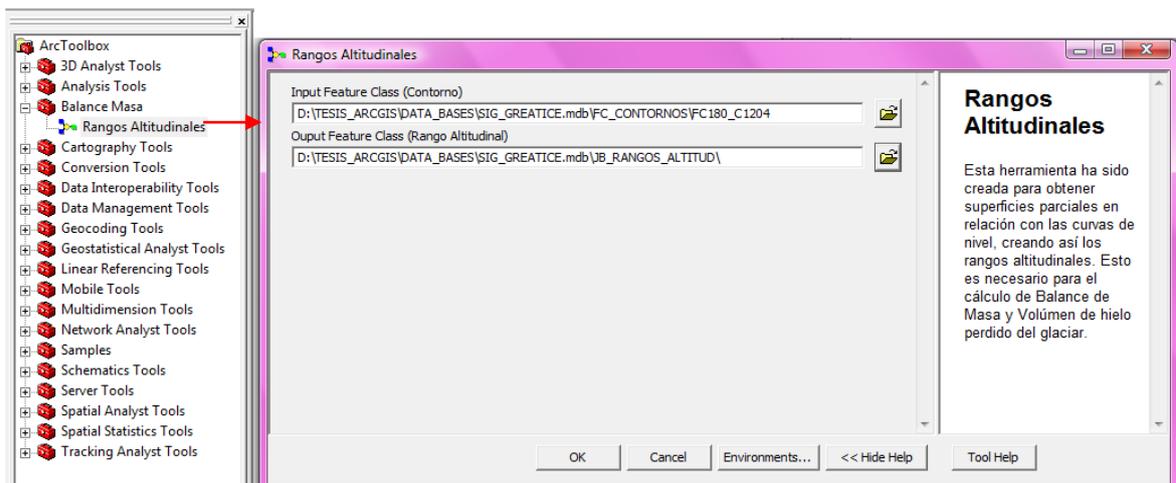


Figura. A3.12. Interface de la herramienta

3.3. Ventajas

- Automatiza procesos de trabajo repetitivos.
- Simplifica varios procesos en uno al momento de ejecutar la herramienta.
- Reduce el tiempo en la obtención de resultados.
- Encadena varios procesos.
- Se puede procesar información de otros conjuntos de entidades (*Feature Datasets*) que contengan polígonos (dentro de la geodatabase).
- Permite modificar su estructura para mejorar los resultados (utilizar otras curvas de nivel con mejor escala).

3.4. Importante

La entidad que se obtiene al final de todos los procesos debe guardarse únicamente en la carpeta que se definió en el diseño (*literal 3.2.2, paso h*). Si se selecciona otra carpeta para guardar la nueva entidad, los procesos no se ejecutan.

ANEXO 4

MANUAL TÉCNICO

4.1. Introducción

En este manual se podrá encontrar detallado los procesos que se llevaron a cabo para la implementación del sistema de información geográfica y a su vez, éste servirá como guía para la incorporación de nuevos datos.

Estos procedimientos serán aplicados para la información de balizas y contornos que se maneja anualmente, si existiese nueva información geográfica de las estaciones de medición (hidrométricas, aforos, meteorológicas y pluviométricas) y cualquier otro estudio que se lleve a cabo y que se desee incorporar a la base de datos geográfica.

La primera parte del manual está destinado para conocer las partes que conforman las pantallas de ArcMap y ArcCatag. Posteriormente se tiene el proceso que se debe llevar a cabo para ingresar la información en la geodatabase (desde definir los códigos para las entidades o tablas hasta la incorporación de la información en la geodatabase personal). También se explica todo sobre la generación de metadatos en Geonetwork y la implementación de la herramienta de consulta desarrollada.

4.2. Partes de ArcMap y ArcCalog

A lo largo de este manual está explicado paso a paso los diferentes procesos que se han llevado a cabo dentro de ArcMap y ArcCatalog, para los cuales ha sido necesario identificar los nombres de las diferentes herramientas (barras que poseen botones que realizan una tarea específica) y partes (zonas de la pantalla destinadas a la administración y visualización de datos y herramientas) que se utilizaron y que podrán ser útiles para estudios posteriores.

Será necesario que siempre se tengan visibles todas las herramientas que se muestran en las figuras. Para activar las herramientas que no estén visibles (Figura A4.1) se debe dar clic derecho sobre cualquier parte de la zona de herramientas y dar clic izquierdo sobre la que se desea visualizar. En esta figura se muestra el proceso en solo en ArcCatalog ya que para ArcMap es el mismo procedimiento.

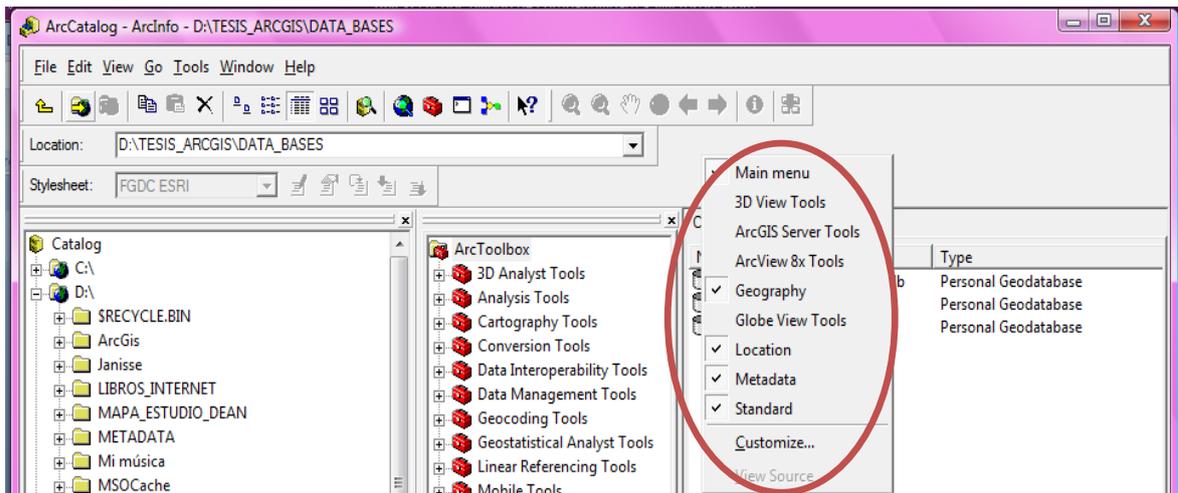


Figura. A4.1. Opciones para activar herramientas en ArcCatalog

Las partes de ArcMap son la tabla de contenidos, la caja de herramientas de ArcGis y el cuadro de datos. Para ArcCatalog se tiene el árbol de catálogo y la caja de herramientas de ArcGis. Estas partes pueden manejarse desde la pestaña Window del menú principal.

Las figuras A4.2 y A4.3 muestran la ubicación (en la pantalla) y los nombres de las herramientas dentro de ArcMap y ArcCatalog respectivamente.

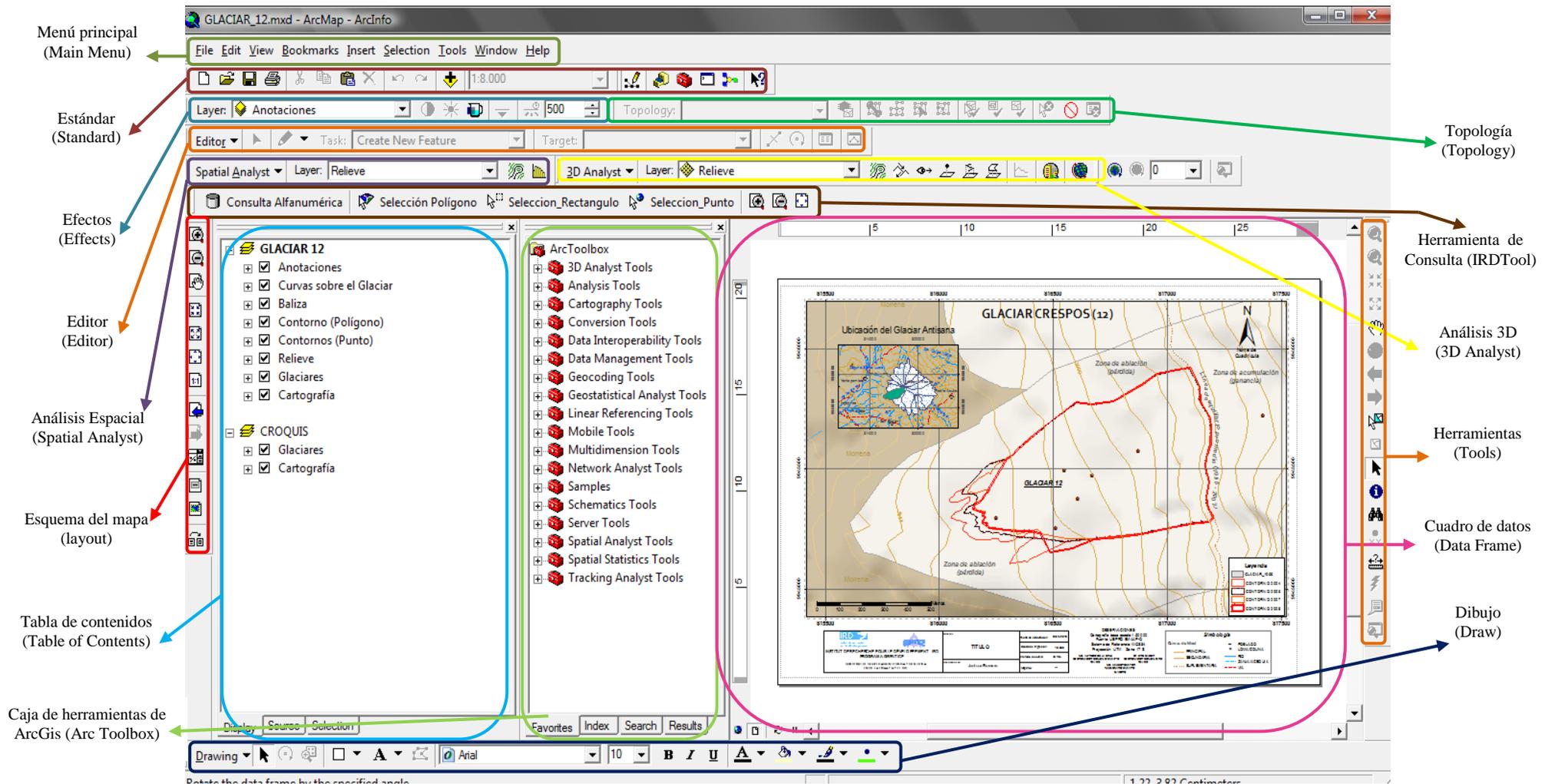


Figura. A4.2. Ventana principal de ArcMap con sus herramientas y sus partes.

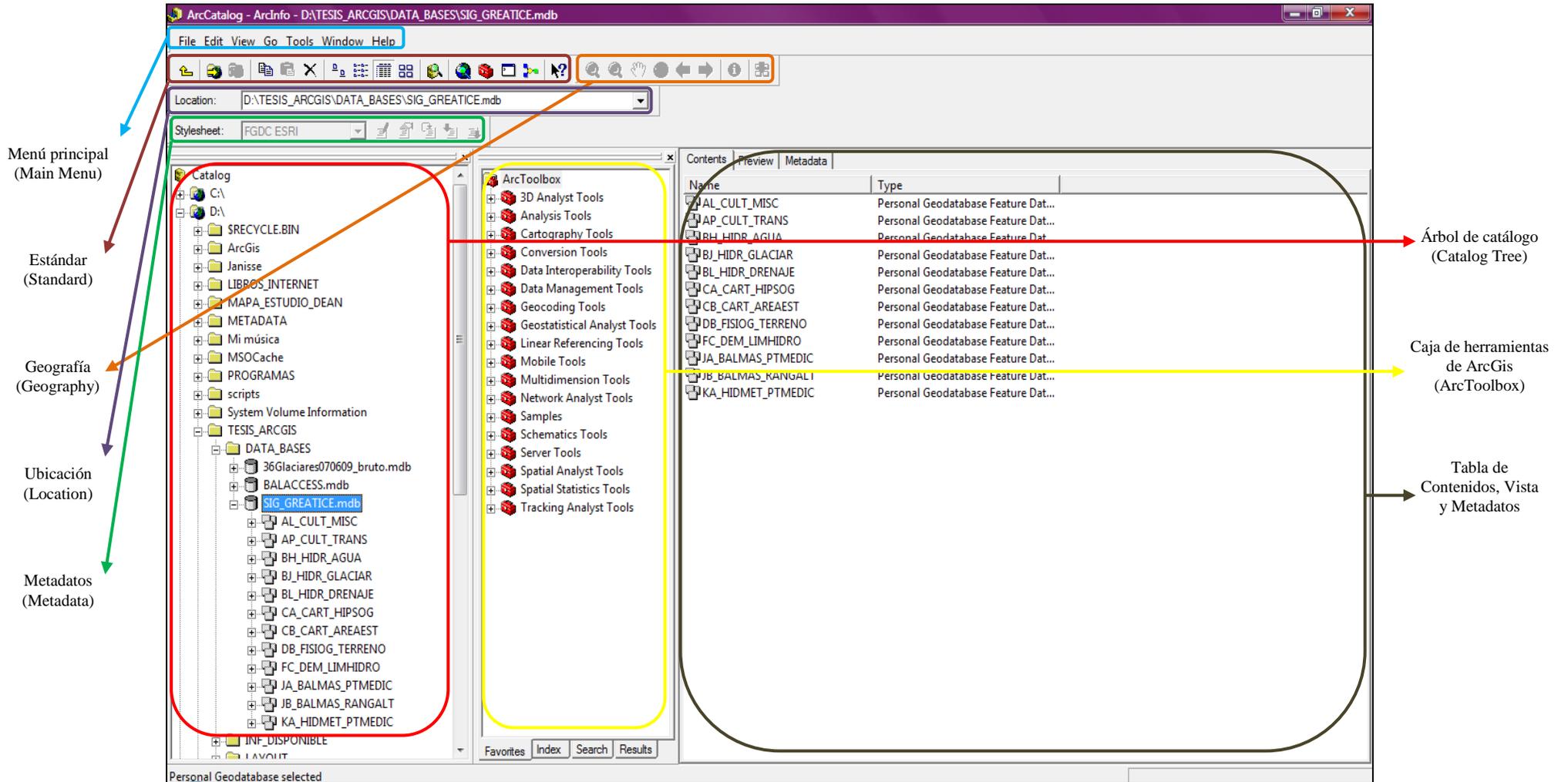


Figura. A4.3. Ventana principal de ArcCatalog con sus herramientas y sus partes.

4.3. Códigos para entidades (tablas)

Para definir los códigos de las coberturas que se usaron y las que podrían integrarse a este sistema se utilizaron dos documentos como guía. El primero es el generado por DIGEST⁴¹ (Parte 4 Anexo A) y contiene toda la normativa; el segundo es el que pone a disposición el IGM en su geoportal (CATALOGO_OBJETOS_ IGM_abril2009), éste se basa en el primero pero es adaptado a las necesidades del país.

Estos documentos se encuentran en el Disco D, dentro de TESIS_ARCGIS, en la carpeta DOCUMENTOS.

En el Capítulo 3 se encuentran detallados los códigos que fueron tomados de los mencionados documentos y algunos que fueron creados de acuerdo a las necesidades del Programa Glaciares.

La metodología que sigue esta normalización para definir los códigos de las entidades es la que se muestra en el *Capítulo 3 – Normativa y Estandarización, Figura 3.2...*

El primer nivel pertenece a las categorías, el segundo a una subdivisión de las categorías (subcategorías) y el tercero a las entidades que tienen las subcategorías.

Por lo tanto, para ingresar información nueva, se deberá comprobar su existencia en ambos documentos para obtener su clasificación. Pero si ésta no está definida será necesario generar una bajo el criterio de fácil manejo de la información. Los escenarios que se pueden presentar son los siguientes:

- Que exista categoría y subcategoría pero no entidad
- Que exista categoría pero no subcategoría ni entidad
- Que no exista ni categoría, ni subcategoría, ni entidad

⁴¹ Estándar para el Intercambio de Información Geográfica Digital (The Digital Geographic Information Exchange Standard)

En cuanto a los códigos de las entidades se ha definido adicionalmente una palabra que facilite el manejo de la información, así por ejemplo se tiene *AP030_VIA* que representa a la cobertura de vías.

Para definir los códigos de la información de contornos y balizas se deberá seguir el procedimiento indicado en la figura A4.4.

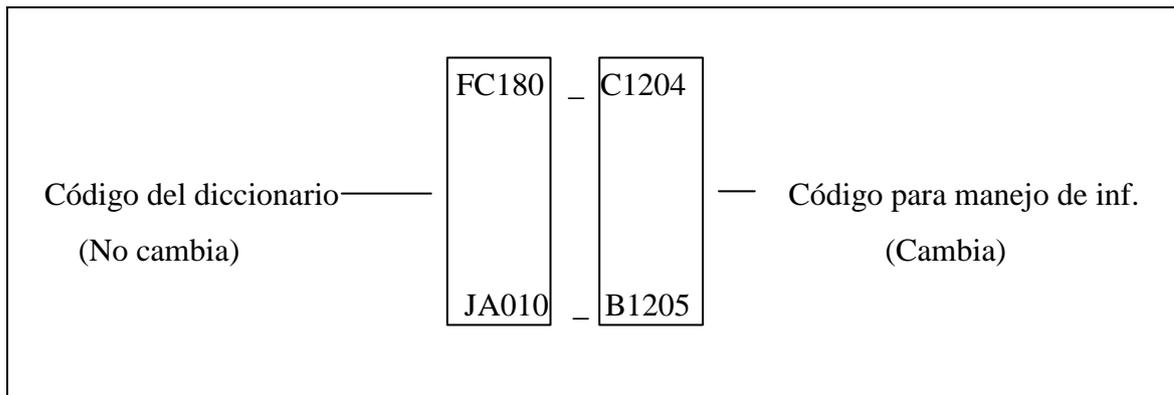


Figura. A4.4. Procedimiento para definir los códigos de entidades

FC180 y JA010 son los códigos de contornos y balizas respectivamente y como se muestra en el gráfico esto no cambia.

Para C1204 y B1205, la primera letra corresponde a la inicial de contorno o baliza, los dos número siguientes definen el glaciar al que corresponde la cobertura y los dos número finales representan el año de toma de la información.

Por ejemplo, si se quisiera crear una entidad de contorno para el glaciar 15α del año 2009 el código sería FC180_C15A09. De igual manera se aplica para las balizas utilizando su código respectivo.

4.4. Ubicación y organización de la información

Toda la información del SIG se encuentra en el Disco D con la siguiente organización:

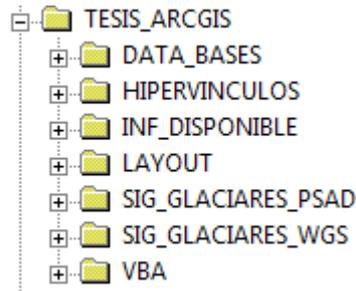
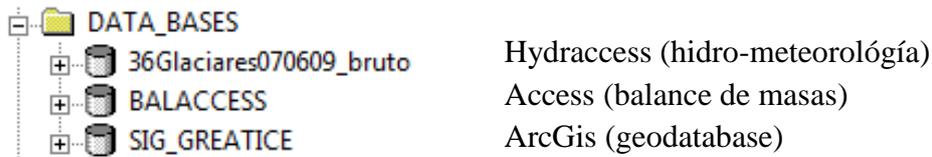


Figura. A4.5. Organización de la información del SIG.

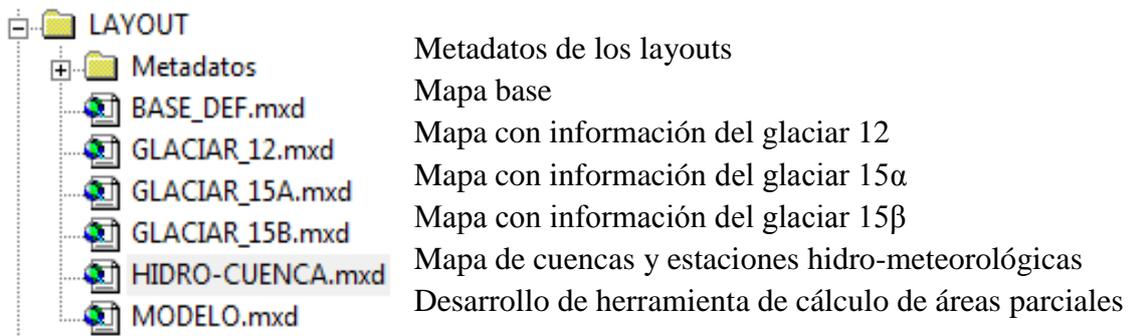
- DATA_BASES (Bases de Datos)



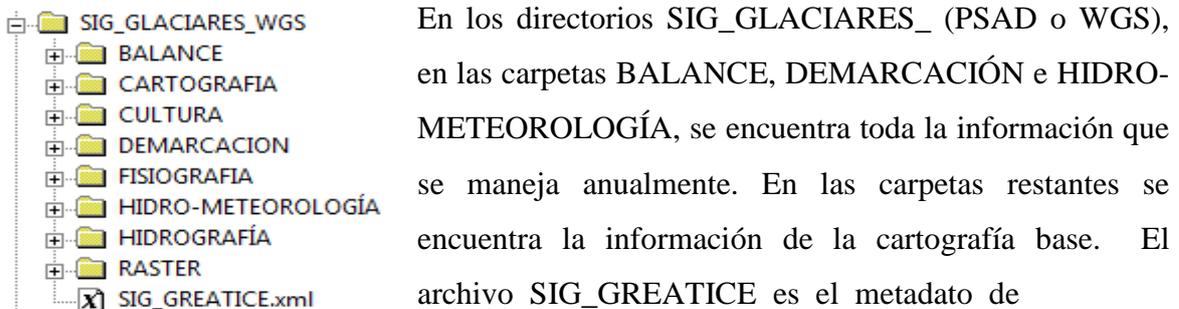
- HIPERVÍNCULOS

Dentro de esta carpeta se encuentran las fotos de las estaciones de medición que pueden observarse desde el mapa de hidro-cuenca

- LAYOUT (Documentos de ArcGis)



- SIG_GLACIARES_PSAD / WGS



toda la base de datos. En el directorio correspondiente a WGS se realiza el procesamiento de la información para obtener los archivos shapes (shapefiles⁴²) en el sistema WGS84. En la carpeta PSAD se almacenan las proyecciones de estos archivos con sistema de referencia PSAD56.

A continuación se detalla el contenido de las carpetas de SIG_GLACIARES_WGS.

Balance

Información sobre balizas de las dos lenguas de glaciar 12 (crespos) y 15α (para ambas existen las mismas carpetas).

 BALANCE	
 BALIZAS_G12	
 1. DATOS_BRUTOS_G12	Datos provenientes del pos procesamiento (GPS)
 2. DATOS_FINALES_G12	Archivos para obtener shapes
 3. DATOS_SHP_G12	Archivos shapes
 4. METADATOS_G12	Archivos XML

Cartografía

 CARTOGRAFIA	
 AREA_ESTUDIO	
 CB010_LIMITE.shp	Delimitación de la cartografía base
 CB010_LIMITE.xml	Metadato del área de estudio
 HIPSOGRAFIA	
 METADATOS	Metadatos de las coberturas de Hipsografía
 CA010_CNIVEL.shp	Curvas de nivel primarias y secundarias
 CA010_CPRINCIPAL.shp	Curvas de nivel principal
 CA010_CURVAS_G1956.shp	Curvas sobre el glaciar 1956
 CA010_LEQUIL.shp	Línea de equilibrio del glaciar
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset

Cultura

 CULTURA	
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset
 MISCELANEOS	
 AL105_POBLADO.shp	Poblados dentro del área de estudio
 AL105_POBLADO.xml	Metadato del poblado dentro del área de estudio
 TRANSPORTACION	
 AP030_VIA.shp	Sistema vial dentro del área de estudio
 AP030_VIA.xml	Metadato del sistema vial dentro del área de estudio

⁴² Es un formato que alberga la localización e información sobre atributos de coberturas geométricas (punto, línea, polígono).

Demarcación

Información referente a los contornos de glaciar para el 12 (Crespos), 15 α y 15 β .

 DEMARCACION	
 CONTORNOS_G12	<i>Datos de contornos para el glaciar 12</i>
 1. DATOS_BRUTOS_G12	Datos provenientes del pos procesamiento (GPS)
 2. DATOS_FINALES_G12	Archivos para obtener shapes
 3. DATOS_SHP_PTS_G12	Archivos shapes puntos
 4. DATOS_SHP_POL_G12	Archivos shapes polígonos
 5. METADATOS_G12	Archivos XML
 CONTORNOS_G15A	<i>Datos de contornos para el glaciar 15 Alfa</i>
 CONTORNOS_G15B	<i>Datos de contornos para el glaciar 15 Beta</i>
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset

Fisiografía

 FISIOGRAFIA	
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset
 DB031_LOMA.shp	Lomas/colinas dentro del área de estudio
 DB031_LOMA.xml	Archivo XML

Hidro-Meteorología

Información referente a estaciones de aforos, hidrométricas, pluviométricas, meteorológicas y cámaras.

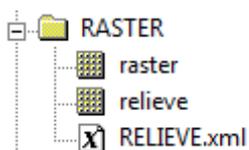
 HIDRO-METEOROLOGÍA	Datos provenientes del pos procesamiento (GPS)
 1. DATOS_BRUTOS_HM	Procesos para obtener coordenadas geográficas
 2. DATOS_FINALES_HM	Archivos para obtener shapes
 3. DATOS_SHP_HM	Archivos shapes puntos
 4. METADATOS_HM	Archivos XML
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset

Hidrografía

 HIDROGRAFÍA	
 CUERPOS DE AGUA	
 BH030_ZANJA.shp	Zanjas/Acequias
 BH080_LAGUNA.shp	Lagunas
 BH132_EMBALSE.shp	Embalse
 BH140_RIO.shp	Río/Torrente
 BH142_RDOBLE.shp	Río Doble
 DRENAJE	
 BL010_CUENCA.shp	Delimitación de cuencas
 GLACIAR	
 BJ030_G12_56.shp	Estudio de todo el glaciar 12 en 1.956
 BJ030_G15_56.shp	Estudio de todo el glaciar 15 en 1.956
 BJ030_G1956.shp	Estudio de todo el glaciar en 1.956
 BJ030_G2004.shp	Estudio de todo el glaciar en 2.004
 METADATOS	Archivos XML
 METADATOS_FEATURE_DATASET	Metadatos de los Feature Dataset

Como es evidente, la información que se procesa es la de *Balance, Demarcación e Hidro-meteorología* (ver procesamiento en el literal 5 de este manual) ya que ésta se obtiene anualmente. El resto de la información forma parte de la base cartográfica a excepción de las carpetas *Drenaje y Glaciar* que son parte de estudios realizados por la EMAAP-Q, INAMHI, IGM y el IRD.

Raster



Dentro de esta carpeta se encuentra la cobertura raster generada a partir de las curvas de nivel 1:50.000, el mapa de sombras que es utilizado como relieve para los layouts y el metadato correspondiente al Relieve.

- VBA (Visual Basic)

Dentro de esta carpeta están almacenados los formularios (programación) que conforman la herramienta de consulta alfanumérica.

frmConsultasBalizas.frm
frmConsultasPluvioMeteo.frm

4.5. Procesamiento de la información

Los procesos que se ha llevado a cabo para obtener los archivo *.shp han sido los mismos para la mayor parte de la información con la que se cuenta, por esta razón tienen las mismas carpetas (a excepción de hidro-meteorología que tiene una adicional para el cálculo de coordenadas geográficas) dentro de las cuales se han realizado los procedimientos para llevar la información a la geodatabase, por lo tanto, las explicaciones que siguen a continuación, son generales y se aplican siguiendo la misma metodología para la información de la Figura A4.6.

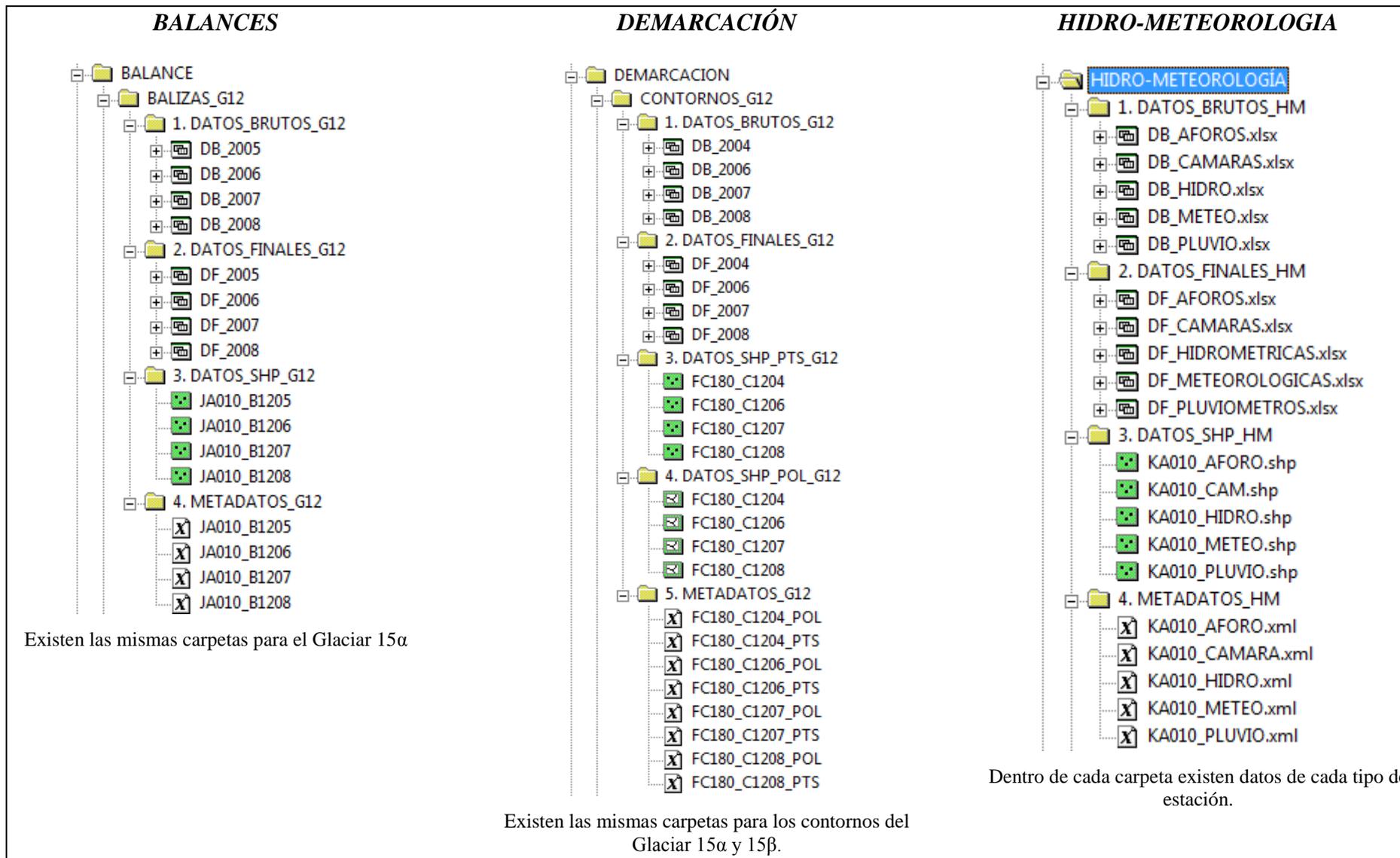


Figura. A4.6. Organización de la información dentro de SIG/GLACIARES/WGS

4.5.1. Información que llega de campo

1. Postproceso (Ing. Bolívar Cáceres)
2. Exportar la información en una hoja de cálculo de Excel e identificar a qué corresponde, por quien fue tomada, el sistema de referencia, el equipo que se utilizó, método y la fecha de toma, tal como se muestra en la figura A4.7.
3. Almacenar el archivo en la carpeta *1.DATOS_BRUTOS* nombrándolo con las letras DB (iniciales de datos brutos) seguidas del año al que corresponde la información y separadas con un guión bajo (ej.: DB_2005).

Estos archivos no deben ser modificados porque servirán como bases para el manejo posterior de la información.

	A	B	C	D	E
1	<i>Colaboración : Dr. Eric Cadier . Sr. Byron Jaramillo</i>				
2	<i>Fecha : 9 de enero de 2008</i>				
3	<i>Equipo: Pro mark 2 (Ashtec)</i>				
4	<i>Datum WGMS 84</i>				
5	<i>Calculado-14-enero-2007</i>				
6					
7					
8					
9	Baliza/Punto	Este	Norte	Altura	Estado
10	4I64	816907,202	9947410,76	4924,658	Ajustado
11	4I65	816907,214	9947410,74	4924,599	Ajustado
12	3C61	816990,402	9947377,62	4938,007	Ajustado
13	3C62	816992,077	9947384,25	4949,796	Ajustado
14	0I50	817000,258	9947339,16	4965,774	Ajustado
15	2C50	817056,115	9947336,55	4983,872	Ajustado
16	1C60	817066,49	9947336,24	4986,67	Ajustado
17	L800	817118,76	9947304,22	5011,126	Ajustado
18	L100	817223,486	9947232,56	5066,439	Ajustado
19	M400	817035,085	9947336,43	4979,383	Ajustado
20	2C60	817034,907	9947354,16	4974,363	Ajustado
21	M300	817000,494	9947359,85	4963,31	Ajustado
22	3C06	816992,437	9947386,87	4954,274	Ajustado
23	3D60	816990,849	9947404,32	4946,31	Ajustado
24	M200	816953,069	9947391,67	4941,455	Ajustado
25	6C60	816886,316	9947453,13	4906,719	Base
26	M100	816877,707	9947443,26	4913,942	Base
27	BASE (ORE)	816857,128	9947559,65	4881,683	Ajustado

Figura. A4.7. Datos brutos de las balizas de 2006 del glaciar 12.

4.5.2. Creación del archivo para generación de shapes

1. Desde el archivo de Excel almacenado en *1.DATOS_BRUTOS* copiar las columnas: Identificador (para balizas), Este, Norte y altura elipsoidal.
2. Abrir una hoja nueva de Excel y pegar estas columnas.
3. Renombrar las cabeceras de las columnas con los códigos del diccionario de datos (*Anexo 1*) diferenciados por el año (ej. Y_B1209 para el 2009) y crear la columna

adicional de la descripción TXT (si son necesarios otros atributos crear las columnas que sean necesarias) como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E
1	COD_B1205	X_B1205	Y_B1205	HE_B1205	TXT_B1205

- Dejar únicamente la hoja sobre la cual se está trabajando (eliminar las dos adicionales que se crean por default) y renombrarla con el código de la entidad, así:



- Guardar el archivo en la carpeta *2.DATOS_FINALES* con el nombre *DF_XXXX* (dependiendo del año)

4.5.3. Creación de coberturas (shape files)

- En un documento nuevo de ArcMap, en el menú principal ir a *Tools* y escoger *Add XY Data* (Figura A4.8.).

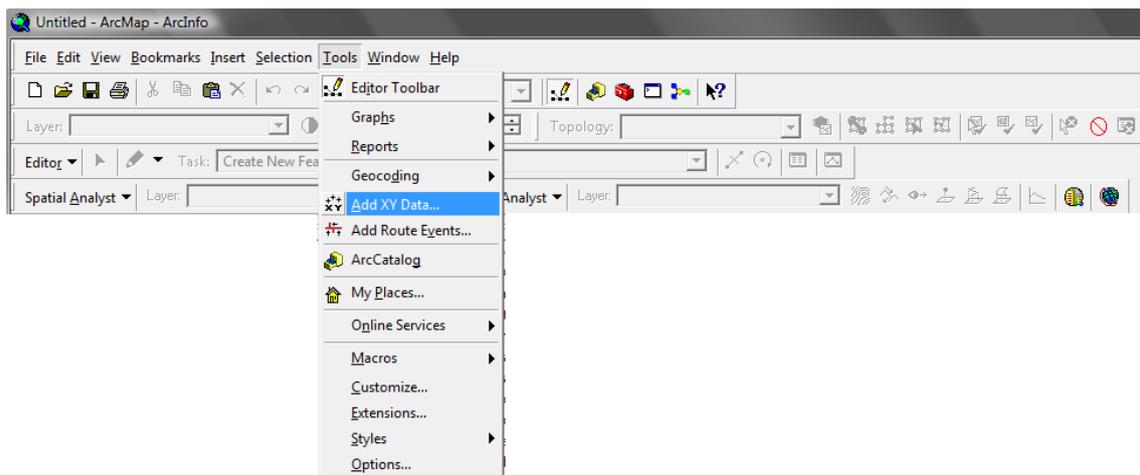


Figura. A4.8. Procedimiento para generar cobertura de puntos

2. En la ventana que se abre, (Figura A4.9), definir la ubicación del archivo que se colocó en la carpeta *2.DATOS_FINALES* y en X Field y Y Field sus respectivos campos X y Y

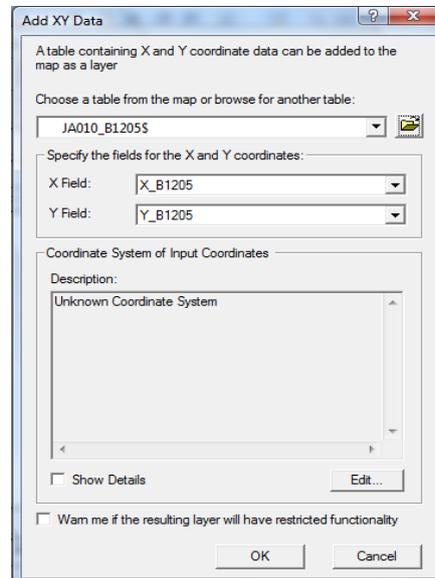


Figura. A4.9. Datos para coordenadas planas en ventana *Add XY Data*

3. Además en la ventana anterior dar clic en *Edit...* y en la ventana que se abre (Figura. A4.10) ir a *Select....* Se abrirá otra ventana (Figura. A4.11) en la que se debe buscar el sistema de coordenadas, ingresar en *Projected Coordinate Systems/UTM /WGS 1984/*  *WGS 1984 UTM Zone 17S.prj*. Finalmente aceptar todos los procedimientos hasta salir de las ventanas.

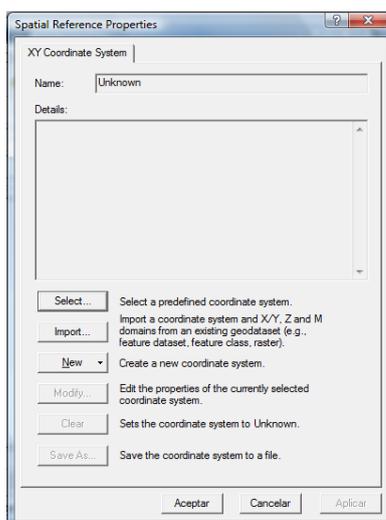


Figura. A4.10. Ventana sistema de referencias.

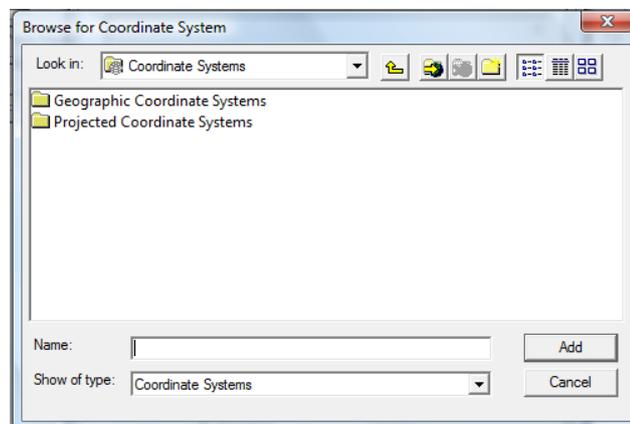


Figura. A4.11. Búsqueda de sistema de coordenadas

4. Lo que se crea es una cobertura de puntos temporal. Para hacerla permanente, en la tabla de contenidos (Figura. A4.12), dar clic derecho sobre ésta, ir a *Data* y escoger *Export Data*. En la siguiente ventana (*Export Data*) buscar la ubicación de la carpeta 3.DATOS_SHP y dentro de esta carpeta colocar el nombre del archivo que se convertirá en permanente (que será el código de la entidad).

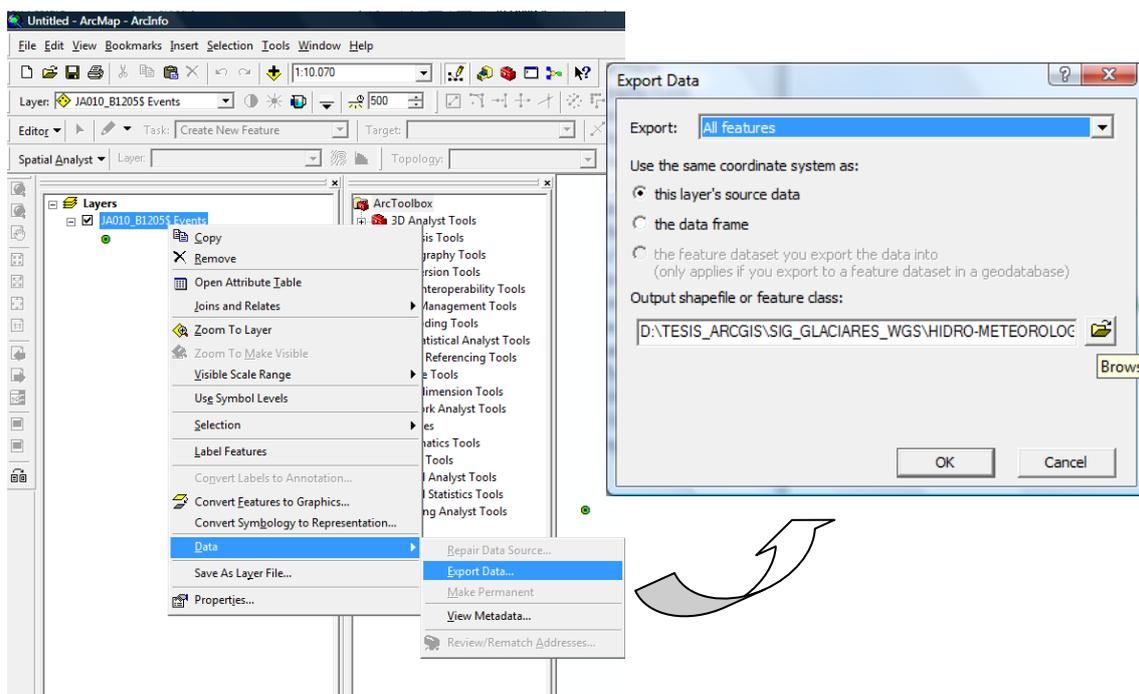


Figura. A4.12. Procedimiento para exportar los datos y volverlos permanentes.

4.5.4. Generación de polígonos para contornos

1. En ArcCatalog, dentro de *DEMARCACIÓN* ubicar la carpeta *4.CONTORNO_SHP_POL*, dentro de esta crear un nuevo shape tipo polígono y nombrarlo con el código establecido (FC180_XXXX⁴³) y definir su sistema de coordenadas planas (*paso 2. del literal 4.5.3 de este anexo*).

Nota: El código va a ser el mismo que el de su cobertura de puntos.

2. Como se muestra en la figura A4.13, en un documento nuevo de ArcMap adicionar la cobertura *CA010_LEQUILIB* (línea de equilibrio del glaciar) ubicada dentro de las carpetas *CARTOGRAFIA/HIPSOGRAFIA*, el contorno tipo punto y el contorno

⁴³ Depende del glaciar y año al que pertenezca la información

tipo polígono (creada en el paso anterior). Además utilizar el contorno tipo polígono del año anterior como guía para dibujar el nuevo contorno.

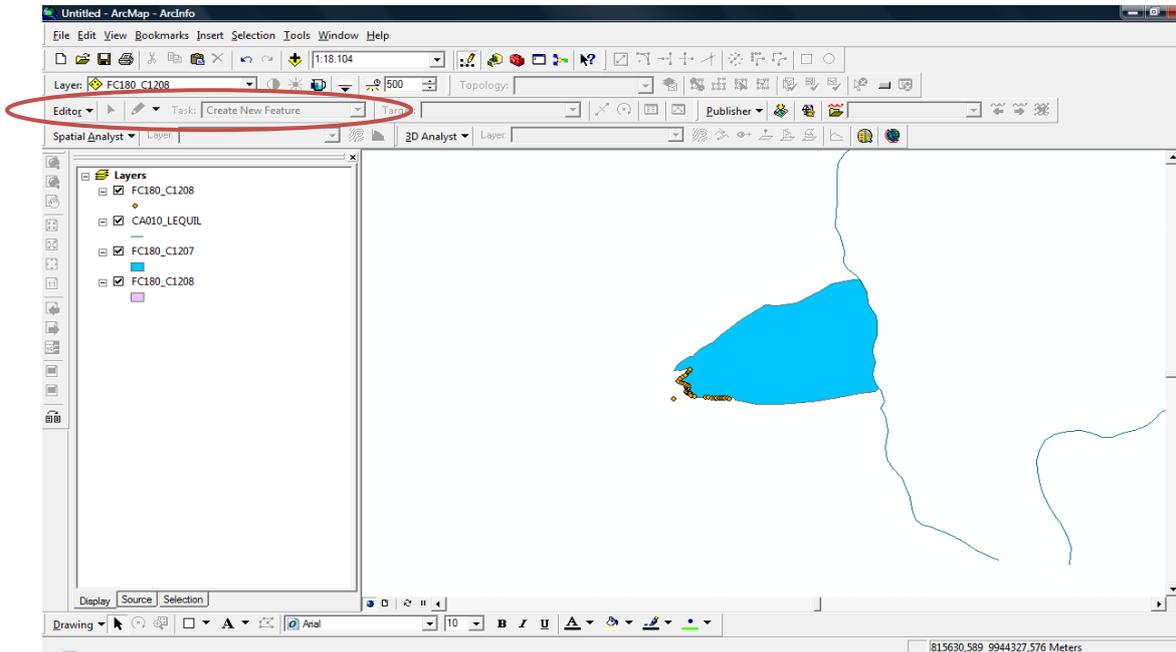


Figura. A4.13. Generación de polígonos para contornos.

3. Ir a la barra de herramientas de edición (*Editor*), señalada en la figura anterior, dar clic en *Editor* y luego en *Start Editing*. Aparecerá la ventana (Figura A4.14) en la que se debe seleccionar la carpeta donde está almacenada la cobertura de contorno tipo polígono que se va a modificar. Para este caso sería la carpeta *4.CONTORNO_SHP_POL*.

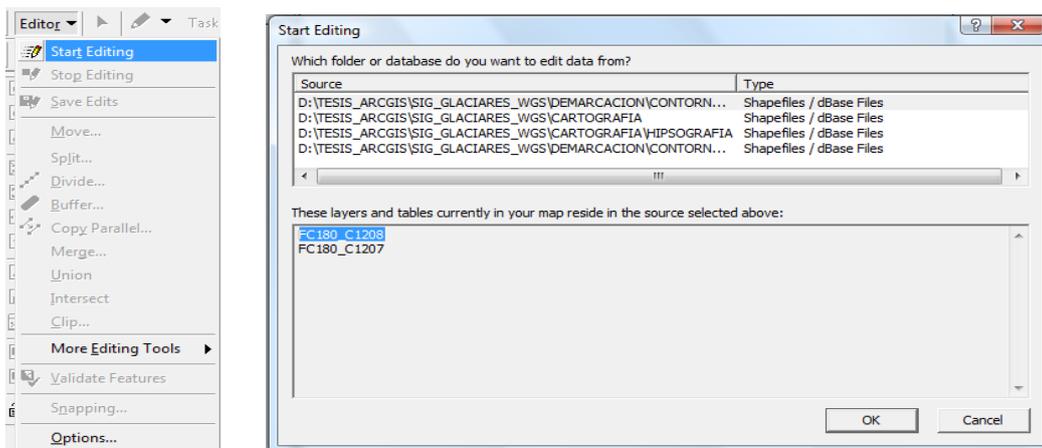


Figura. A4.14. Selección de la fuente donde almacena el *shape* que se va a modificar.

4. Dar clic nuevamente en *Editor* y seleccionar *Snapping* (Figura A4.15.). Poner vistos en las opciones que se despliegan en el contorno tipo punto y el contorno tipo polígono del año anterior. Cerrar esa pantalla.

Nota: *Snapping* ayuda a situarse exactamente sobre el centro del punto o vértice facilitando dibujar el contorno.

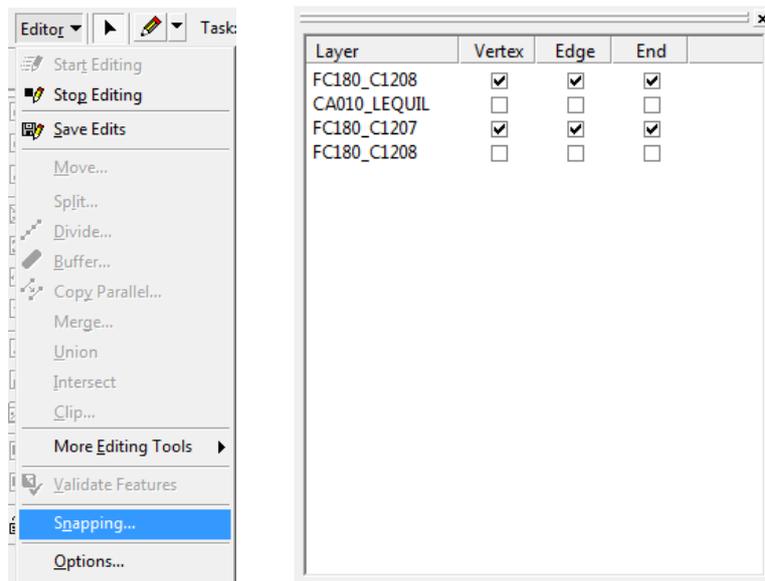


Figura. A4.15. Proceso de activación de la función *Snapping*

5. En la barra de herramientas de Edición (Figura. A4.16) seleccionar el “lápiz” (*Sketch Tool*), en *Task* seleccionar *Create New Feature* y en *Target* el contorno tipo polígono en el que se va a dibujar.



Figura. A4.16. Selección de características del Editor.

6. Dibujar guiándose por el contorno tipo punto y cuando éstos se terminen guiarse por el contorno tipo polígono del año anterior hasta cerrar el nuevo polígono (dando clic derecho y seleccionando *Finish Sketch*), tal como se muestra en la figura A4.17.

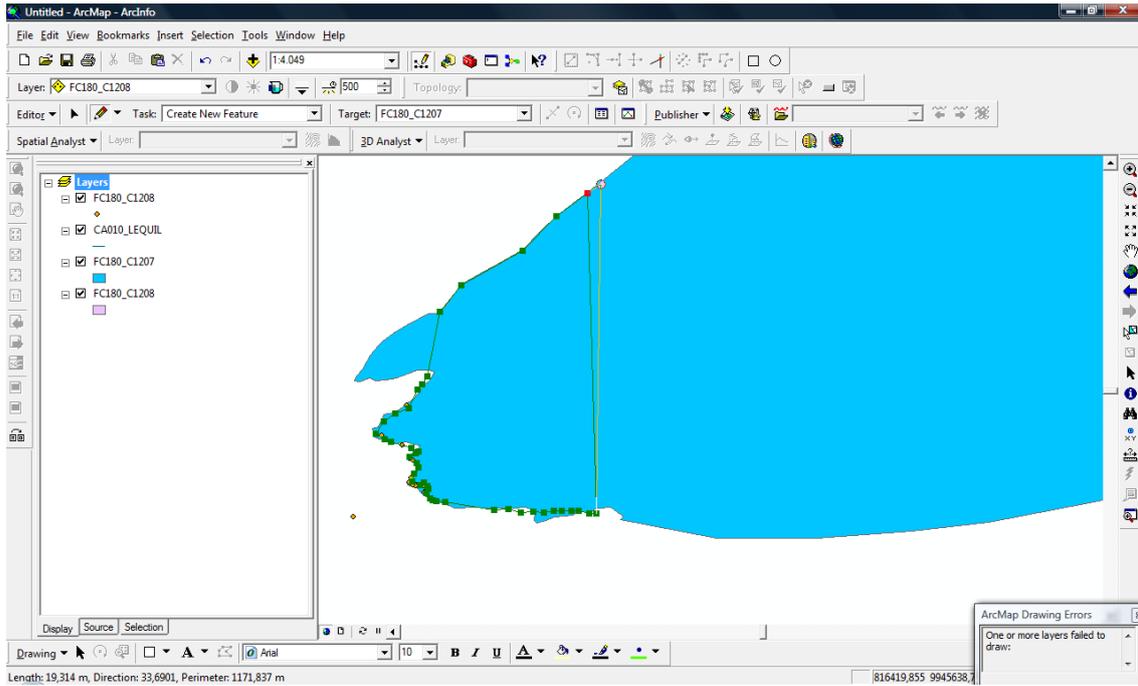


Figura. A4.17. Dibujo realizado en base al contorno para formar el polígono.

7. Ir a Edit, guardar los cambios que se realizaron y seleccionar Stop Editing.

4.6. Geodatabase

4.6.1. Organización de la información

Para la organización de la información dentro de la Geodatabase es necesario conocer los niveles que ésta maneja en el modelo lógico y cómo se relacionan con el catálogo de datos. Esto se puede ver en el siguiente cuadro:

Tabla. A4.1. Relación entre el catálogo de datos y el diseño lógico de la Geodatabase.

Catálogo de objetos	Diseño Lógico
Categoría	Sin relación
Subcategoría	Feature Dataset 
Entidad	Feature Class 

La figura A4.18 muestra la representación de los elementos que se manejan para la creación de la geodatabase.

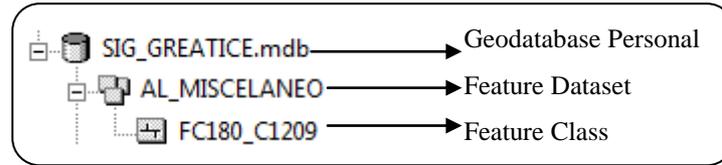


Figura. A4.18. Relación entre el diseño conceptual y el diseño lógico de la Geodatabase

Conociendo estas relaciones se puede entender de mejor manera como se organizó la información dentro de la geodatabase SIG_GREATICE en la siguiente figura:

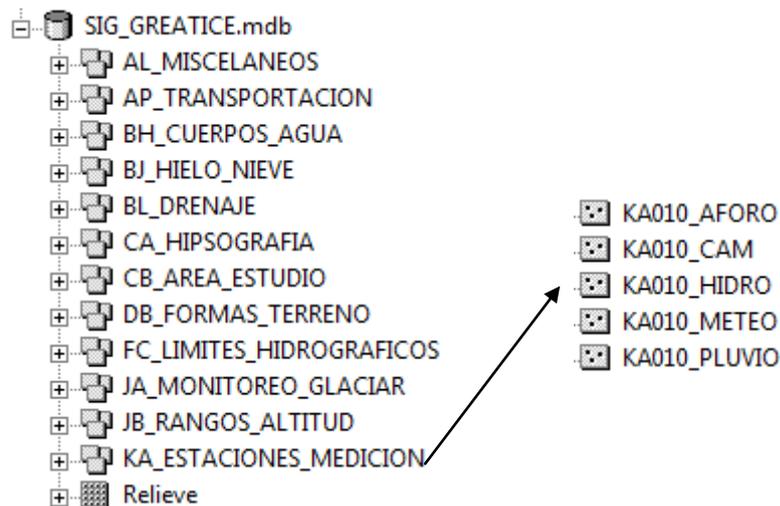


Figura. A4.19. Organización de la Geodatabase SIG_GREATICE

4.6.2. Creación de la geodatabase, conjunto de entidades (feature datasets), Entidades (feature classes) y entidades topológicas (Topology Class)

• Geodatabase y dominios

Creación de geodatabase

1. En ArcCatalog (Figura. A4.20), dar clic derecho sobre la ubicación en la que se desea crear la geodatabase, ir a *New* y seleccionar geodatabase personal (*Personal Geodatabase*).
2. Nombrar a la geodatabase.

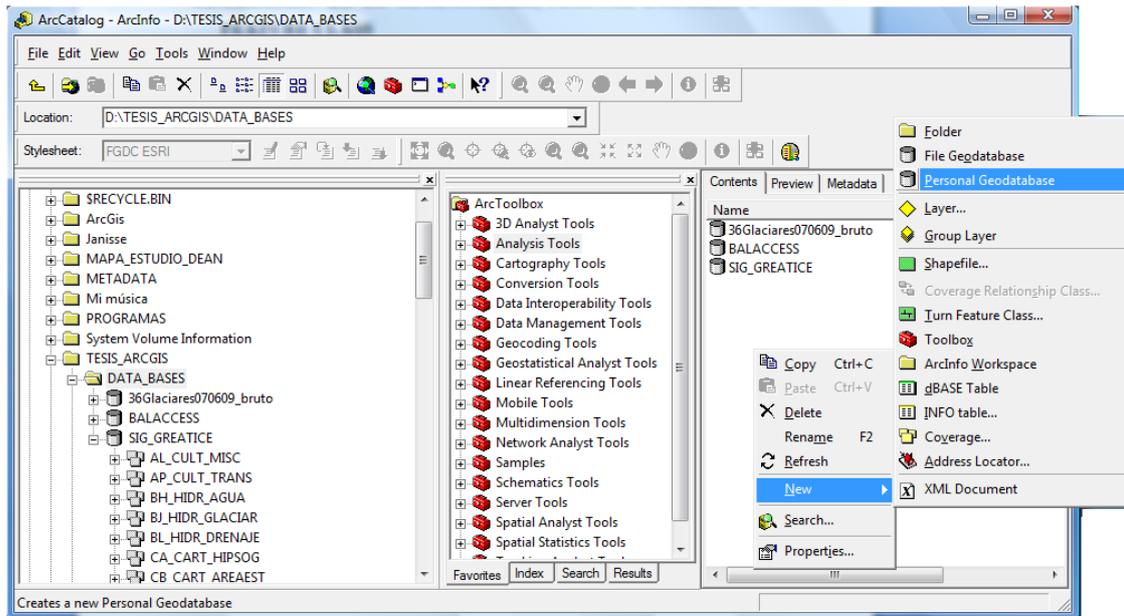


Figura. A4.20. Procedimiento para la creación de la Geodatabase.

Creación de dominios

1. En la ventana de contenidos de ArcCatalog (Figura. A4.21) dar clic derecho sobre la geodatabase y escoger la opción *Properties* y en la ventana que se abre (Figura. A4.22) ubicarse sobre la pestaña dominio (*Domains*).

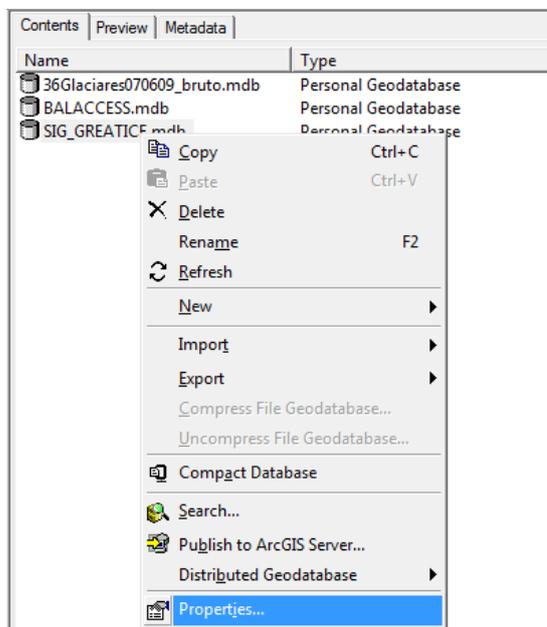


Figura. A4.21. Ventana de contenidos de ArcCatalog

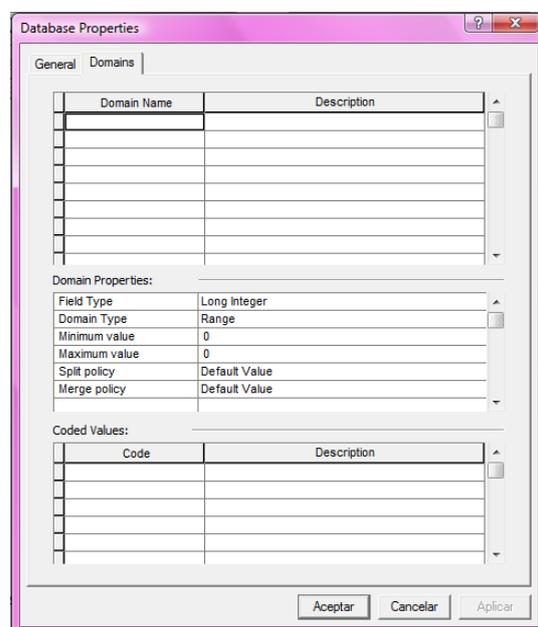
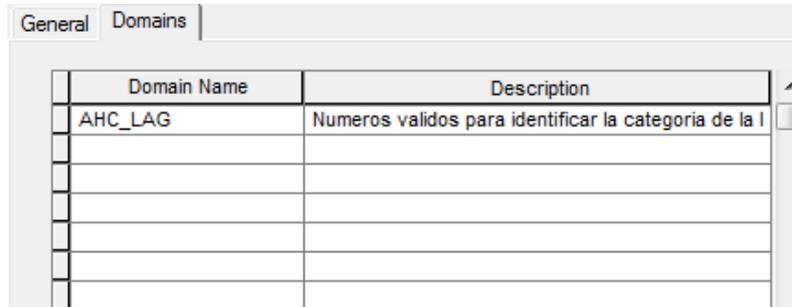


Figura. A4.22. Ventana de administración de dominios

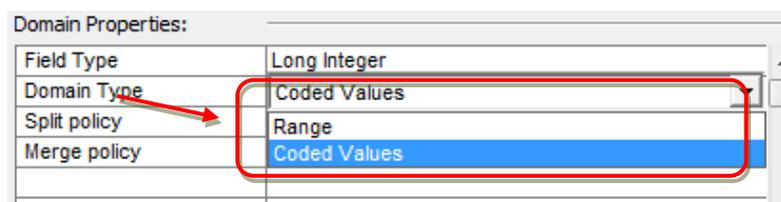
- En el primer recuadro (Figura. A4.23.) en la columna *Domain Name* colocar el nombre del campo que se desea validar el ingreso de datos (ej. Y_B1205). En la columna *Properties* ingresar una descripción del mismo campo.



Domain Name	Description
AHC_LAG	Numeros validos para identificar la categoria de la I

Figura. A4.23. Descripción del dominio

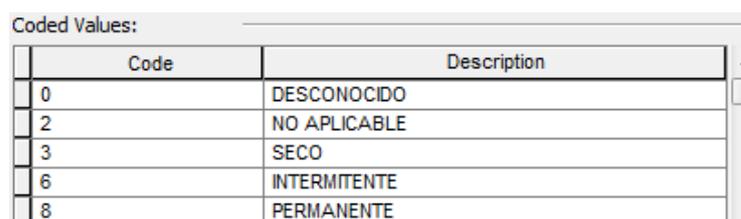
- El recuadro de *Domain Properties* (Figura. A4.24) permite definir las características que deberán tener los datos para poder ser ingresados en la geodatabase. Primero hay que definir el tipo de dato que deberá tener el campo, posteriormente, en *Domain Type*, seleccionar *Range* si los datos del campo se encuentran entre dos valores (ej.: los datos de Norte están entre 800.150 y 829.752) o *Coded Values* si los datos son valores fijos (ej.: los ríos pueden categorizarse como 0 = Desconocido, 3 = Seco, etc.).



Domain Properties:	
Field Type	Long Integer
Domain Type	Coded Values
Split policy	Range
Merge policy	Coded Values

Figura. A4.24. Propiedades del dominio

- De ser valores fijos, en el siguiente y último recuadro (Figura. A4.25) definir los valores con su respectivo significado.



Code	Description
0	DESCONOCIDO
2	NO APLICABLE
3	SECO
6	INTERMITENTE
8	PERMANENTE

Figura. A4.25. Definición de valores fijos

Nota: los dominios ayudan a minimizar errores en el ingreso de datos.

- Conjunto de entidades (Feature Datasets)

1. En la tabla de contenidos de ArcCatalog, ubicar la geodatabase, dar clic derecho sobre ésta, ir a *New* y seleccionar *Feature Dataset* (Este proceso se muestra en la Figura. A4.26)

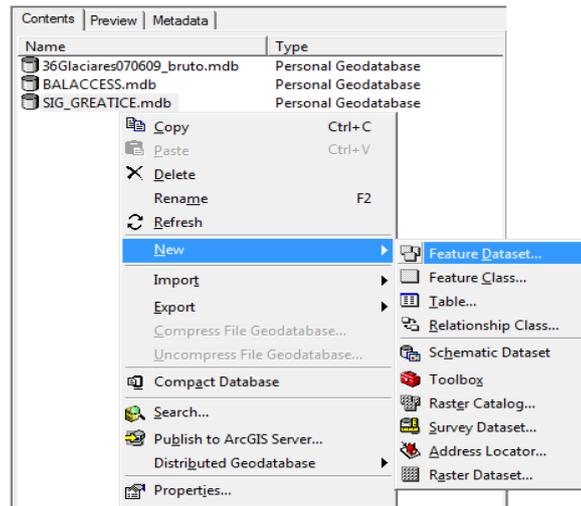


Figura. A4.26. Creación de un *Feature Dataset*

2. Aparece la ventana de la figura A4.27 en la que se debe ingresar el nombre. Estructura a seguir:

JA_MONITOREO_GLACIAR

JA = letras que representan categoría y subcategoría

MONITOREO_GLACIAR = nombre del subcategoría.

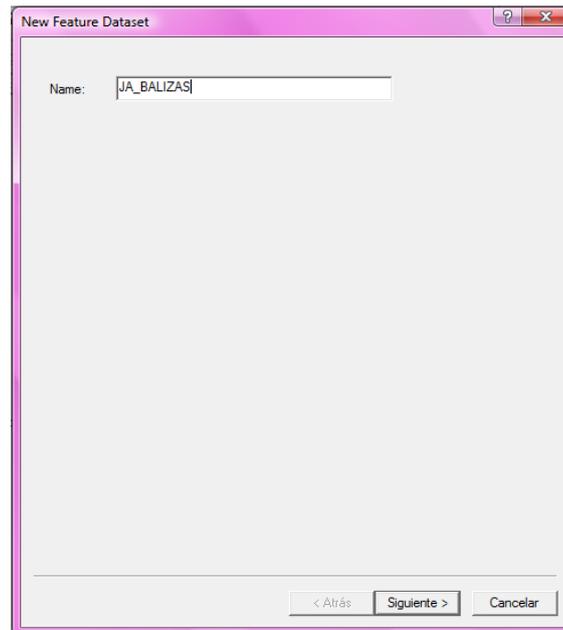


Figura. A4.27. Ventana para asigna el nombre del *Feature Dataset*

3. Posteriormente en la ventana de la Figura A4.28, se define el sistema de referencia.

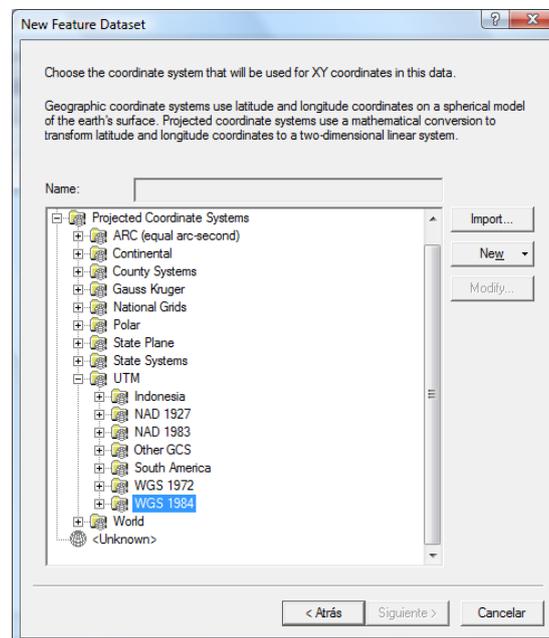


Figura. A4.28. Selección del sistema de referencia

4. Terminado el paso anterior finalizar el proceso sin realizar ningún cambio presionando *SIGUIENTE* las veces que sea necesario hasta salir de la secuencia de ventanas.

- Entidad (Feature Class)

1. En ArcCatalog (ya sea en el *Árbol de Catálogo* o en la *Tabla de Contenidos*) ubicar el archivo shape que se desea almacenar en la geodatabase, (Figura A4.29), dar clic derecho sobre éste, ir a *Export* y seleccionar *To Geodatabase (single)...*, como muestra la siguiente figura:

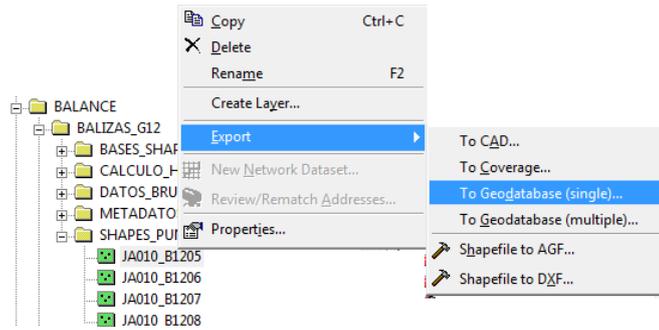


Figura. A4.29. Proceso para exportar el archivo shape.

2. En la ventana que aparece definir la información de *Output Location (Feature Dataset* al que pertenecerá) y *Output Feature Class* (código de la entidad). En *Expression* no se realiza ningún cambio (Figura A4.30).

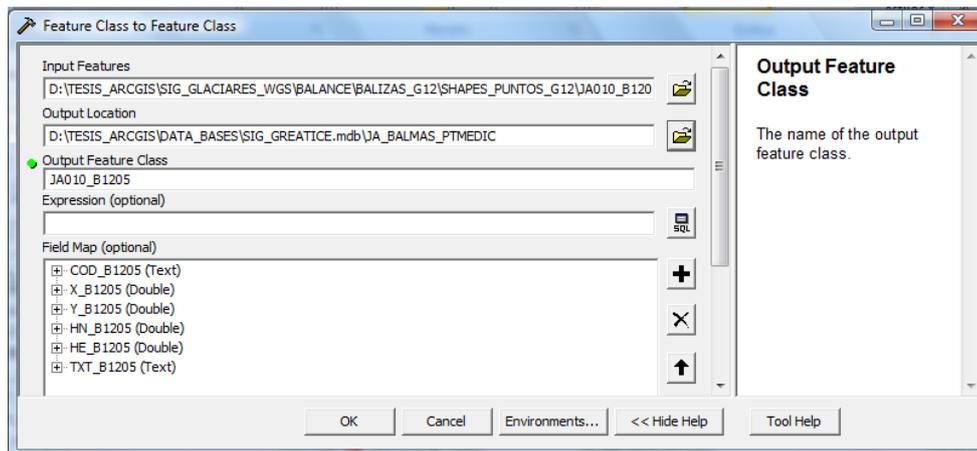


Figura. A4.30. Definición de parámetros de exportación del archivo shape.

En la parte de *Field Map (opcional)*, (Figura A4.31), es donde se definen los alias⁴⁴ para cada campo (atributo) de la entidad. Para esto dar clic derecho sobre cada campo, ir a propiedades, cambiar el alias con los definidos en el *Anexo I- Diccionario de Datos*.

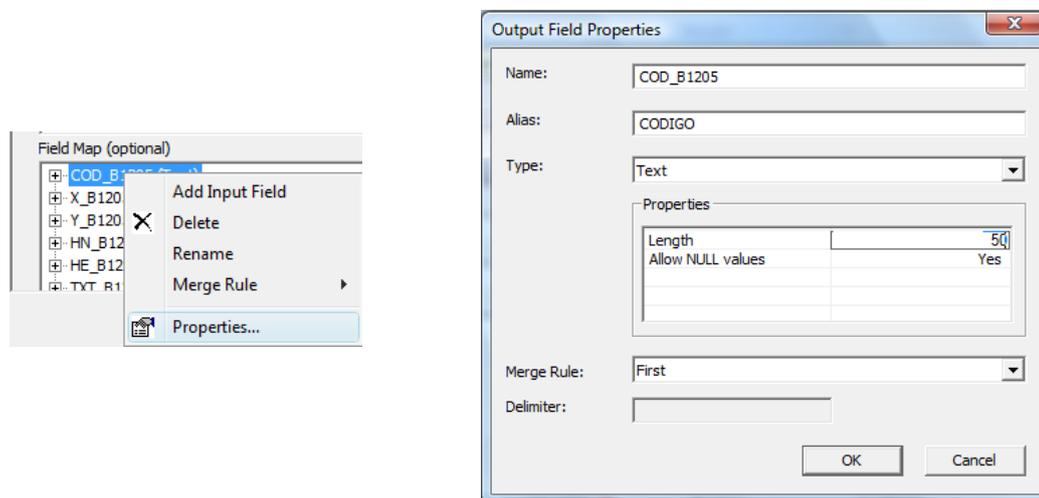


Figura. A4.31. Definición de propiedades de cada campo.

3. Una vez hechos los cambios para todos los campos, ir a OK hasta salir de todas las ventanas y luego comprobar la creación del *Feature Class*.
4. Para definir el alias del *Feature Class*, el cual facilitará el manejo de las tablas y coberturas dentro de ArcMap, dar clic derecho sobre la *Feature Class*, ir a *Properties* y en la ventana que se abre asignar el alias, el proceso se muestra a continuación en la Figura. A4.32.

⁴⁴ Es un nombre alternativo que describe de mejor manera el contenido del campo o de la tabla de la entidad.

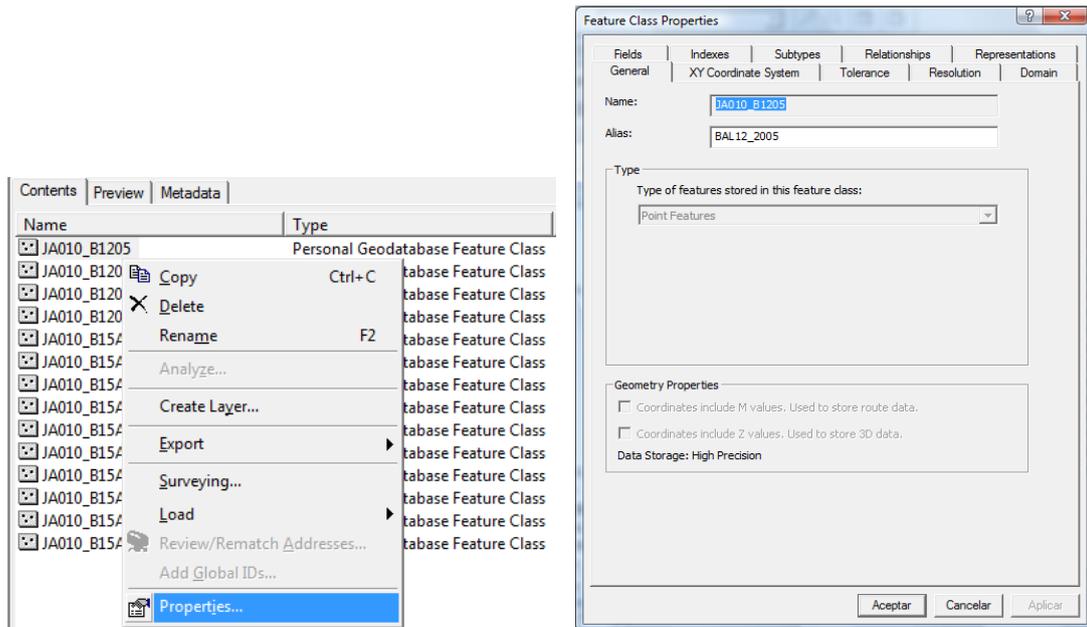


Figura. A4.32. Procedimiento para definir el alias del *Feature Class*.

- Entidad Topológica (Topology Class)

Dentro de una geodatabase es posible aplicar leyes topológicas para validar la integridad geométrica de las coberturas. Esto es posible creando una *Topology Class* dentro de un *Feature Dataset*.

1. En ArcCatalog (Figura. A4.33), dentro de un *Feature Dataset* dar clic derecho sobre la ventana de contenidos, ir a *New* y seleccionar *Topology*, como muestra la siguiente figura:

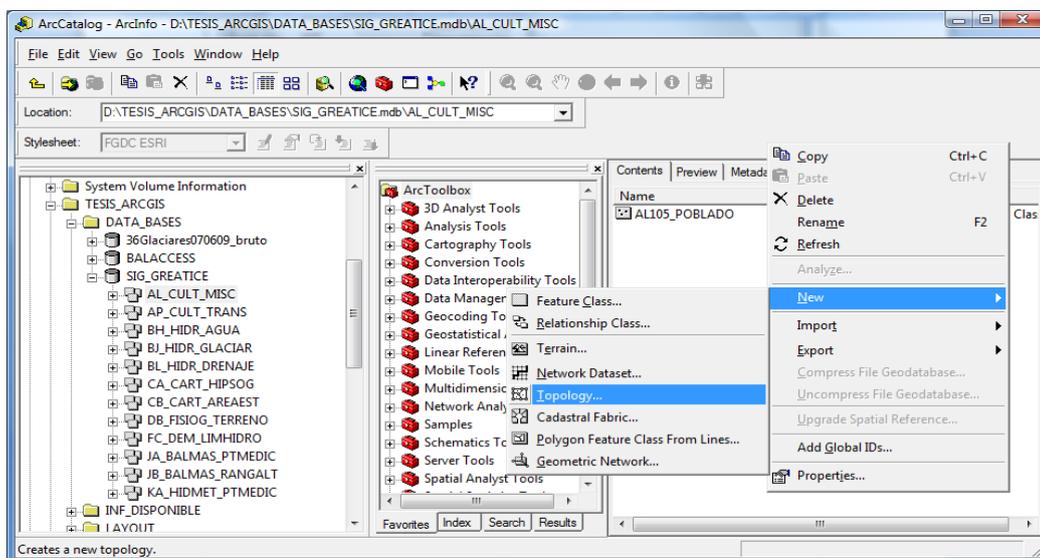


Figura. A4.33. Creación de una Entidad Topológica

2. Este proceso tiene una secuencia de ventanas (Figura. A4.34). La primera da una breve explicación acerca de lo que se consigue mediante la topología. En la siguiente ventana permite definir el nombre de esta cobertura. Posteriormente aparece una ventana que permite seleccionar los *Feature Classes* a los que se desean aplicar las leyes topológicas. En la siguiente ventana no se modifica ningún valor.

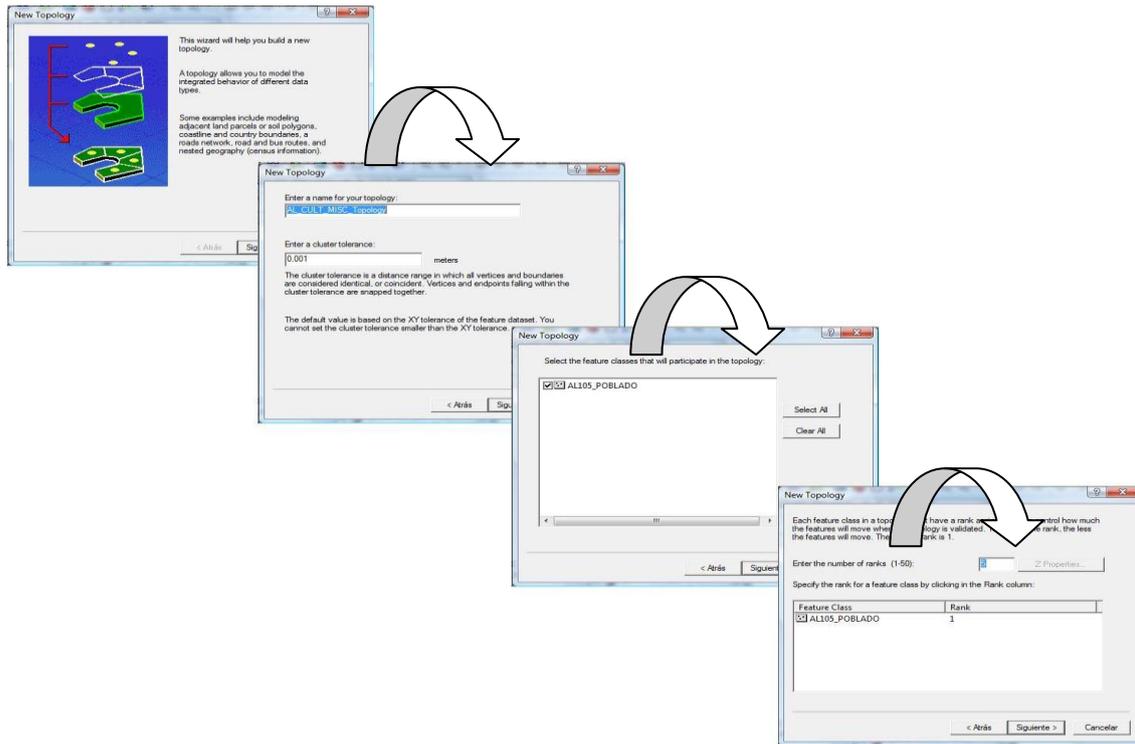


Figura. A4.34. Secuencia del proceso para crear una Topology Class

3. Finalmente se llega a la pantalla en la que se definen las reglas topológicas que van a ser aplicadas, éstas varían dependiendo del tipo de *Feature Classes* (polígono, polilínea, línea, punto, etc.). Las que se aplicaron en este proyecto de grado están detalladas en el *Capítulo 4, literal 4.4.1*.

Dar clic sobre Añadir Regla (*Add Rule...*) y en la ventana que se abre escoger las reglas que se desean aplicar. Una vez seleccionadas todas, finalizar el proceso. Este proceso se puede observar en la Figura. A4.35.

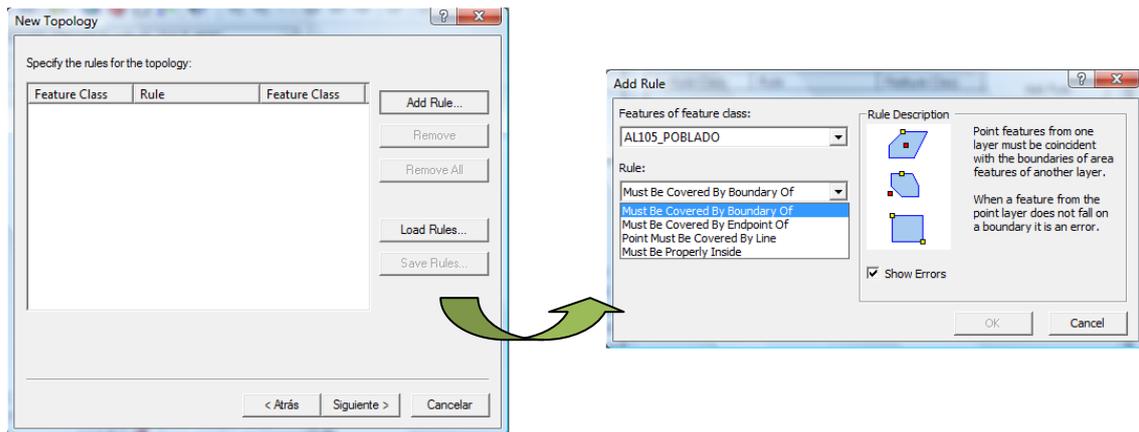


Figura. A4.35. Definición de reglas topográficas a ser aplicadas.

- Desde ArcMap (Figura. A4.36), añadir (*Add Data* ) la entidad topológica creada. Se muestra una ventana preguntando si desea añadir las coberturas que participaron en la topología, aceptar.

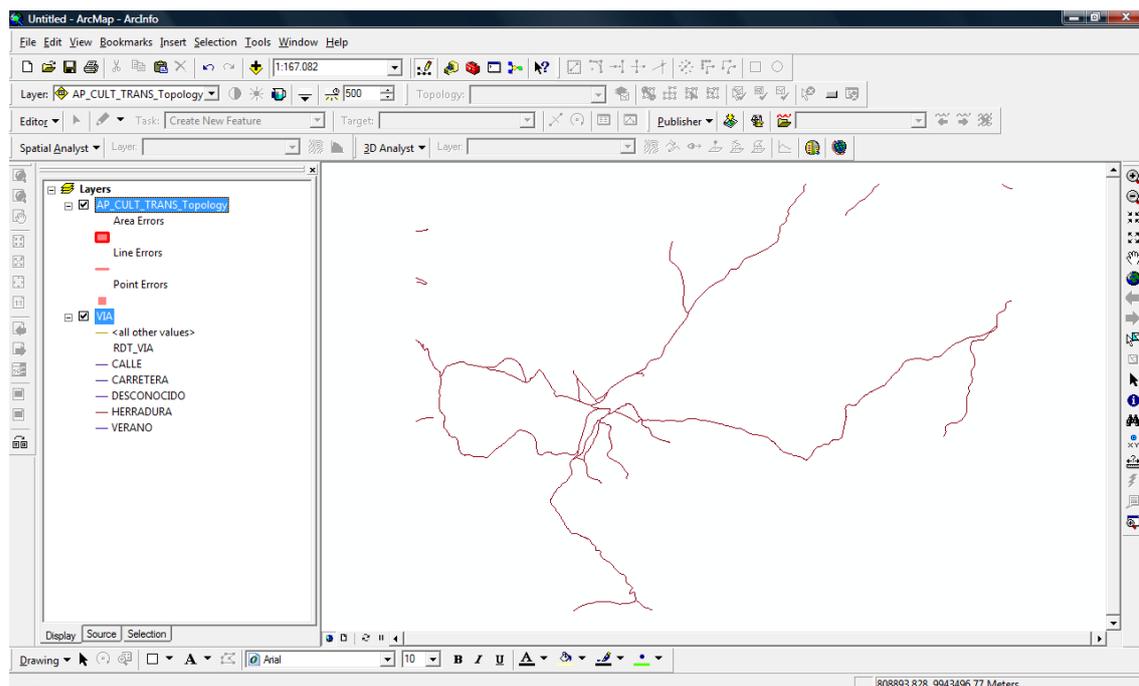


Figura. A4.36. Entidad topológica y entidades participantes.

- De existir errores ir a la barra de herramientas de edición (*Editor*), dar clic en *Edit*, seleccionar *Start Editing*. De inmediato se activará la barra de herramientas de topología (*Topology*), que se muestra en la figura A4.37.



Figura. A4.37. Barra de herramientas de topología.

6. El botón  despliega una ventana que muestra todos los errores existentes (figura A4.38). Dando clic derecho sobre uno de éstos, muestra las soluciones que pueden arreglarlo.

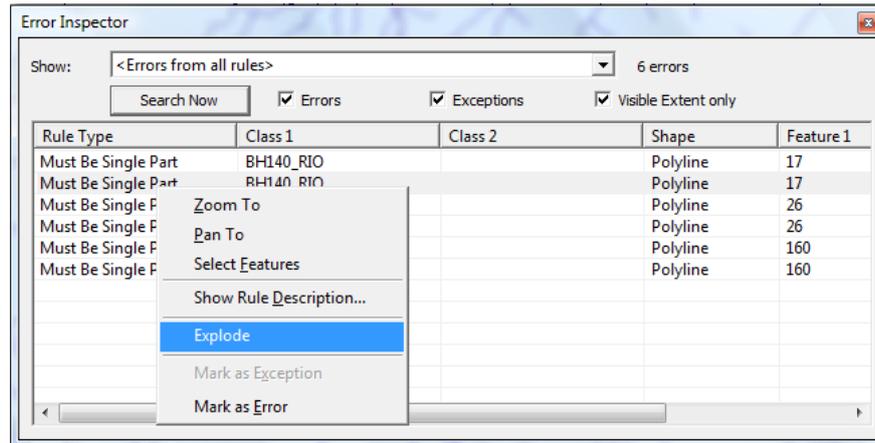


Figura. A4.38. Errores aplicando reglas topológicas

Nota: Es necesario comprobar cómo modifica la aplicación de estas soluciones ya que en ocasiones realizan cambios diferentes a los que se espera. Si se da el caso es necesario ir corrigiendo manualmente, es decir, seleccionando la opción Modificar Entidad (*Modify Feature*) ubicada en la barra de herramientas de Edición (*Editor*) y con el puntero  (corrección de errores de topología) que puede ser seleccionado en la barra de herramientas de topología. Ver Figura. A4.39.

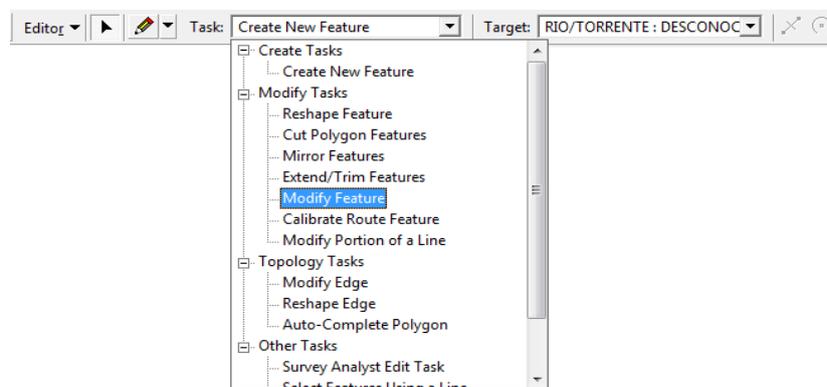


Figura. A4.39. Opción para corregir los errores de forma manual.

7. Con los botones , es puede validar los cambios que se han realizado.
8. Si existen excepciones para aplicar la topología, marcarlas como excepciones, dando clic derecho sobre el error, en la tabla de errores (Figura. A4.38).
9. Finalmente ir a *Editor*, seleccionar *Stop Editing* y guardar los cambios.

4.7. Metadatos

4.7.1. Generación de metadatos

- Ingreso a la página de GeoNetwork
 1. Ir a *Inicio / Todos los Programas* y buscar la carpeta de GeoNetwork. Dentro de ésta dar clic sobre *Start Server* y esperar unos segundos hasta que finalice la ejecución del servidor.
 2. Ir nuevamente a la carpeta de GeoNetwork y dar clic sobre *Open GeoNetwork Opensource*. Se abrirá el Explorador de Windows con la página de GeoNetwork (Figura. A4.40).

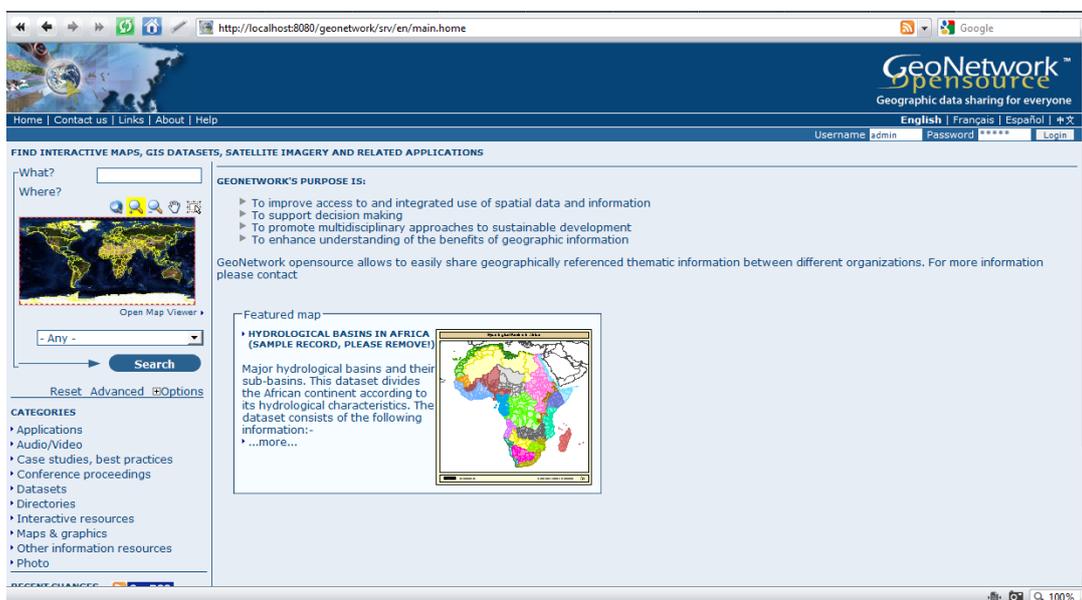


Figura. A4.40. Ventana principal de Geonetwork.

3. En la parte superior derecha de la pantalla (Figura. A4.41), escoger el idioma e iniciar sesión. Usuario y contraseña (*User* y *Password*) es la palabra *admin*.

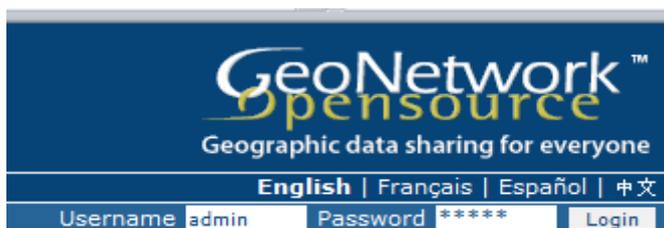


Figura. A4.41. Sección de Geonetwork para ingresar nombre de usuario y contraseña.
 4. Ir a la parte superior izquierda de la página (Figura. A4.42) y escoger la pestaña Administrador que aparece después de haber iniciado sesión.



Figura. A4.42. Iniciar sesión como Administrador.

5. Se desplegará el menú *Administrador* (Figura. A4.43), en el que se debe seleccionar *Nuevo Metadato*. Posteriormente, en la ventana *Creación de un Metadato*, se debe definir el estándar bajo el cual se va a generar el metadato, escoger *Template for Vector data in ISO 19139 (preferred)* y dar clic sobre la opción *Crear*.

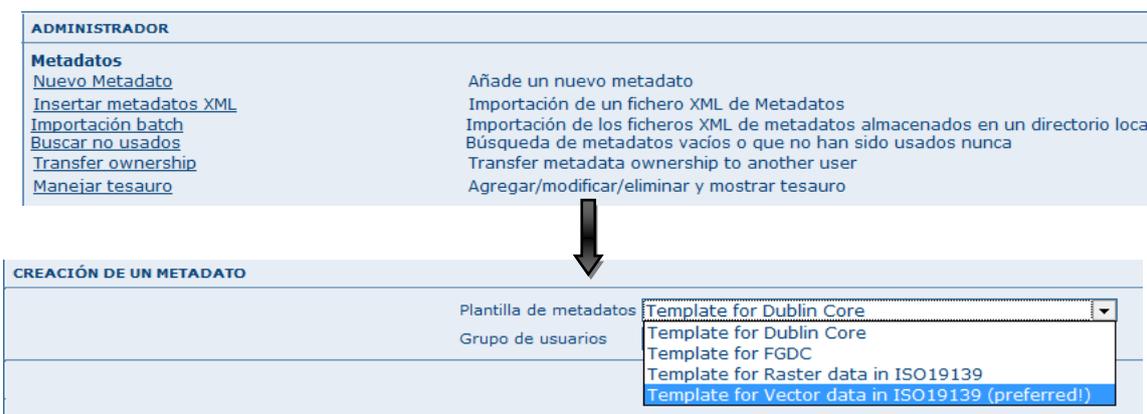


Figura. A4.43. Procedimiento para crear un nuevo metadato.

- Llenar metadato

La información que se debe completar puede ser mandatoria (*) u opcional. Se abre un formulario que posee información estructurada y clasificada en cinco campos.

1. El primero es sobre la información de identificación (Figura. A4.44):

The screenshot shows a metadata identification form with several sections and callouts:

- Identification info:**
 - Title: JA010_B1204 (Callout: Código de la entidad)
 - Date: 2004-01-15T17:07:00
 - Date Type: creation
 - Presentation Form: mapDigital
 - Abstract: UBICACION GEOGRAFICA DE BALIZAS (ESTACAS) DE LA LENGUA ALFA DEL GLACIAR NUMERO 15 DEL VOLCAN ANTISANA (Callout: Sobre qué es la información)
 - Purpose: OBSERVACION DE DISTRIBUCION EN EL GLACIAR (Callout: Propósito de creación)
 - Status: completed
- Point of contact:**
 - Individual Name: CACERES,BOLIVAR (Callout: Apellido, Nombre)
 - Organisation Name: INAMHI-IRD
 - Position Name: TECNICO CONVENIO INAMHI-IRD
 - Voice: 022269276
 - Facsimile: 022269276
 - Delivery Point: INAQUITO Y KOREA
 - City: QUITO
 - Administrative Area: PICHINCHA
 - Postal Code: EC170135
 - Country: ECUADOR
 - Electronic Mail Address: (empty)
 - Role: originator
- Point Of Contact:** PointOfContact
- Maintenance And Update Frequency:** annually
- Access Constraints:** restricted
- Use Constraints:** restricted
- Other Constraints:** PERMISOS DE USO
- Spatial Representation Type:** vector
- Equivalent scale:**
 - Denominator: 50000 (Callout: Escala sin punto)
- Language:** Spanish; Castilian
- Character Set:** utf8
- Topic Category Code:** location
- Temporal Extent:**
 - Identifier: JA010_B1204 (Callout: Código de la entidad)
 - Begin Date: 2004-09-01T17:40:00
 - End Date: 2005-12-30T17:41:00 (Callout: Fechas entre las que es válida la cobertura)
- Geographic bounding box:**
 - North bound latitude: 1.43778
 - West bound longitude: -91.6639
 - East bound longitude: -75.21684
 - South bound latitude: -5.00031
 - Country: Ecuador (Callout: Ecuador)

Figura. A4.44. Información de identificación del metadato

2. El campo mostrado en la figura A4.45 se completa con información referente a la publicación de la información en internet. Esta parte no fue llenada ya que la información que se maneja no va a ser publicada en la WEB. Esta sección se cierra dando un clic en la equis (x) junto *Distribution info*.

The image shows a web form titled "Distribution info" with three sections for "OnLine resource". Each section contains input fields for "URL", "Protocol", and "Description", along with a "Seleccionar" button and an "Actualización" button. The second section is pre-filled with a URL and a file name.

Figura. A4.45. Información de publicación en el metadato.

3. La siguiente parte corresponde al sistema de referencia. Aquí se completa en base a la siguiente tabla de códigos:

Tabla. A4.2. Códigos EPSG⁴⁵ más importantes de la región (Colombia – Ecuador – Perú – Bolivia)

UTM huso	datum: WGS84	datum: PSAD56
15 S	32715	24875
17 S	32717	24877
18 S	32718	24878
19 S	32719	24879
20 S	32720	24880
21 S	32721	24881
Lat/Lon	WGS84	
	4326	

Fuente: EPSG en Guía de Generación de Metadatos

⁴⁵ European Petroleum Survey Group

“...Estos códigos EPSG permiten expresar una proyección con un número y son prácticamente estándar internacional...”⁴⁶

4. La siguiente sección es la correspondiente a la calidad de los datos como muestra la Figura. A4.46.

Figura. A4.46. Información sobre la calidad de los datos en el metadato.

En el nivel de jerarquía se debe definir si es una cobertura (feature), en conjunto de datos (dataset), modelo (model), software, entre otros, dependiendo las características de la información.

En *Statement* se debe incluir todo sobre cómo fue generada la información, método, equipo y parámetros importantes.

5. La quinta sección mostrada en la figura A4.47 es sobre la información del metadato en sí y sobre su autor.

Figura. A4.47. Información del metadato.

⁴⁶ SENPLADES, *Guía de Generación de Metadatos*

Finalmente se encuentra el siguiente menú:



En vista previa se puede incorporar la vista de la cobertura añadiendo el archivo con extensión shp. Esto es opcional.

Al haber completado toda la información en el metadato, dar clic en *Salvar y comprobar*. Al estar correctamente llenado (Figura. A4.48) no existirá ningún problema y se tendrá el siguiente mensaje:



Figura. A4.48. Mensaje de validación exitosa del nuevo metadato.

Los problemas más frecuentes son colocar el punto del mil o millón en la escala, no cerrar la sección de publicación en internet si no se la completa, colocar el sistema de referencia más no el código EPSG del mismo. Cuando existen estos errores, al validar el metadato se tendrá el siguiente mensaje: Figura. A4.49



Figura. A4.49. Mensaje de validación exitosa pero con errores del nuevo metadato

Una vez validado correctamente el metadato dar clic en la opción *Salvar y cerrar*. El metadato es presentado con la información llenada de la manera que lo muestra la Figura A4.50:

JA010_B1205

Logo 

Identification info

Title	JA010_B1205
Date	2008-01-15T13:27:00
Date Type	creation
Edition	1
Presentation Form	mapDigital
Abstract	UBICACION GEOGRAFICA DE BALIZAS (ESTACAS) DE LA LENGUA DE GLACIAR NUMERO 12 (CRESPOS) DEL VOLCAN ANTISANA PARA EL AÑO 2005
Purpose	OBSERVACION DE DISTRIBUCION EN EL GLACIAR
Status	completed

Point of contact

Individual Name	CACERES,BOLIVAR
Organisation Name	INAMHI-IRD
Position Name	TECNICO CONVENIO INAMHI-IRD
Voice	022269276
Facsimile	022269276
Delivery Point	INAQUITO Y KOREA
City	QUITO
Administrative Area	PICHINCHA
Postal Code	EC170135
Country	ECUADOR
Electronic Mail Address	
Role	originator

Maintenance And Update Frequency notPlanned
 Descriptive Keywords BALIZA (theme).
 Descriptive Keywords Ecuador (place).

Figura. A4.50. Presentación final del metadato.

Se puede observar en la parte superior derecha el botón , éste permite guardar el metadato con formato *.xml.

Guardar este archivo en la carpeta *METADATOS* nombrándolo con el código de la entidad (ej. JA010_B1205)

4.7.2. Implementación del metadato

1. En ArcCatalog, en el *Árbol de Catálogo*, ubicar la cobertura a la que se desea agregar el metadato.
2. En las pestañas de la ventana de contenidos seleccionar **Metadato**. Automáticamente se activará la barra de herramientas de metadatos (*Metadata*). Esto se muestra en la siguiente figura:

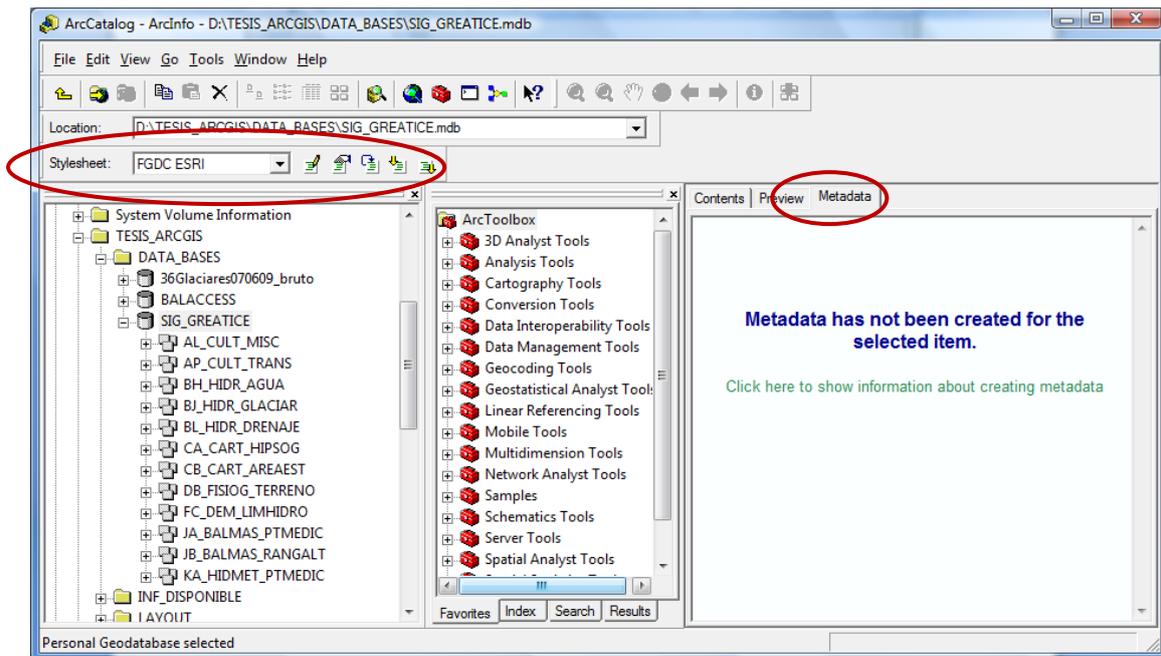


Figura. A4.51. Activación de la barra de herramientas Metadato en ArcCatalog

3. Dar clic en el botón de importar metadato  e ir a la ubicación del archivo XML que se desea ingresar (carpeta *METADATOS*) y seleccionarlo. Dar clic en Aceptar. El formato en el que se presenta el metadato es XML.
4. En la barra de herramientas del metadato escoger el tipo de vista como ISO 19139 ya que el metadato fue validado bajo esta norma. La vista que se presenta es amigable con el usuario como se aprecia en la figura A4.52.

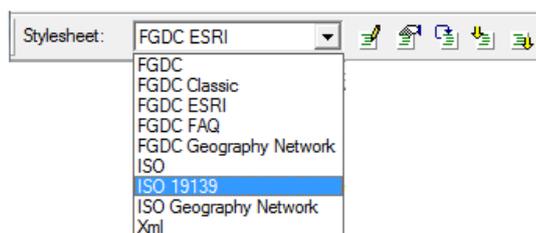


Figura. A4.52. Selección del tipo de vista del metadato.

4.8. Herramienta de consulta

4.8.1 Requisitos para la implementación

Para la utilización e implementación adecuado de los formularios, es necesario seguir los siguientes pasos previos:

1. Instalar los controles ActiveX de Visual Basic 6.0 Profesional
2. Crear las referencias dentro del editor VBA de ArcGIS

Para la instalación de los controles ActiveX de Visual Basic 6.0 Profesional se deben realizar los siguientes pasos:

1. Insertar el CD de Instalación,
2. Aceptar el contrato de licencia de usuario
3. Escribir el número ID del producto: **876-XXXXX**
4. **Seleccionar:** Instalar Visual Basic 6.0 Edición profesional
5. **Seleccionar:** Instalación Personalizada
6. **Seleccionar:** ActiveX, y Acceso a Datos

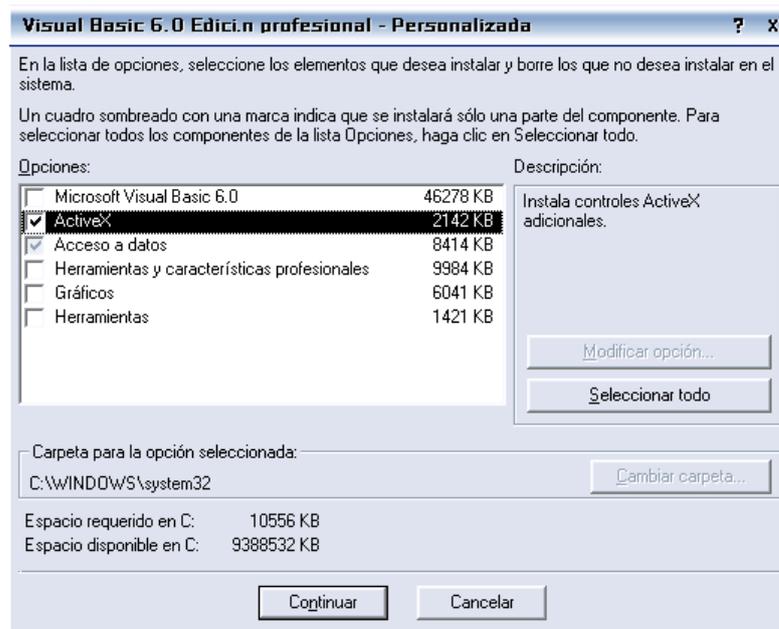


Figura. A4.53. Ventana inicial para la instalación de los controles ActiveX de Visual Basic 6.0 Profesional

7. **Continuar** con el proceso de instalación hasta finalizar.

Nota: esto se realiza para poder utilizar ciertos controles en los formularios, que sin su instalación se mostrará un error indicando que el control no tiene una licencia.

Después de haber instalado los controles ActiveX y de Acceso a Datos, se debe referenciar en el editor de aplicaciones VBA de ArcGIS, las librerías que usarán los formularios:

1. Abrir ArcGIS
2. Presionar ALT + F11, para abrir el Editor de Visual Basic
3. Dentro del Editor de Visual Basic, hacer clic en Tools > References y seleccionar las siguientes:
 - Microsoft ActiveX Data Objects 2.7 Library o Superior
 - Microsoft ActiveX Data Objects Recordset 2.8 Library o Superior
 - Microsoft ADO Ext. 2.8 for DDL and Security o Superior
 - Microsoft FlexGrid Control 6.0
 - Microsoft Excel 11.0 Object Library o Superior

En la siguiente pantalla se muestra cómo deberían quedar seleccionadas las referencias a librerías externas para que los formularios puedan funcionar sin complicaciones:

Nota: sí no se encuentra la librería Microsoft FlexGrid Control 6.0, hacer clic en el botón Browse (Examinar), ir al directorio C:\WINDOWS\system32 y seleccionar el archivo **msflxgrd.ocx**

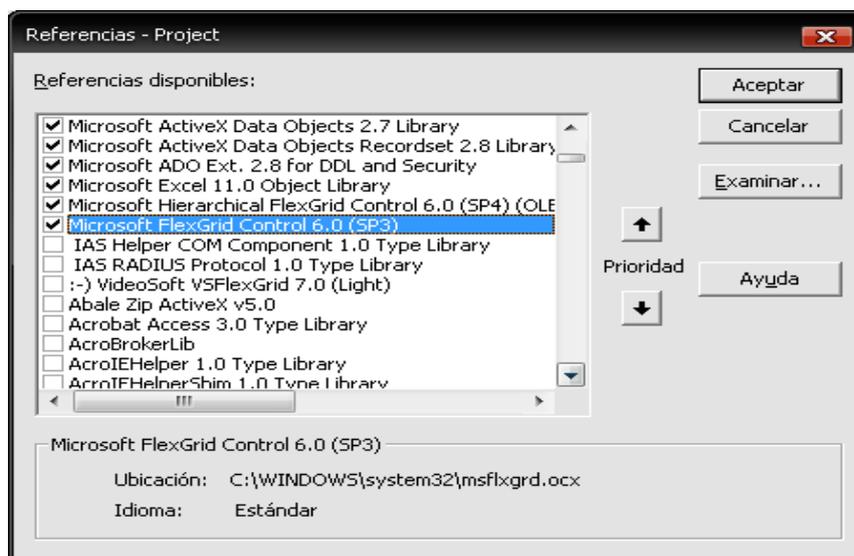


Figura. A4.54. Ventana de referencias a librerías externas

4.8.2 Creación de botón para llamar a los formularios de programación

A continuación se describe el procedimiento para crear una barra de herramientas, y botones para llamar a los formularios que se ha programado.

1. En ArcMap (Figura A4.55), hacer clic derecho sobre la barra de herramientas en un lugar vacío y seleccionar **Customize...** para crear una nueva barra de herramientas.

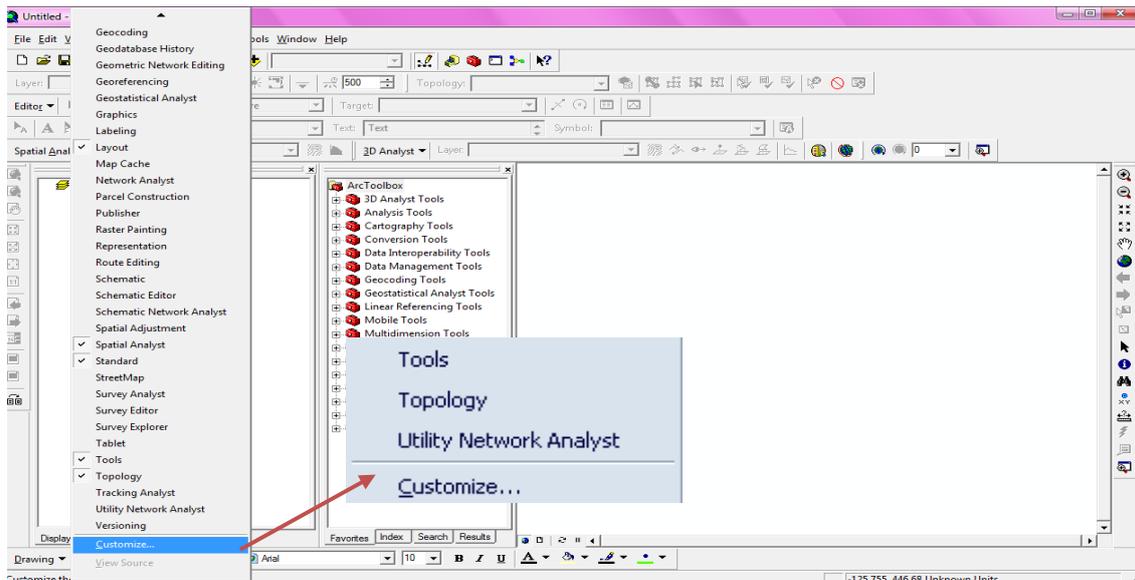


Figura. A4.55 Procedimiento para creación nueva barra de herramientas

2. Aparece una ventana, (Figura A4.56), que permite crear, renombrar o eliminar barra de herramientas de la aplicación. En la pestaña **Commands**, se crean los botones que serán arrastrados a una barra de herramientas para su futura visualización.

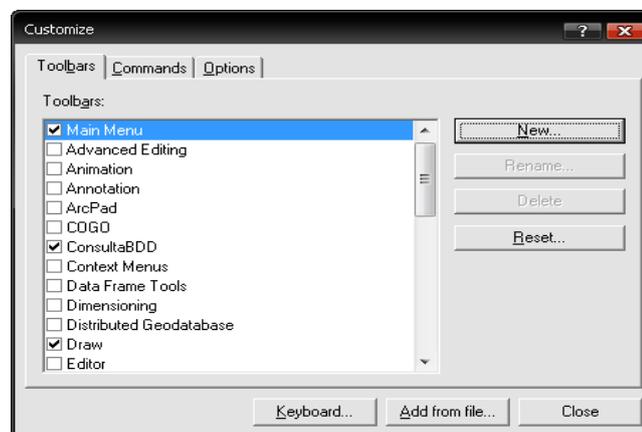


Figura. A4.56. Ventana *Customize* para administración de herramientas

- Dentro de la ventana de creación de barra de herramientas, hacer clic en el botón **NEW** para crear una barra de herramientas, aparece otra ventana donde se debe definir el nombre de la barra de herramientas y en qué documento de ArcMap (layout) se desea crearla (Figura A4.57):



Figura. A4.57. Ventana New Toolbar

- Una vez creada la barra de herramientas se debe crear un botón que llamará a la interface de consulta. Para esto hacer clic en la pestaña de Commands, seleccionar la categoría UIControls, y dar clic en el botón New UIControl (Figura A4.58.)

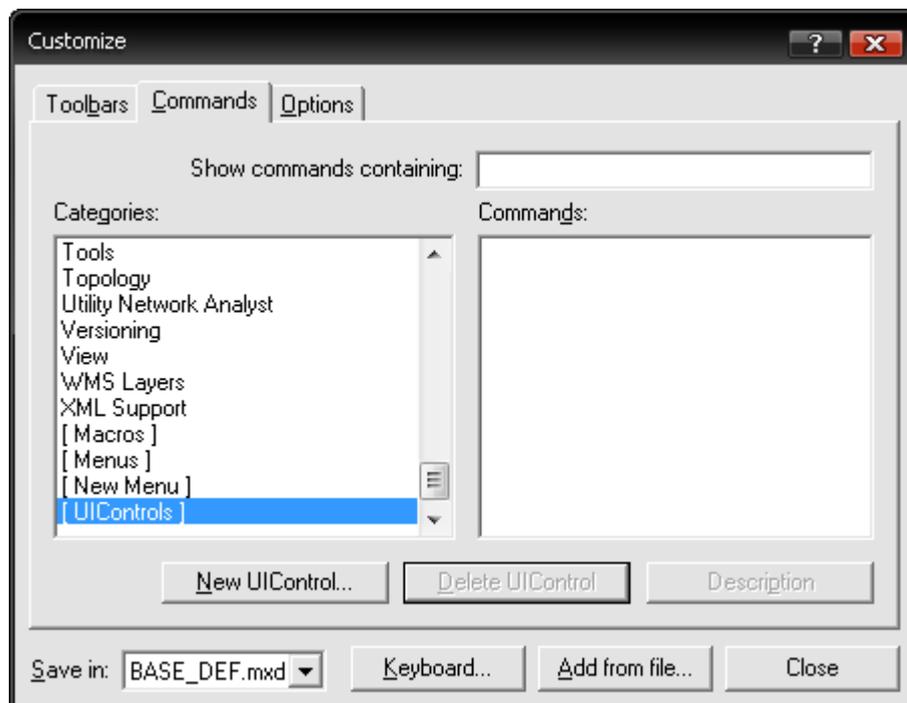


Figura. A4.58. Creación del botón para abrir interface

- Después de hacer clic en el botón es necesario seleccionar el tipo de control que se desea crear (Figura A4.59). Para la consulta alfanumérica es necesario un botón tipo *UIButtonControl* (abre la interfaz), mientras que para los botones de consulta geográfica es necesario el botón tipo *UIToolControl* (permite dibujar el polígono de selección) y *UIComboBoxControl* (despliega los tipos de estación de medición).

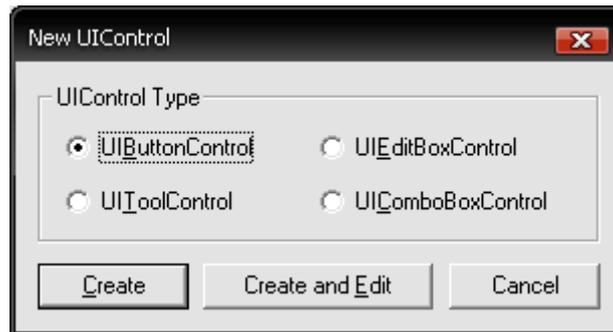


Figura. A4.59. Opciones de tipo de control

- Una vez creados y nombrados los botones (Figura A4.60), éstos deben ser arrastrados hacia la barra de herramientas creada anteriormente, además se añadió tres botones para visualización (Figura A4.61).

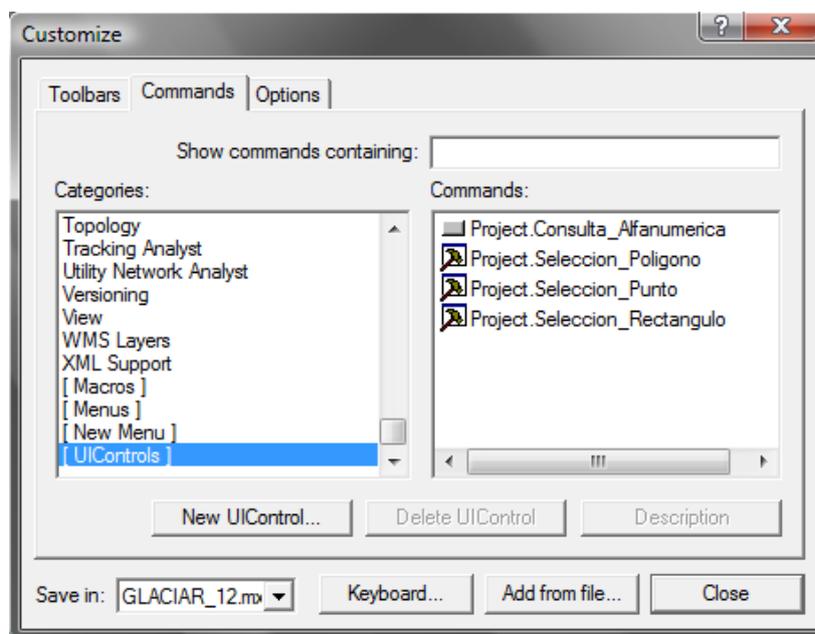


Figura. A4.60. Creación de botones con sus respectivos nombres

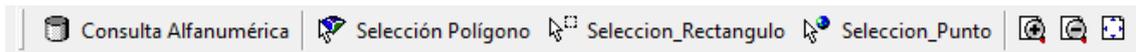


Figura. A4.61. Adición del botón a la zona de barra de herramientas

7. Este paso se realiza por cada botón nuevo que se cree y se desee mostrar en la barra de herramientas personalizada.
8. Abrir el Editor de Visual Basic (Alt + F11) e importar los formularios *frmConsultasBaliza* y *frmConsultasPluvioMeteo* para los layouts de glaciares y el de estaciones de medición, respectivamente.
9. En el Editor de Visual Basic, ir a los objetos de ArcMap y abrir el archivo *ThisDocument* (Figura A4.62), aquí copiar la codificación de la *Consulta geográfica – Anexo 2*.

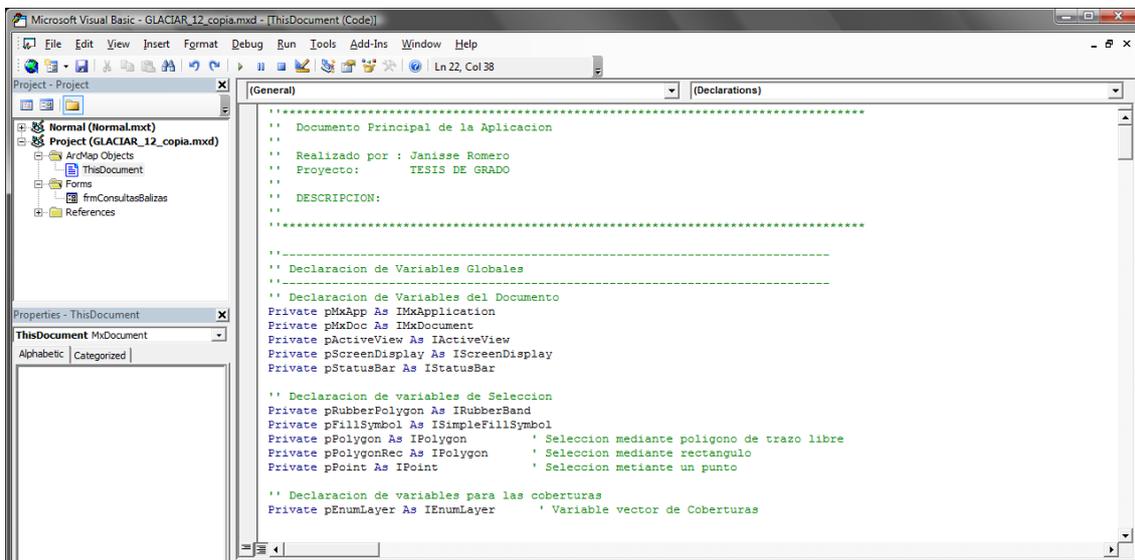


Figura. A4.62. Codificación de consulta alfanumérica

Nota: existe un problema con el control MS FlexGrid por una actualización de seguridad de Windows XP o Windows Vista, por lo que es necesario cambiar una clave del registro de Windows. Se recomienda mantener el valor de la siguiente clave en 0 para evitar cualquier inconveniente:

HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\Internet Explorer\ActiveX Compatibility\{6262D3A0-531B-11CF-91F6-C2863C385E30}

Compatibility Flags = 0

4.9. Implementación herramienta de Cálculo

1. Abrir un documento nuevo de ArcMap.
2. En el área de *ArcToolbox*, dar clic derecho sobre  *ArcToolbox* , (Figura. A4.63.), y seleccionar *Add Toolbox*.
3. Se abrirá una ventana, (Figura. A4.63.), en la que se debe cargar la herramienta, dirigiéndose hacia el disco D:\TESIS_ARCGIS\MODEL_BUILDER, seleccionar la herramienta y abrir.

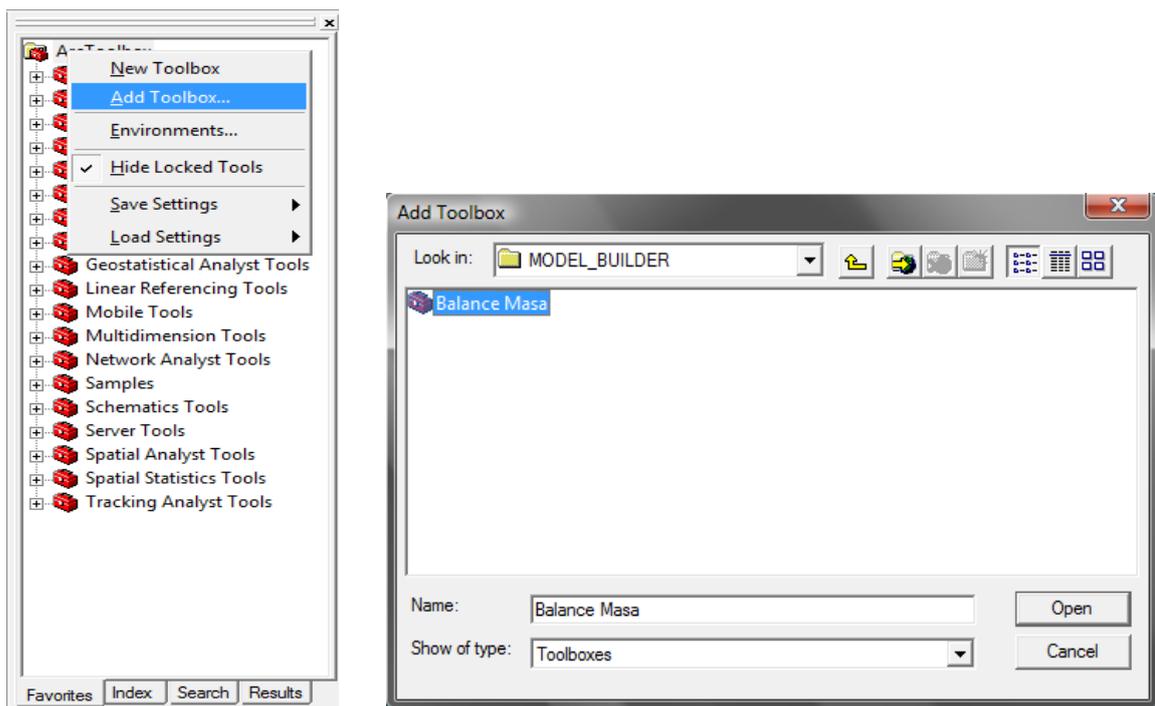


Figura. A4.63. Procedimiento de implementación de herramienta de cálculo

4. La herramienta se cargará en el área de herramientas *ArcToolbox* con el nombre de *Balance Masa*, (Figura. A4.64.)

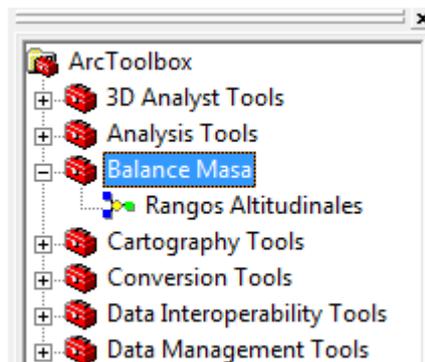


Figura. A4.64. Herramienta de cálculo cargada en *ArcToolbox*

ANEXO 5

MANUAL DE USUARIO

5.1. Introducción

En este documento se explica el manejo que debe tener las herramientas de consulta y de cálculo desarrolladas para el análisis de retroceso de los glaciares del volcán Antisana. Se detalla pasos como el ingreso a ArcMap 9.3, activación de herramientas además de las condiciones de uso de las herramienta personalizada.

Esta herramienta está guardada en todos los documentos de ArcMap (layouts) que se generó para la realización del proyecto de Tesis. Si es necesario crear un documento nuevo, los pasos para cargar la herramienta están detallados en el *Anexo 4 – Manual Técnico*

La barra de herramientas fue desarrollada para facilitar el manejo de los datos alfanuméricos desde el SIG. Además de las aplicaciones desarrolladas exclusivamente para el Proyecto Glaciares, se incorporó herramientas propias de ArcMap que serán necesarias para la visualización de los datos.

La ubicación en la ventana de ArcMap de las barras de herramientas que se mencionan durante esta explicación se encuentra representada en el *Anexo 4 – Manual Técnico, literal 4.2.*

5.2. Ingreso a ArcMap, manejo de layouts (*.mxd) y activación de barras de herramientas

1. Para abrir *ArcMap* ir a *Inicio, Todos los programas, ArcGis* y seleccionar la opción *ArcMap*.

2. Se abre un documento vacío de *ArcMap* con una ventana, (Figura. A5.1.), que permite seleccionar si se desea abrir un documento vacío (*A new empty map*), una plantilla (*A template*), o un documento existente (*An existing map*). En esta ventana se debe seleccionar la primera opción.

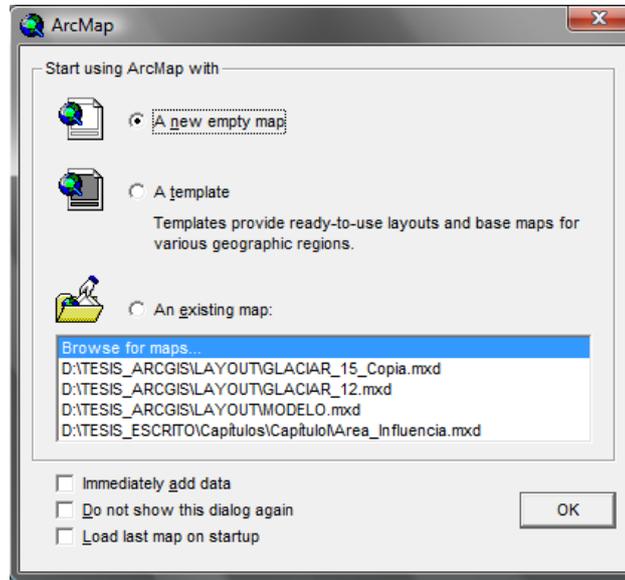


Figura. A5.1. Ventana de selección para abrir un documento de ArcMap

3. Para abrir uno de los mapas del proyecto, en el menú principal (*Main menu*), ir a *File* y seleccionar *Open...* Posteriormente se abrirá una ventana en la que se debe buscar el *layout* que se desea cargar.

Nota.- Los *layouts* base (base cartográfica, glaciares 12, 15 α y 15 β y estaciones de medición y cuencas) están ubicados en el Disco *D/TESIS_ARCGIS/ LAYOUTS*. Otros *layouts* generados para la realización del proyecto de tesis se encuentran en *D/TESIS_ARCGIS/DOCUMENTOS/CAPÍTULOS*. Todos estos documentos de ArcMap tienen cargada la herramienta personalizada para este proyecto.

Los *layouts* de este proyecto tienen escala fija por lo que las herramientas *Zoom in* y *Zoom out* de la barra *Tools* (ver *Anexo 4*) están desactivadas. Por tal razón las herramientas de *Zoom* que pueden ser utilizadas son las de la barra *layout* y que han sido incorporadas en la barra de herramientas personalizada.

Por otro lado, es muy importante conocer cómo se pueden activar o desactivar las diferentes barras de herramientas que pueden ser útiles para el análisis de los datos que maneja el Proyecto Glaciares.

Para activar o desactivar barras de herramientas, desde ArcMap dar clic derecho sobre la zona de la barras de herramientas (parte superior de la pantalla) y se despliega una lista que contiene todas las barras, (Figura. A5.2.).

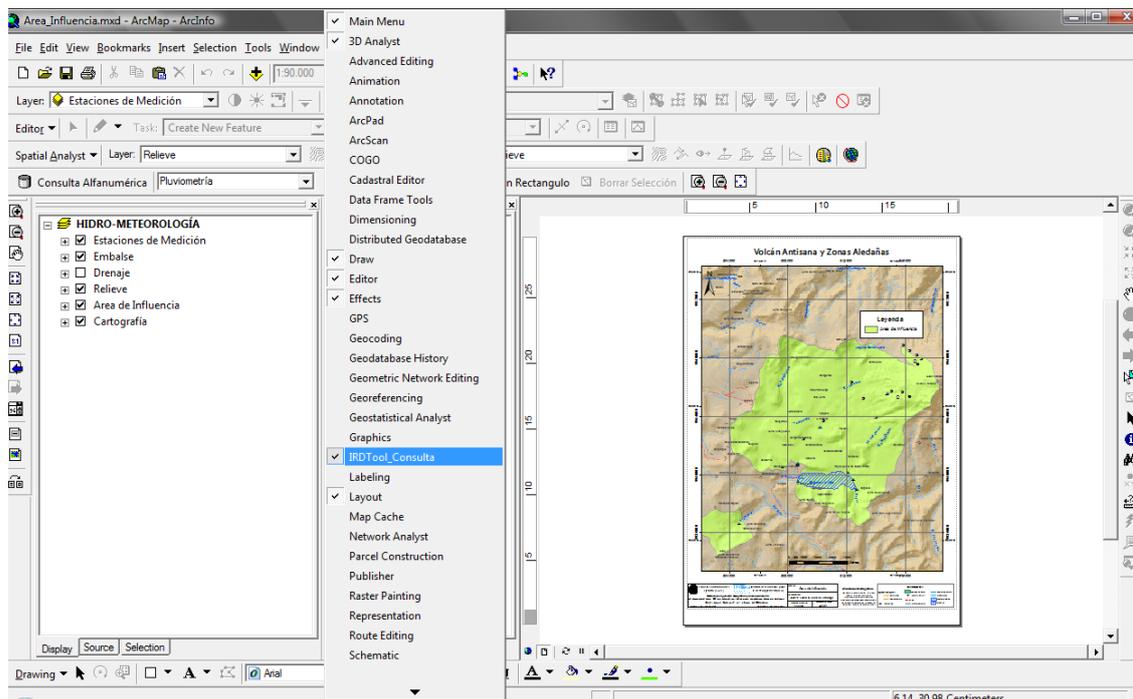


Figura. A5.2. Manejo de barras de herramientas

La barra de herramientas personalizada tiene por nombre *IRDTTool_Consulta*, (Figura. A5.3.), y estará sólo los documentos de ArcMap (*layouts*) generados para este proyecto.



Figura. A5.3. Ubicación de la barra de herramientas personalizada

5.3. Barra de herramientas personalizada (consulta)

Esta barra de herramientas fue diseñada con la finalidad de incorporar la información de bases de datos alfanuméricas a la geodatabase y de esta forma facilitar e integrar el manejo de la investigación que lleva a cabo el Proyecto Glaciares – Ecuador. La función principal de esta barra es permitir consultas a las bases de datos de Access donde se han almacenado los datos obtenidos en campo.

Para el manejo de la información de los glaciares se creó la herramienta que se muestra en la Figura. A5.4.



Figura. A5.4. Barra de herramientas personalizada para Consulta de Balizas

5.3.1. Botón consulta alfanumérica

El botón *Consulta Alfanumérica* llama a la interface que permite filtrar los datos por *Nombre Baliza*, *Año*, *Mes*, *Tabla Relacionada* y *Columnas Tabla*. Además está dotada de tres botones que permiten ejecutar la consulta (*Consulta*), ubicar la baliza seleccionada en el mapa (*Ir a mapa*) y exportar los datos consultados a MS Excel (*Exportar Excel*). Esto se puede apreciar en la Figura. A5.5.

	Balance_masa	Emergencia	Mes medicación	Nombre_bal	Observac
1	-23,5		28 Agosto	L2C	

Figura. A5.5. Interface de consulta de balizas

En el filtro *Nombre Baliza*, sólo en consulta alfanumérica, se despliega todas las balizas desde 2005 a 2008. El filtro *Tabla Relacionada* permite hacer una sola selección mientras que el de *Columnas Tabla* admite realizar selección múltiple. La grilla en la que se presentan los datos consultados tiene la característica que sus columnas pueden ser redimensionadas (ampliar o reducir su tamaño).

Cabe mencionar que la información que existe en la base de datos que contiene la información de balizas (BALACCESS), almacena información desde 2006. Por tanto desde este año en adelante se puede realizar las consultas.

El botón *Ir a Mapa* permite saber la ubicación de la baliza en el mapa. Al dar clic en este botón se pintará de color celeste la baliza consultada (Figura A5.6.)

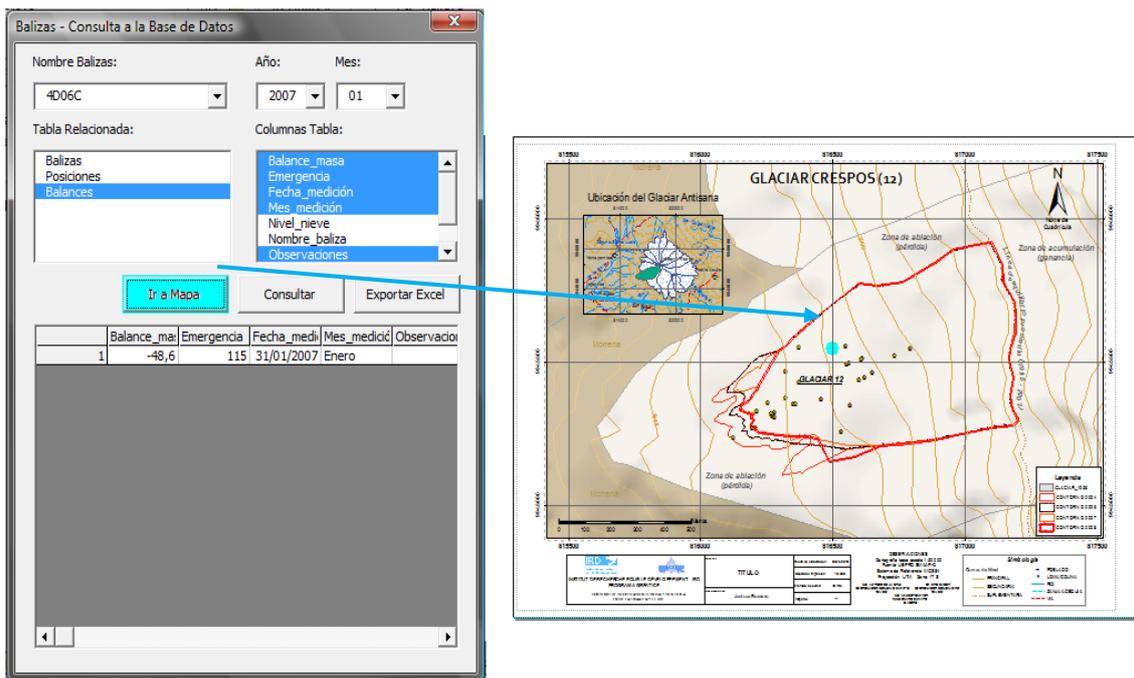


Figura. A5.6. Función del botón *Ir a Mapa*

Esta aplicación tiene algunas condiciones. Por ejemplo, la baliza 015 del glaciar 15 α tiene información geográfica en 2007; y alfanumérica 2006, 2007 y 2008. Si en el filtro de año se desea consultar el año 2008 la consulta alfanumérica se hace sin ningún problema, pero si se da clic en *Ir a Mapa* no se seleccionará nada ya que para ese año no hay información geográfica.

La ausencia de datos geográficos en algunos casos se da porque la baliza no se ha movido considerablemente. Cuando existe información de la misma baliza en años seguidos es porque se han perdido en avalanchas o han quedado ocultas por el incremento de nieve.

El botón *Exportar a Excel* envía los datos consultados a una hoja de cálculo de MS Excel, (Figura A5.7.), para que estos puedan ser almacenados o para realizar cualquier análisis.

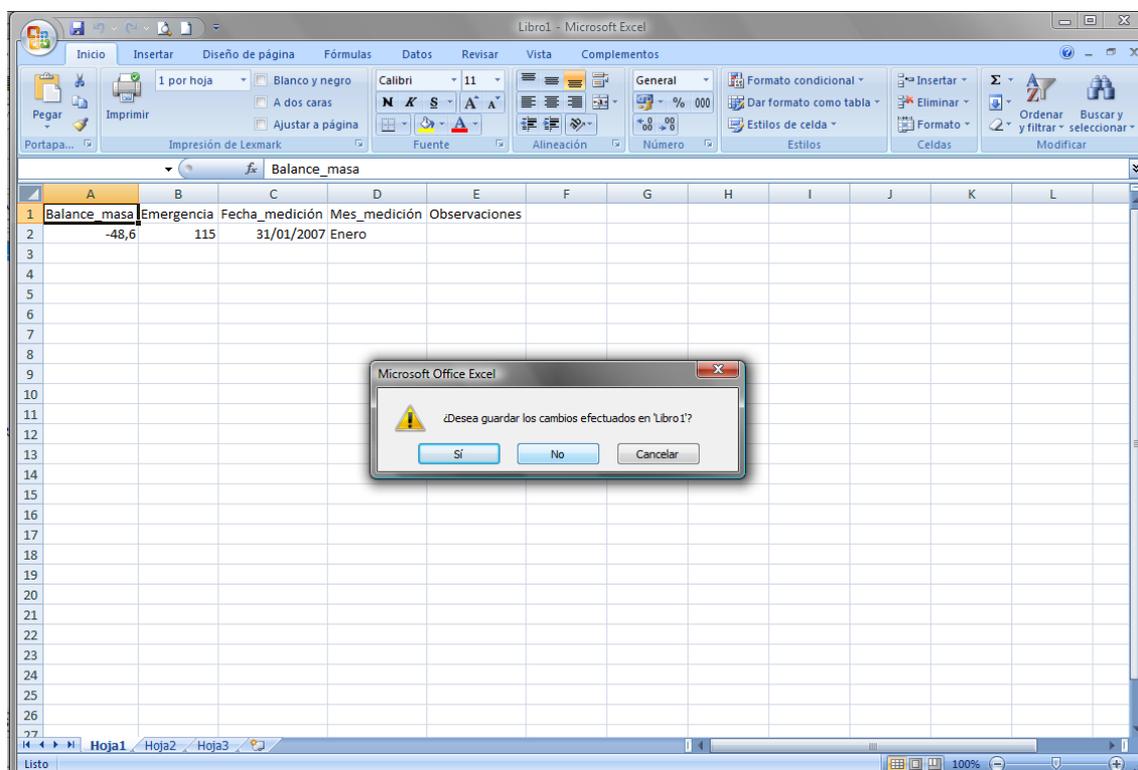


Figura. A5.7. Función del botón *Exportar Excel*

5.3.2. Botones consulta geográfica

Estos botones cumplen la función de seleccionar las balizas o estaciones de medición que se desea consultar.

Los layouts que corresponden a los glaciares y por consiguiente poseen la información geográfica de balizas, tienen tres botones de selección: trazo libre, rectángulo y punto, además uno para borrar la selección, (Figura. A5.8.).

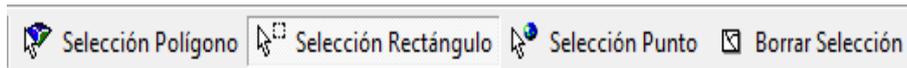


Figura. A5.8. Botones de selección geográfica para consulta de balizas

Los layouts que poseen información de estaciones de medición y cuencas, tienen un botón (combo box) para escoger el tipo de estación a consultar (hidrométrica, meteorológica, pluviométrica), dos botones de selección (polígono trazo libre y rectángulo) y un botón para borrar la selección (Figura. A5.9.)

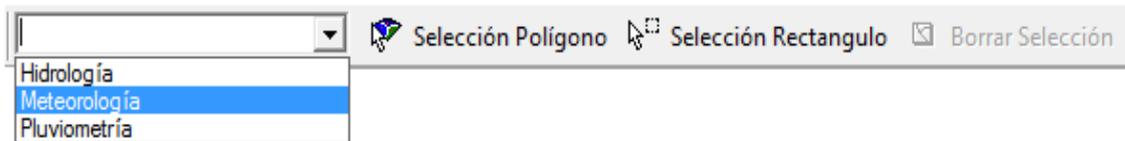


Figura. A5.9. Botones de selección geográfica para consulta de estaciones

El botón *Selección Polígono* permite realizar polígonos de trazo libre para abarcar sólo las balizas o estaciones que sean necesarias, (Figura. A5.10.). El trazo se finalizará dando doble clic.

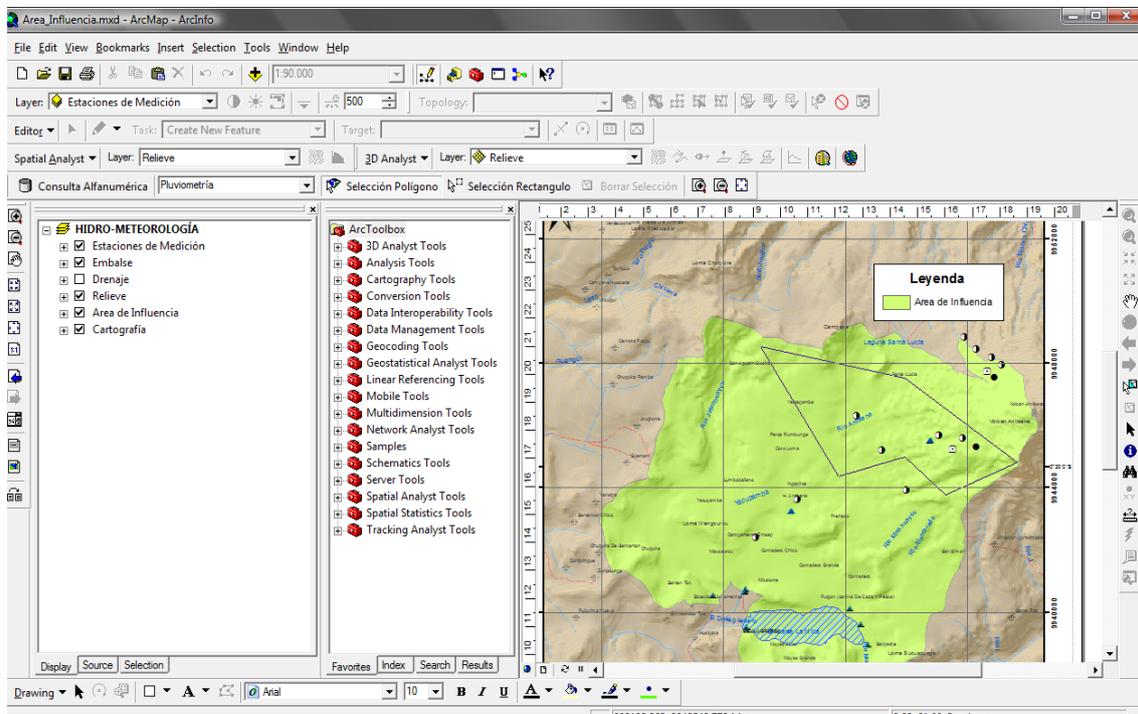


Figura. A5.10. Selección de estaciones mediante polígono de trazo libre

El botón *Selección Rectángulo* permite seleccionar un grupo de balizas mediante el trazo de un rectángulo sobre el grupo que se desee consultar, (Figura. A5.11.)

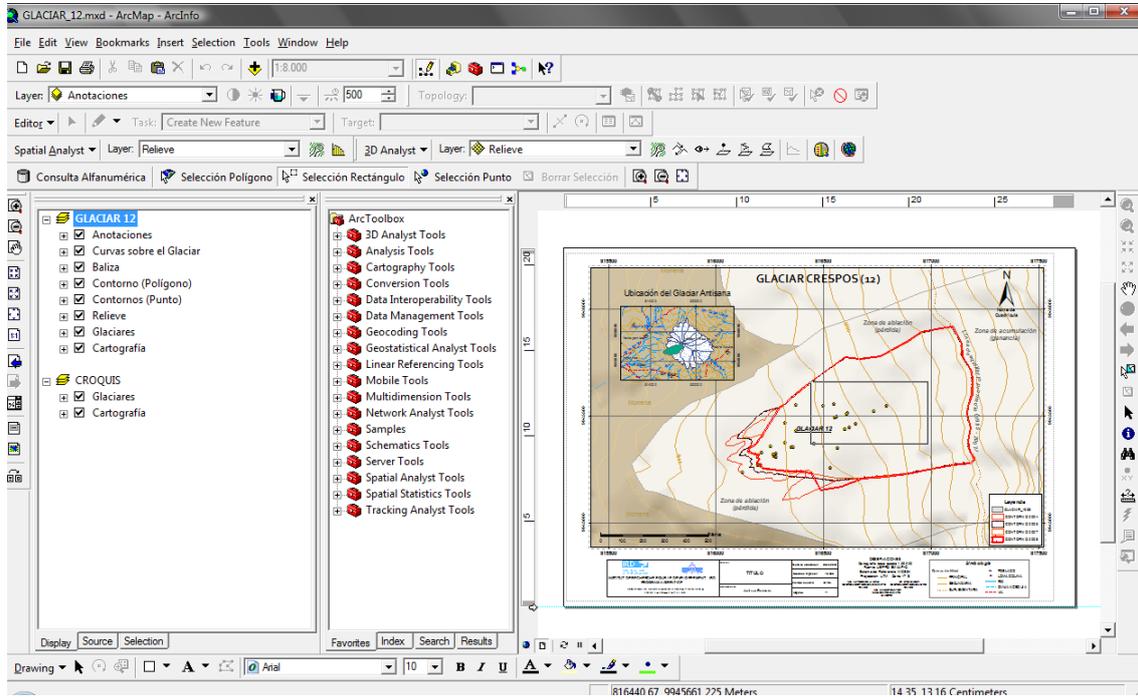


Figura. A5.11. Selección de balizas mediante rectángulo

Nota: cuando se realiza selección de balizas la misma se ejecuta en todas las coberturas que se encuentren activas en la *Tabla de Contenidos*. Cuando se selecciona estaciones sólo participa la cobertura escogida en el combo box de la barra de herramientas personalizada. Esto se aplica para selección mediante polígono de trazo libre o rectángulo.

El botón *Selección Punto* permite seleccionar un elemento a la vez, (Figura. A5.12.). Esta selección debe ser bastante precisa ya que existen balizas o estaciones que están ubicadas muy cerca una de otra y el botón está dotado de un buffer de 2 metros. Para la utilización de este botón es necesario que se haga un acercamiento a la zona de dónde se quiere seleccionar el elemento.

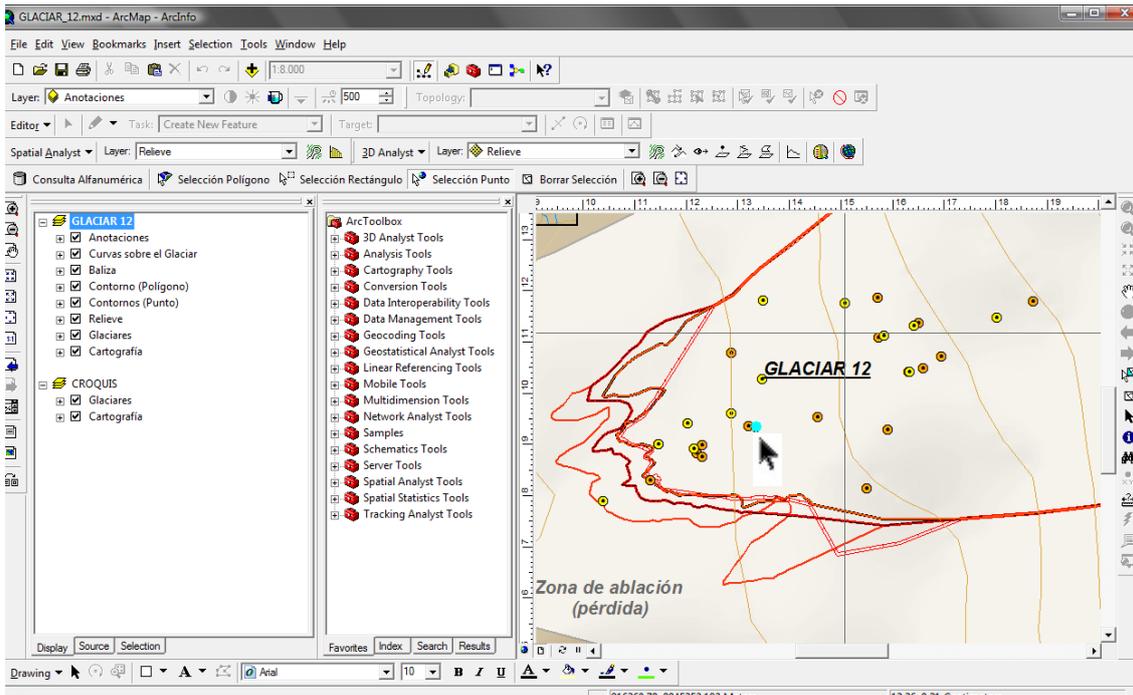


Figura. A5.12. Selección de baliza mediante punto

Nota: Cuando se ejecuta la función de cualquiera de los tres botones antes descritos, inmediatamente aparece la interface de consulta, (*literal 5.3.1 de este anexo*), con el nombre de los elementos seleccionados listos en el combo box, (*Nombre Baliza o Estación de medición*), para realizar la consulta alfanumérica de cada uno.

El botón *Borrar Selección* sirve para corregir o comenzar una nueva selección.

5.3.3. Botones de visualización.

Estos botones se añadió a la barra de herramienta personalizada para permitir hacer acercamientos (*Zoom in*), alejamientos (*Zoom out*) u observar todo el mapa y su diseño (*Zoom whole page*). Estos fueron tomados de los botones propios de ArcGis y se los puede identificar en la siguiente figura:



Figura. A5.13. Botones de visualización

5.4. Herramienta de cálculo

Esta herramienta fue diseñada mediante *Model Buiders* que permite integrar procesos de cálculo para simplificar el trabajo. Su función es calcular superficies parciales de los glaciares en función de las curvas de nivel, información que es necesaria para el cálculo de balances de masa.

De igual forma que la herramienta de consulta, ésta sólo se guarda en el documento de ArcMap (*layout*) en el que fue diseñada. Posteriormente este documento puede ser copiado para disponer de esta herramienta en otros *layouts*.

Para acceder a esta herramienta se debe ir al Disco *D\TESIS_ARCGIS\LAYOUTS* y abrir el documento *MODELO.mxd*, (Figura. A5.14)

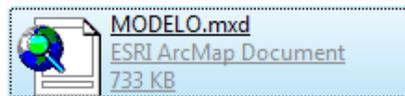


Figura. A5.14. Ícono del documento de ArcMap que contiene la herramienta de cálculo.

En la zona de las cajas de herramientas de ArcGis, (*Arc Toolbox*), está su ubicación, dentro de *Balance Masa*, con el nombre *Rangos Altitudinales*, (Figura. A5.15.)

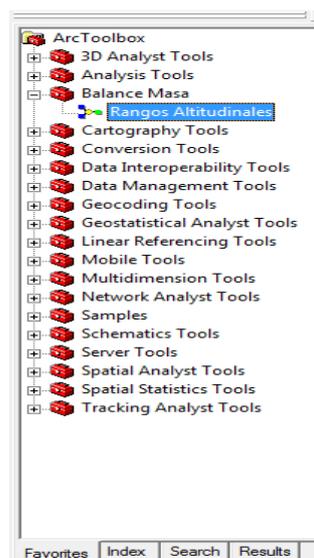


Figura. A5.15. Ubicación de la herramienta de cálculo en *Arc Toolbox*

Técnicamente esta aplicación es un modelo generado a partir de herramientas propias de ArcGis como *Merge*, *Intersect*, *Feature to Polygon*, entre otras, (Figura. A5.16.). El diseño de la misma está detallado en el *Anexo 3 – Herramienta de Cálculo*.

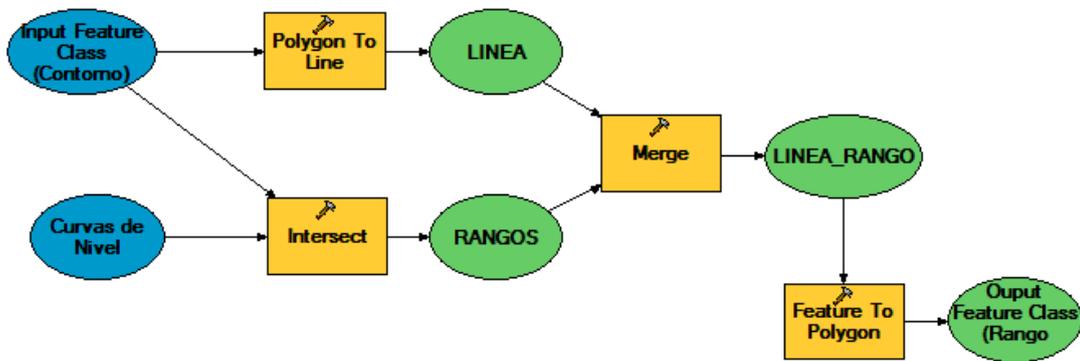


Figura. A5.16. Modelo de integración de herramientas

Para ejecutar la herramienta de cálculo se debe dar doble clic sobre el ícono del modelo:  Rangos Altitudinales. Se abrirá una ventana, (Figura. A5.17.), la que solicita ingresar la cobertura tipo polígono, (contornos del glaciar), de la que se desea tener las superficies parciales. Posteriormente se debe definir el nombre del archivo de salida (deberá llevar el código que se define siguiendo la metodología descrita en el *Anexo 4 – Manual Técnico*).

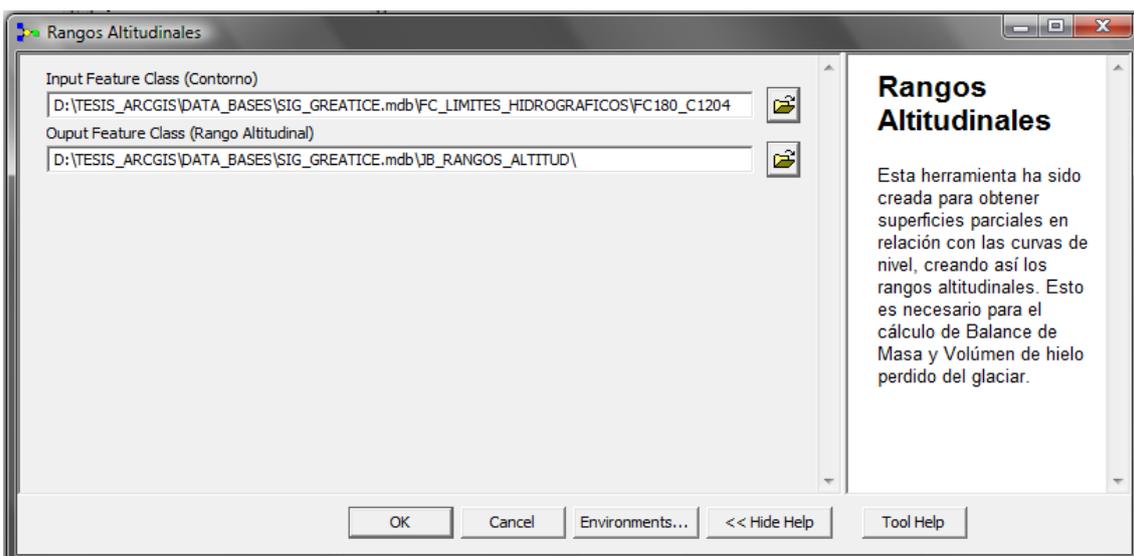


Figura. A5.17. Herramienta Rangos Altitudinales

Nota: La entidad que se obtiene debe guardarse únicamente en dirección que está especificada cuando se abre la ventana. Si se selecciona otra carpeta para guardar la nueva entidad, los procesos no se ejecutarán.

Finalmente lo que se obtiene es el polígono dividido en función de las curvas de nivel. Es necesario dar clic derecho sobre la cobertura que se acaba de crear, ubicada en la Tabla de Contenidos, y seleccionar *Open Attribute Table*, (Figura. A5.18.), para conocer las áreas parciales (Figura.A5.19.)

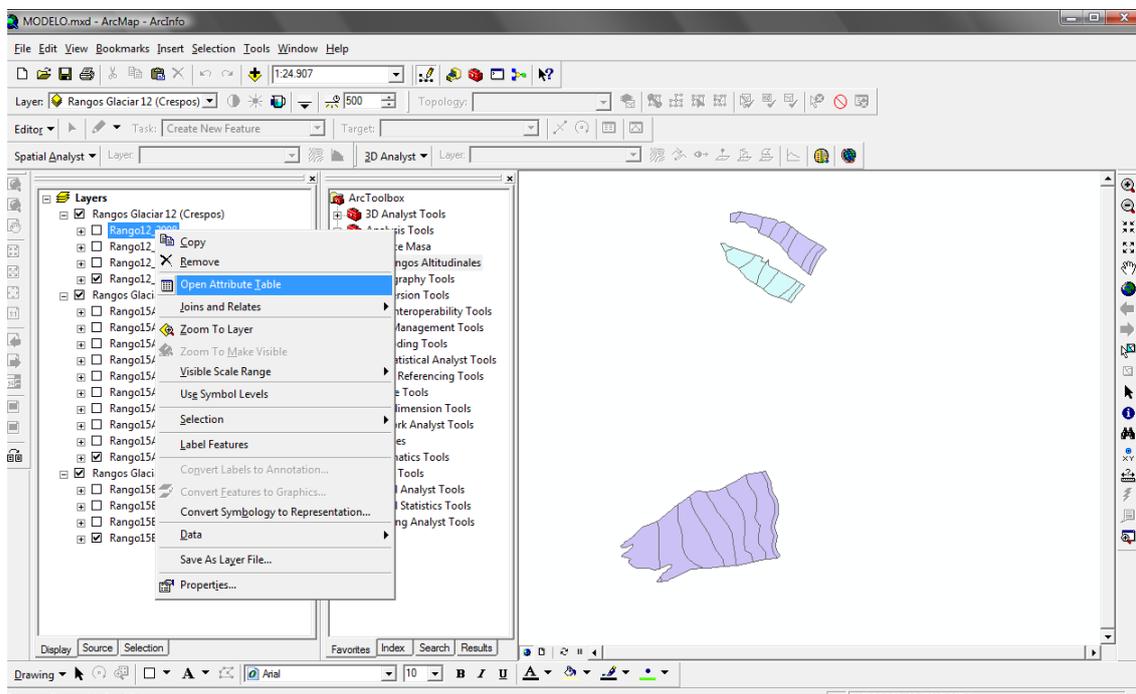


Figura. A5.18. Proceso para abrir la tabla de atributos de una cobertura

OBJECTID*	Shape*	Shape Length	Shape Area
1	Polygon ZM	374,647029	4158,754769
2	Polygon ZM	448,795418	7973,221179
3	Polygon ZM	630,920976	24389,114169
4	Polygon ZM	555,986862	16003,309083
5	Polygon ZM	695,285674	21073,771109
6	Polygon ZM	569,631636	19732,280852
7	Polygon ZM	253,629106	2717,611461

Figura. A5.19. Tabla de atributos de una cobertura de rangos altitudinales

GLOSARIO DE TÉRMINOS

0-9

36Glaciares

Base de datos que almacena la información alfanumérica de los registros de las estaciones de medición automáticas.

A

ADO (ActiveX Data Object)

Es un manejador (driver) de bases de datos de Access. Se compone de librerías y cada una contiene métodos que permiten ejecutar procesos durante la programación de aplicaciones. Información detallada sobre ADO en su manual de usuario (API) disponible en internet.

Albedo

Poder reflectante de las radiaciones solares sobre el glaciar

Alias

Nombre alternativo que describe de mejor manera el contenido del atributo o de la tabla de la entidad.

Altura Elipsoidal

Está referida en el elipsoide (superficie matemática que se aproxima mayormente a la forma de la Tierra o parte de ella).

Análisis multitemporal

Se lo realizó estudiando los contornos de los años de monitoreo y los balances de masa disponibles en los informes publicados por el Proyecto Glaciares. La información utilizada fue de la zona de ablación del glaciar.

Arquitectura del sistema

Se define ubicación de computadoras y discos dónde se almacenará los ejecutables, formularios de programación y documentos de ArcMap con la programación.

B***BALACCESS***

Base de datos que almacena la información alfanumérica de las lecturas de balizas y calcula los balances de masa mensuales.

Balance de masa

Balance equivalente en mm de agua de la cantidad (en altura) de hielo/nieve perdida por el glaciar en el sitio de cada baliza.

Baliza

Punto de medición mensual de la variación del glaciar (balance de masa). Las balizas se forman de seis estacas, cada una de 2 metros de longitud, colocadas una sobre otra y numeradas ascendentemente desde su base

C***Calentamiento global***

Fenómeno natural que provoca el aumento de la temperatura en la atmósfera debido a las altas concentraciones de gases de efecto invernadero.

Cambio Climático

Este término se refiere a cambios en el estado del clima que pueden ser identificados a raíz de un cambio y/o variabilidad en sus propiedades; y que se mantienen durante largo tiempo. Estos cambios pueden ser producidos naturalmente o por acción del hombre (glosario IPCC, informe 2007).

Catálogo de metadatos

Permite la administración de los metadatos. Entre los más utilizados están ArcCatalog (ESRI), CdMedit, XTME, Geonetwork, entre otros. (definición para metadatos de geodatabase)

Catálogo de objetos

Tiene como fin estandarizar los nombres de temas, coberturas, conjunto de datos, etc., además de los atributos de la información geográfica para la generación de cartografía.

Contorno del Glaciar

Puntos, línea o polígono que representa la forma de la zona de ablación de la lengua de glaciar. Permite conocer si el glaciar ha avanzado o ha retrocedido de un año a otro.

D***Datum horizontal***

Punto de referencia geodésico para levantamientos de control horizontal.

Datum vertical

Punto de referencia geodésico para levantamientos de control vertical. Superficie de referencia para medición de alturas.

Diagrama Entidad-Relación

Permite conceptualizar los requerimientos del usuario y representar la realidad a través de un esquema en el que el elemento principal es la entidad.

Diccionario de datos

Recopila la información (nombre, alias, descripción, tipo de dato con su extensión y precisión) de los atributos de cada tabla. Se encuentra ordenado alfabéticamente.

Documento de ArcMap

Tienen extensión *.mxd y es un archivo en el cual se almacena el diseño de un mapa y las coberturas que participaron para su generación. También se lo conoce como *layout*.

E***Efecto invernadero***

Es el efecto de calentamiento que produce gases tales como dióxido de carbono (CO₂), clorofluoro carbonos (CFC), metano (CH₄), óxido nitroso, ozono y otros, que en pequeñas concentraciones son vitales para la supervivencia, pero cuando éstas son altas estos gases atrapan la energía solar del mismo modo que los vidrios de un invernadero atrapan el calor, provocando incremento en la temperatura del planeta.

Entidad (Tabla)

Elemento principal que se identifica en el problema a resolver y que posee atributos (características), mediante los cuales se puede establecer relaciones.

Estaciones automáticas de medición

Son de dos tipos, hidrométricas y meteorológicas (dentro de esta última están las pluviométricas). Se encargan de tomar datos mediante sensores (captoreadores) que pueden registrar un dato de tres maneras: instantánea (cada 15 o 30 segundos), diaria y mensual, esto depende de la naturaleza del sensor.

Estandarizar

Ajustar a un tipo o norma.

ENSO

El Niño Oscilación Sur. “Es el conjunto de alteraciones en los patrones normales de circulación del océano y la atmósfera”⁴⁷.

Estrato volcán

Aquellos formados por una alternancia de capas de piroclastos y lavas; presentan varios estilos eruptivos, por lo que su estructura es grande, con diámetros de base que pueden sobrepasar los 20 km. El volcán Antisana constituye un buen ejemplo de estrato volcán.

Extrusión

Expulsión, emisión [de lava].

F***Flexgird (Visual Basic)***

Uno de los componentes más importantes para llevar a cabo el procesamiento de gran cantidad de datos y poder mostrarlos mediante una interface de usuario. La información que presenta es de tipo *string*, por medio de tablas.

⁴⁷ ¿Qué es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO)?

Fusión

Paso del estado sólido al líquido, (de nieve/hielo a agua), por acción del sol.

G***Geodatabase personal***

Base de datos geográfica que se caracteriza por ser el nivel superior para almacenar la información espacial. Permite almacenar entidades (*Feature Classes*), conjunto de entidades (*Feature Dataset*), tablas, dominios, subtipos, relaciones (*Relationship Classes*) e imágenes (raster). La geodatabase aproxima el modelo físico al lógico.

Se guarda por medio de bancos de datos de MS Access y se utiliza para proyectos pequeños no mayores a 2 GB.

Geometría del glaciar

Análisis en el que se estudio la evolución, retroceso del frente, longitudes, áreas del glaciar y velocidad superficial de las balizas.

L***Layout***

Diseño del mapa, documento de ArcMap.

Longitud de lengua de glaciar

Es la Distancia medida desde la cumbre del volcán hacia el punto más bajo de la lengua del glaciar.

M***Metadatos***

Es la información de cómo fueron obtenidos los datos pertenecientes a una cobertura. Gracias a esta información se puede determinar la calidad de la información y si es apta para los fines requeridos.

Método geodésico Stop and go

Una estación de referencia fija que rastrea de modo continuo. Tiene un receptor móvil en un jalón. La inicialización se da con método estático rápido. El tiempo de toma de cada punto es de 5 minutos.

Método topográfico de radiación

Se planta el equipo topográfico de medición en el lugar que será el centro de la radiación, se coloca los prismas, regletas, etc., en el punto que se desea tomar los datos, se enfoca el primas o regleta y se obtiene los ángulos para el posterior cálculo de distancias y obtención de coordenadas.

Model Builder

Herramienta de ArcGis que permite integrar procesos dentro de un modelo para facilitar y simplificar el trabajo.

N***Necesidades del sistema***

Describe los requerimientos que tiene el SIG para su funcionamiento en cuanto a hardware y software.

Normativa:

Establecer leyes o reglas dentro de una organización.

Neviza

La nieve esponjosa se transforma en masa más compacta por acción de la fusión, (rayos solares), que derrite la nieve esponjosa y que en la noche vuelve a congelarse adquiriendo forma granular.

R***Rangos altitudinales***

Los contornos se dividen en función de las curvas de nivel para obtener las superficies parciales, conocer la distribución de las balizas en cada rango y calcular el balance de masa.

S***Sistema de información geográfica - SIG***

Es un sistema integrado para manejo de información geográfica, compuesta de hardware, software, datos geográficos y equipo humano; que permite manejar datos espaciales y realizar análisis de información mediante métodos, herramientas y aplicación de criterios. Además permite capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar la información geográfica y alfanumérica (atributos), según las necesidades del usuario.

Sublimación

Es la evaporación de nieve/hielo y recristalización del vapor. Además libera calor por lo cual se produce la fusión de cristales individuales y granos de hielo más grandes. Este proceso ayuda a la transformación de neviza en hielo. Es importante en la transformación de nieve a neviza.

Superficie restante del glaciar

Es el área que se registra al final del año, en el levantamiento de la información del contorno.

V***Variación de la superficie de glaciar***

Esta puede ser positiva (incremento de superficie) o negativa (reducción de superficie) dependiendo de los fenómenos climatológicos que se presente durante el año de monitoreo.

Variabilidad Climática

Esto se refiere a las variaciones de las características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) que sufre el clima en escalas espaciales y temporales mucho más

grandes que los fenómenos meteorológicos. Estas también pueden tener origen natural o antrópico (glosario IPCC, informe 2007).

Volumen de nieve/hielo perdido

Se calcula multiplicando el balance de masa anual y la superficie restante del glaciar.