

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL
PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS
OCEANOGRAFICOS**



RONALD EFREN SANCHEZ ESCOBAR

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

INGENIERÍA FÍSICA

POPAYÁN

2006

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL
PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS
OCEANOGRAFICOS**

RONALD EFREN SANCHEZ ESCOBAR

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Físico

Director:

Msc. LUIS FERNANDO ECHEVERRI

Codirector

P.h.d EFRAÍN RODRÍGUEZ RUBIO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERÍA FÍSICA**

POPAYÁN

2006

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Ciudad y fecha (día, mes, año) _____

A mis padres por el
apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A DIOS y su corte celestial por regalarme el don de la vida, y ayudarme a creer siempre en mi, logrando superar los obstáculos hasta ahora presentados.

A mis padres, hermanos y querida abuelita por enseñarme el valor de las cosas más simples de la vida y siempre estar a mi lado incondicionalmente en los buenos y malos momentos.

Al programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, profesores y amigos, por darme las bases a lo largo de mi carrera para afrontar con fundamentos los retos personales y profesionales que aparezcan en el camino.

Al Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) de la Armada Nacional de Colombia y su grupo de invaluable miembros por todo apoyo y enseñanzas recibidas a lo largo de mi estancia y trabajo en el área de oceanografía operacional.

Un agradecimiento especial a personas como el Doctor Efraín Rodríguez Rubio, director científico del área de oceanografía operacional el Capitán de Corbeta Javier Ortiz Galvis actual director del CCCP, el Magíster Luís Fernando Echeverri Cordinador del programa de Ingeniería Física y a el anterior director del CCCP el Capitán de Fragata Juan Manual Soltaú Ospina que con su orientación y apoyo hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

	Pàg
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	4
1.1 PROGRAMA DE INTERCAMBIO INTERNACIONAL DE DATOS E INFORMACION OCEANOGRAFICA (IODE)	4
1.2 CENTRO COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRAFICOS	7
1.3 PROCEDIMIENTOS Y SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CALIDAD	10
CAPITULO 2. INSTRUMENTACION OCEANOGRAFICA	14
2.1 PLATAFORMAS DE OBSERVACION	15
2.1.1 Buques de Investigación	15
2.1.2 Anclajes	17

2.2	INSTRUMENTACION PARA LA MEDIDA DE PROPIEDADES OCEONGRAFICAS	18
2.2.1	Botellas Nansen y Niskin	18
2.2.2	Dispositivos múltiples para muestreo de agua	20
2.2.3	Termosalinógrafos	21
2.2.4	PERFILADOR CTD SBE 19	21
	CAPITULO 3. METODOLOGIA	29
3.1	TOMA DE DATOS EN CRUCERO	29
3.2	CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS OCEANOGRAFICOS	31
3.2.1	METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS OCEANOGRAFICOS (PARAMETROS FISICOS)	31
3.2.1.1	Procesamiento Preliminar	32
3.2.1.2	Post-Procesamiento	34
3.2.2	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA	45
3.2.2.1	Diseño y Estructura de la herramienta	46
3.2.2.2	Descripción Desarrollo del Programa principal	49
3.2.2.3	Desarrollo de los Módulos de proceso	54

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1 METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS OCEANOGRAFICOS (PARAMETROS FISICOS)	60
4.2 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL (<i>OCEANOGRAFO-B</i>)	68
4.3 RESULTADOS Y ANALISIS AL APLICAR LA METODOLOGIA AL BANCO DE DATOS DE PRUEBA	72
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFIA	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Reseña instrumentación Oceanográfica que utiliza el CCCP	14
Tabla 2. Especificaciones Técnicas del CTD SBE 19	27
Tabla 3. Banderas de calidad parciales, producto de la respuesta de las pruebas de perfil	35
Tabla 4. Valores limites de temperatura y salinidad por capas en la columna de agua	36
Tabla 5. Banderas de calidad utilizadas por el programa <i>OCEANOGRAFO</i> para calificar la calidad de los datos.	43
Tabla 6. Valores estadísticos de temperatura y salinidad en la estación 33	79
Tabla 7. Cantidades y porcentajes totales al calificar los datos del banco de prueba	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los países miembros del programa IODE	5
Figura 2. Organización interna de la división de oceanográfica del CIOH.	8
Figura 3 Estructura general de los procesos de control de calidad.	11
Figura 4. Buque de investigaciones ARC Malpelo de la Armada Colombiana	16
Figura 5. Anclaje superficial	17
Figura 6. Botella Niskin	19
Figura 7. Dispositivo múltiple de muestreo de agua	20
Figura 8. Perfilador CTD (Conductivity Temperature and Depth)	22
Figura 9. Diagrama de tiempo y operaciones del manejo del CTD sobre la plataforma del buque	30
Figura 10 Diagrama de tiempos y operaciones del Preprocesamiento.	33
Figura 11 Diagrama de flujo del filtro RANGOS GLOBALES	36
Figura 12 Diagrama de flujo del filtro RANGOS POR CAPAS	37
Figura 13 Diagrama de flujo del filtro PERTURBACION VERTICAL	38
Figura 14 Diagrama de flujo del filtro INVERSION DE DENSIDAD	38
Figura 15 Diagrama de flujo del filtro GRADIENTE MAXIMO	39

Figura 16	Diagrama de flujo del filtro PATRON CLIMATOLOGICO	41
Figura 17	Diagrama de flujo del algoritmo CALIFICADOR	42
Figura 18	Diagrama de tiempos y operaciones del Post-procesamiento	44
Figura 19	Diagrama de flujo del funcionamiento de la herramienta.	47
Figura 20.	Interfaz grafica del programa OCENAOGRAFO	49
Figura 21.	Herramienta <i>GUIDE</i> de MatLab	50
Figura 22.	Aplicación del procesamiento preliminar de la metodología de control de calidad a un perfil de datos de salinidad	63
Figura 23.	Aplicación del post-procesamiento de la metodología de control de calidad a un perfil de datos de salinidad	66
Figura 24.	Grilla Crucero ERFEN XL	72
Figura 25.	Perfil de datos de temperatura de la estación 33 de la grilla de crucero que validados	74
Figura 26	Grafica comparativa entre datos crudos y validados de un perfil de salinidad de la estación 33	76
Figura 27.	Histograma de distribución de calidad de los datos	78

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Manejo del programa <i>OCENOGRAFO – B</i>	85
ANEXO B Oficio del representante de Colombia en la reunión “Manejo de la información en el marco del programa ERFEN-Boletín de alerta climático – BAC y base de datos de los cruceros oceanográficos conjuntos”	96

RESUMEN

En las investigaciones oceanográficas que realiza el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) perteneciente a la Dirección General Marítima (DIMAR) de Colombia, se recopila datos de la superficie oceánica y de la columna de agua; Debido a la gran cantidad de datos recopilados se hace necesario almacenarlos y organizarlos de una manera eficiente, pero sobre todo de realizarles procesos de control de calidad y validación para su posterior, y correcto uso, divulgación y distribución. Por esta razón el objetivo principal de este trabajo fue diseñar e implementar una metodología estándar acorde a las normas internacionales y una herramienta computacional que permitiera de manera sistemática realizar procesos de control de calidad y validación para diferentes datos de tipo oceanográfico como Temperatura y Salinidad.

La metodología se basa en documentos y guías de la UNESCO/IOC que presentan procesos generales de control de calidad y validación de datos. La misma define un proceso de control de calidad que no elimina datos si no que los marca o califica con una bandera de calidad estándar o *Quality Flag*, con el cual se reconoce la calidad del dato y permite cumplir con la normativa internacional para el intercambio y distribución de información oceanográfica [1].

Con el fin de sistematizar la metodología se implementó sobre una herramienta computacional, la cual permitió reducir en gran medida el tiempo de revisión y validación de los datos oceanográficos (parámetros físicos) que llegan al CCCP, provenientes de los diferentes cruceros de investigación. Dada la eficacia y eficiencia

de la herramienta al realizar el control de calidad y validación a un banco de datos de prueba, la herramienta será utilizada para la revalidación de la base de datos del CCCP y la calificación de los datos de nuevos cruceros oceanográficos. Por lo cual este trabajo ayudara al CCCP a crear una base de datos de temperatura y salinidad de la CUENCA PACIFICA COLOMBIANA (CPC), actualizada, confiable y organizada con su correspondiente *Metada (Información acerca de la medida de los datos)* asociado y banderas de calidad para cada dato, la cual podrá ser incorporada a proyectos como CENIMARC (CENTRAL DE INFORMACION MARINA COLOMBIANA).

INTRODUCCIÓN

El CCCP, es uno de los dos centros de investigación de la DIMAR, encargado de realizar exploraciones marítimas a través de cruceros oceanográficos, visitas de campo y demás actividades en el pacífico colombiano. El área de Oceanografía Operacional del CCCP tiene por objeto caracterizar la CPC desde la oceanografía física y química. Para cumplir este objetivo se realizan dos cruceros oceanográficos anuales sobre la CPC. Durante estas expediciones se toman muestras y se mide con instrumentos oceanográficos la salinidad y temperatura del agua. Generando gran cantidad de datos de los parámetros físicos de la CPC. En el momento esta cantidad de información oceanográfica, no ha sido sometida a procesos de control de calidad y validación óptimos y estandarizados que certifiquen su veracidad y permitan calificar los datos con banderas de calidad estándar, cumpliendo con las normas internacionales para el intercambio y distribución de datos. Por lo que la información hasta la fecha, no ha sido puesta a disposición de la comunidad científica en general. Esta situación no ha permitido aprovechar todo el potencial que la información tiene para la ampliación de los conocimientos sobre la dinámica de la CPC y su relación con cambios climáticos globales, e impactos sobre diferentes renglones de la economía nacional. Motivo por el cual se hace necesario realizar metodologías de control de calidad y validación que permitan conocer el nivel de calidad de los datos garantizando un óptimo análisis de la zona de estudio, además de cumplir con los estándares internacionales de calificación, mas aun cuando Colombia es miembro de la Comisión

Oceanográfica Intergubernamental (IOC por sus siglas en ingles) desde 1967 y en la actualidad pertenece al consejo ejecutivo de este organismo,. De esta manera el propósito de este trabajo fue diseñar e implementar una metodología y herramienta computacional capaz de realizar, de manera sistemática, procesos de control de calidad y validación de la información de parámetros físicos (temperatura y salinidad) que se produce en el CCCP, garantizando la integridad y veracidad de los datos, y reduciendo el tiempo de almacenamiento, uso, divulgación, y distribución de los mismos con diferentes centros de investigación.

La metodología diseñada se fundamenta en la aplicación de dos procesamientos. El primero, diseñado teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante del instrumento con el cual se colectaron los datos y el segundo basado en procedimiento de control de calidad utilizados internacionalmente y adaptados a los requerimientos específicos. Con esta metodología se llega a establecer un control de calidad que no elimina datos si no que los marca o califica con una bandera de calidad definida por organismos internacionales como la IOC/IODE.

La herramienta denominada “Oceanógrafo – B” sistematiza el segundo procedimiento de la metodología implementando pruebas de perfiles (filtros estándar), climatológicas e inspección visual y una interfaz gráfica de usuario combinado con un redactor interactivo que permite al investigador corregir la bandera de calidad del dato si es necesario. Con esta herramienta se adquieren los archivos en unidades ingenieriles (*.cnv) que se producen en el primer procesamiento, se convierten a el formato de entrada, se filtran los datos, y se les impone *Quality Flag* de manera sistemática, además de generar la estadística

descriptiva y el número de las diferentes banderas de calidad impuestas a los datos en cada estación de la grilla.

OCEANOGRÁFO – B , fue presentado en la reunión sobre “Manejo de la información en el marco del programa ERFEN-Boletín de alerta climático – BAC y base de datos de los cruceros oceanográficos conjuntos”, realizada en Guayaquil, Ecuador durante los días del 04 al 06 de julio de 2006. En donde tuvo buena aceptación por parte del público asistente. (Ver anexo B)

Este trabajo consta de cuatro capítulos, además de las conclusiones y recomendaciones propias de un trabajo como este. En primer capítulo presenta antecedentes del programa internacional de intercambio y manejo de datos IODE, el cual produce guías de procedimientos de control de calidad para diferentes parámetros oceanográficos, además de una descripción de los procesos y software existentes para realizar el control de calidad y validación de datos.

El segundo capítulo contiene información referente a la instrumentación que posee el CCCP para la toma de datos de temperatura y salinidad detallando principalmente el sensor CTD (Conductivity Temperature and Depth).

En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del trabajo realizado, la cual presenta el proceso de toma de datos en crucero establecido por el CCCP, la metodología diseñada para el control de calidad y validación de datos de temperatura y salinidad y el diseño de la herramienta computacional que sistematiza el proceso. Por último en el cuarto capítulo se presentan los resultados y la discusión de los mismos.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1 INTERCAMBIO INTERNACIONAL DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (IODE)

Comprendiendo la importancia de las investigaciones marinas para el estudio del océano la UNESCO crea en 1960 la IOC sobre la base del reconocimiento que los océanos cubren el 70% de la superficie de la tierra y ejercen una profunda influencia en la humanidad y en todas las formas de vida de la misma.

La IOC cumpliendo con los objetivos para la cual fue creada a diseñado y puesto en marcha proyectos globales de observación de los océanos tan importantes como el sistema global de observación de los océanos (GOOS por sus siglas en ingles), en el cual se obtiene gran cantidad de datos de los océanos en el mundo, esta situación llevo a la IOC a iniciar un programa de manejo e intercambio de datos denominado Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE por sus siglas en ingles), que establece políticas y normas para compartir la información oceanográfica generada en los diferentes programas y proyectos de monitoreo de los océanos. Este programa brinda asesorías en el manejo de la información oceanográfica desarrollando cursos como *oceanteacher* (maestro del océano) y *oceanexpert* (expertos del océano)

además produce guías y manuales para estandarizar los procedimientos de control de calidad de datos, con el fin de calificar el dato con marcas únicas que sean reconocidas por centros de investigación en el mundo. Para ello el programa IODE ha establecido *Quality Flag*, con las cuales se pueda intercambiar y distribuir la información cumpliendo con una normativa común, este sistema forma una red de servicio mundial consistente de DNAs (Designated National Agencies), NODCs (National Centers of Data Oceanográficos), RNODCs (Regional Centres of Data Oceanográficos) y WDCs (World Centers of Data- Oceanografía). Esta red ha sido capaz de recolectar, controlar la calidad de datos y almacenar millones de observaciones del océano, y los ha puesto disponibles a los estados miembros. En la figura 1 se pueden apreciar los países miembros de la IOC que conforman la red IODE: África (Benin, Egipto, Ghana, Kenia, Madagascar, Mauritania, Mozambique, Nigeria, Senegal, Sudáfrica, Tanzania), América del Norte, América del Sur con límites costeros, Asia (China, Corea del Norte, Filipinas, India, Indonesia, Irán, Japón, Pakistán, Tailandia), Australia, Europa con límites costeros, Islandia, México.

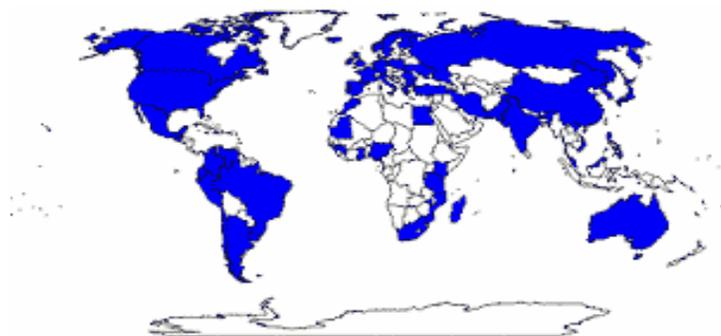


Figura 1. Ubicación de los Países Miembros del Programa IODE

Los principales objetivos del programa IODE son:

- Facilitar y promover el intercambio de datos e información marina, comprendida en metadatos, productos e información en tiempo real, casi real y diferido.
- Asegurar a largo plazo el archivo, la gestión y los servicios de todos los datos e información marina.
- Promover el uso de normas internacionales, y realizar o contribuir a realizar normas y métodos para el intercambio mundial de datos e información marina, utilizando la tecnología más apropiada de gestión de Información.
- Ayudar a los Estados Miembros a adquirir la capacidad necesaria en materia de gestión de datos e información marina.
- Prestar apoyo a los programas marinos internacionales científicos y operacionales de la IOC y sus organizaciones patrocinadoras, mediante asesoramiento y servicios de gestión de datos.

La red IODE cuenta con programas a nivel Global y Regional, dispuestos a brindar apoyo e información constante y continúa a los centros de datos establecidos en cada país miembro de la IOC,

Entre los programas a nivel regional esta: ODINCARSA (Red de Datos e Información Oceanográfica para el Caribe y América del Sur); a esta pertenecen los siguientes países: Argentina, Bahamas, Barbado, Belice, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Dominica, Ecuador, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Sta Lucía, Trinidad, y Tabago y Venezuela.

Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC)

Es un establecimiento centralizado para proporcionar en forma continua datos e información oceanográfica, en formatos que sean útiles para la mayor cantidad de usuarios. Se encarga de adquirir, procesar, aplicar controles de calidad, inventariar, archivar y diseminar datos oceánicos conforme normativas y responsabilidades nacionales, además de diseminar datos y productos de datos a nivel nacional, a los NODC normalmente se les asigna la responsabilidad de conducir el intercambio internacional. La responsabilidad más importante del NODC dentro del IODE es buscar y adquirir de fuentes nacionales los datos que son intercambiables internacionalmente, procesar, aplicar controles de calidad a los datos y remitirlos oportunamente al WDC de Oceanografía respectivo o RNODC. En respuesta, el NODC puede requerir y recibir de los WDC o RNODC datos similares o inventarios de información que pudieran necesitar para sus propios requerimientos.

1.2 CENTRO COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRAFICOS

El Centro de datos empieza como un ente dependiente orgánicamente del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH.

El CIOH fue creado mediante la Resolución 283 del 9 de julio de 1975, como una dependencia de la Dirección de Marina Mercante, actual Dirección General Marítima (DIMAR) con el fin de realizar investigaciones básicas y aplicadas en las diferentes disciplinas de la Oceanografía e Hidrografía, orientadas hacia el conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales del país.

A nivel organizacional, el Centro de Datos dependía de la División de Oceanografía, que a su vez depende de la Subdirección y ésta de la Dirección.

Un esquema de la jerarquía de estas organizaciones se muestra en la figura 2.



Figura 2. Organización interna de la División de Oceanografía del CIOH

DIMAR, estableció el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) para asumir las funciones del Servicio de Datos Oceanográficos, designándolo como el Centro Nacional de Datos de Colombia ante el IODE en el año de 1969.

A medida que ha transcurrido el tiempo, la cantidad de información obtenida de la labor adelantada por los grupos, de los Centros de investigación de DIMAR, ubicados en el Caribe y en la Costa Pacífica Colombiana, ha ido aumentando exponencialmente, magnificando la necesidad de almacenar y gestionar los datos, resultado de años de investigación, inversión de recurso humano e infraestructura técnica y tecnológica. De esta manera surgió el proyecto informático que reúne la implementación de metodologías de organización, procesamiento y aplicación de estándares de calidad internacionales, en un Sistema de Información con características de administración remota por parte de los Centros de Investigación

y consulta en línea para los usuarios de Internet, así CECOLDO evoluciona a CENIMARC (Central de Información Marina Colombiana).

CENIMARC nace durante el primer semestre de 2003, con la idea de generar un sistema para el almacenamiento y el acceso de la información recopilada por el CCCP, se ve cristalizada en el primer acercamiento al establecimiento de formatos para la recolección y administración de la información oceanográfica.

Se definen entonces algunas funcionalidades con las que la herramienta debe contar y se inicia un proceso de análisis de requerimientos que culmina en el segundo semestre de 2003 con un prototipo funcional del sistema.

Para el segundo semestre de 2004 se retoma el proceso de desarrollo, adicionando funcionalidades y optimizando los procesos administrativos del aplicativo y además definiendo cinco modelos de tablas base para la recolección de la información para Oceanografía, Meteorología, Química, Biología y Zona Costera; dando lugar a la implementación y utilización del sistema basado en plantillas en el CCCP. Para el 2005 se realizó la recolección de requerimientos a partir de los resultados de la fase de pruebas de uso del aplicativo en el CCCP.

En este momento continua su desarrollo y se espera que en un corto tiempo este desarrollado en su totalidad, cumpliendo a cabalidad su función que es la de contener, procesar y distribuir toda la información, resultado de las investigaciones marinas del país.

1.3 PROCEDIMIENTOS Y SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CALIDAD

En el momento existen metodologías para realizar procesos de control de calidad como el manual elaborado por el IODE en 1993 denominado “PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS” que provee al lector de una selección de estándares, de procedimientos, y de consejos útiles referentes al control de calidad de los datos, y a la validación de los mismos. Pero que no proporciona estándares únicos de control de calidad que sean aplicables en todas las condiciones oceanográficas y climáticas, y para todos los propósitos y tipos de datos [2]. En este manual se reúnen procesos de control de calidad realizados a bancos de datos colectados por centros de investigación en diferentes partes del mundo a través diferentes formas como son: colección en tiempo real, casi real y retardado. Estos procesos de control de calidad guardan una estructura general que define de cuatro pruebas, básicas (Prueba de Localización e Identificación, Perfil, Climatológica e inspección visual), otras pruebas son aplicadas dependiendo las condiciones oceanográficas de la zona de estudio. La aplicación de los filtros que conforman las tres pruebas básicas depende también de el área donde fueron tomados los datos. En el siguiente diagrama podemos ver la estructura general de los procesos de control de calidad.

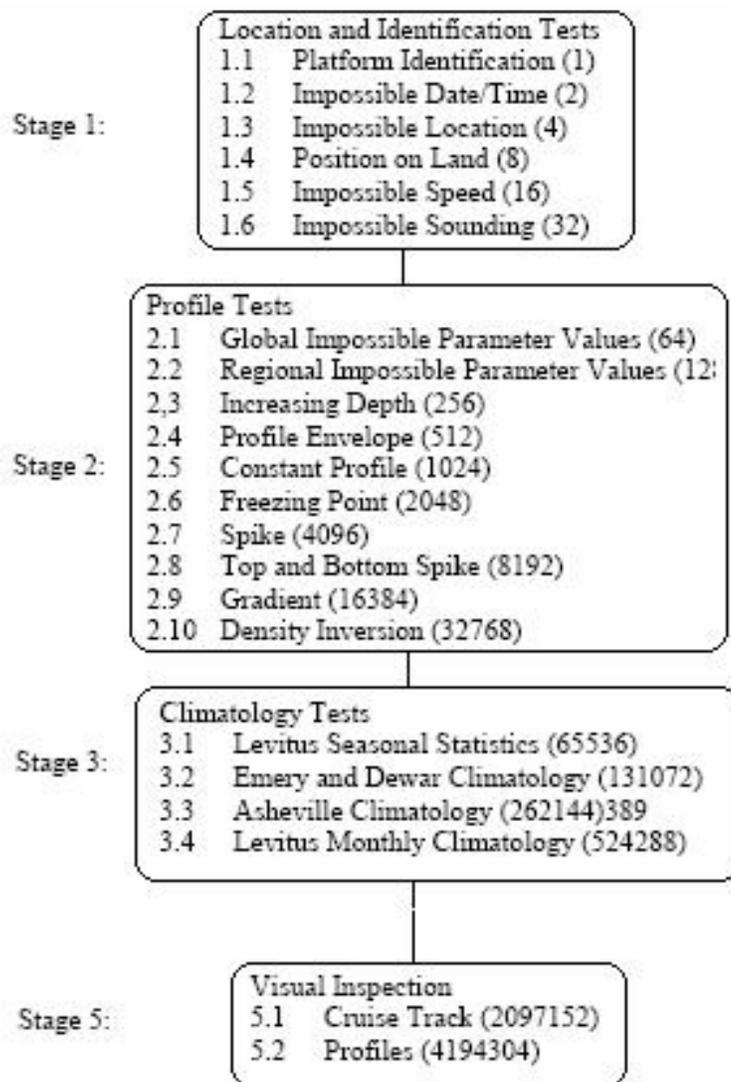


Figura 3. Estructura general de los procesos de control de calidad

PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL IFREMER (instituto francés de investigación para la explotación del mar).

Este proceso convierte archivos de datos de diferentes formatos como ASCII, a un formato propio, para luego aplicarles pruebas como la de localización e identificación, Perfil, Climatológicas e Inspección Visual.

La prueba de localización e identificación utiliza filtros como:

- Conjunto de datos duplicados
- Velocidad imposible
- Location/shoreline
- Bottom sounding.

La prueba de Perfil utiliza filtros como:

- Por fuera de la escala regional
- Ningún incremento de profundidad
- Picos máximo y mínimo
- Perfil constante
- Gradiente
- Inestabilidad Vertical o Inversión de densidad

La prueba Climatologica utiliza las climatologías de LEVITUS, REYNAUD y MEDATALS para establecer, diferentes patrones de comparación.

Para aplicar la prueba de Inspección Visual, se grafican perfiles de datos del parámetro, junto con perfiles de datos tomados anteriormente o históricos, en donde el investigador, hace una valoración oceanográfica del perfil de datos.

Por otro lado existe software especial para la aplicación sistemática de procesos de control de calidad que toma procedimientos del manual, adaptándolos a zonas específicas, como es el caso de QCMEDAR que fue desarrollado en 1998 bajo el marco del programa europeo de ciencias marinas y tecnología (MÁST). Este ha evolucionado hasta llegar a su versión actual QCDAMAR.

Que no solo trabaja con perfiles verticales (principalmente CTD y las observaciones de las Botellas Niskins) si no también con series de tiempo de corrientes y de observaciones del nivel del mar.

Otros programas son el *ODV* (Ocean Data View) del Alfred Wegener Institute (AWI).

Y el SISMER (Systèmes d'Informations Scientifiques pour la Mer) desarrollado por IFREMER (instituto francés de investigación para la explotación del mar) en el 2000.

CAPITULO 2. INSTRUMENTACION OCEANOGRAFICA

La Oceanografía Física es una ciencia experimental que requiere de observaciones y mediciones precisas para lograr sus objetivos. Aún cuando hace uso de la experiencia de campos de la ciencia relacionadas, tales como la física y química, y utiliza los logros en las áreas de la tecnología e ingeniería, el medio ambiente oceánico impone requerimientos únicos en la instrumentación, requerimientos que no son satisfechos fácilmente por los equipos de laboratorio convencionales. Como consecuencia, el desarrollo y fabricación de instrumentación oceanográfica es ahora una actividad especializada. Los fabricantes de equipo oceanográfico dan servicio a un mercado reducido pero sus productos son distribuidos mundialmente. En la siguiente tabla podemos observar una reseña de la instrumentación que utiliza el CCCP en sus investigaciones oceanográficas.

Tabla 1. Reseña de la instrumentación que utiliza el CCCP

Necesidad de Investigación	Equipo disponible / Instrumentación
Plataforma de observación	<ul style="list-style-type: none">• Buques de investigación• Anclajes de instrumentos
Medición de Propiedades Oceanográficas (Temperatura, Salinidad, Oxígeno, Nutrientes, Trazadores)	<ul style="list-style-type: none">• Botellas Nansen y Niskin• Dispositivos múltiples• Termosalinografo• Perfilador CTD SBE 19

2.1 PLATAFORMAS DE OBSERVACION

Todas las mediciones en el mar requieren de una plataforma relativamente estable para transportar la instrumentación que se requiere. La plataforma puede estar en la superficie o el fondo del mar, en el interior del océano o en el espacio. La elección de la plataforma adecuada depende de sus capacidades para obtener, en espacio y tiempo, la información requerida.

2.1.1 Buques de Investigación

Al igual que cualquier otro buque que se hace a la mar, los buques oceanográficos deben cumplir con el requerimiento de poder navegar con mal tiempo. El estado del mar y las condiciones meteorológicas en la región de estudio definen entonces el tamaño mínimo del buque. El manejo de equipo pesado en alta mar, o la necesidad de acomodar un equipo científico mayor pueden incrementar el tamaño mínimo. El tamaño de buques de investigación típicos es de 50m-80m, con un desplazamiento de 1000-2000 toneladas, con capacidad para acomodar de 10-20 científicos. La armada nacional cuenta con dos buques oceanográficos (ARC Malpelo y ARC Providencia) como el mostrado en la Figura 4 los cuales son utilizados por el CCCP para realizar sus campañas de investigación oceanográficas en el pacífico Colombiano.



Figura 4. Buque de Investigación ARC Malpelo de la Armada de Colombia

Los barcos de investigación que utiliza el CCCP tienen una autonomía (el número de días que un barco puede permanecer en el mar antes de agotar el combustible) de 20-25 días, lo cual les da un rango de 6000-8000 millas náuticas (11,000-14,800 Km.), suficientes para operar en alta mar a días de distancia de tierra firme.

Los requerimientos mínimos de laboratorios consisten de un laboratorio húmedo para el manejo de muestras de agua, un laboratorio de cómputo para el procesamiento de datos, un laboratorio de electrónica para la preparación de instrumentos y un laboratorio químico para análisis de muestras de agua. Los barcos más grandes, diseñados para investigación multidisciplinaria, tienen laboratorios adicionales de biología, geología y geofísica.

2.1.2 Anclajes

Los anclajes son plataformas adecuadas cuando se requieren mediciones en alguna localidad sobre largos períodos de tiempo. El diseño de un anclaje depende de la profundidad del agua y del tipo de instrumentación que será instalado. Los elementos básicos de un anclaje son la cantidad de peso muerto, el cable (o cabo) y uno o más elementos flotantes que mantendrán al anclaje en su posición lo más vertical posible (Figura 5). El CCCP tiene instalados sobre la CPC varios anclajes con diferentes instrumentos como el perfilador SEACAT con el cual se mide la temperatura y la salinidad de la columna de agua en un punto fijo de la CPC.

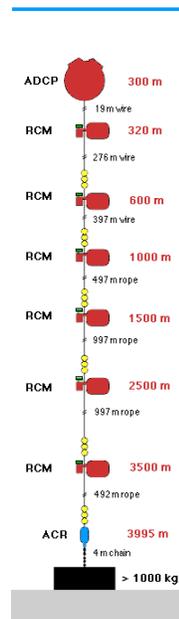


Figura 5. Anclaje Subsuperficial con ADCP (Sensor de corriente de efecto Doppler), y RCM (Medidor de corriente)

Sobre el fondo de este anclaje, justo encima del peso muerto, se coloca un liberador que se controla remotamente. El liberador puede ser activado mediante un código acústico cuando se desea recobrar el anclaje. Disparando el liberador ocasiona que el sistema de anclaje regrese a la superficie. El peso muerto, es un bloque de concreto que se queda en el fondo del mar.

2.2 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICION DE PROPIEDADES OCEANOGRAFICAS

2.2.1 Botellas Nansen y Niskin

La medición de salinidad, oxígeno, nutrientes y las concentraciones de trazadores requiere la colecta de muestras de agua de varias profundidades. Esta tarea se logra mediante el uso de "botellas para muestras de aguas". La primera botella de este tipo fue desarrollada por Fritjof Nansen y se conoce como la botella Nansen. Consiste en un cilindro de metal con dos mecanismos de cierre que rotan en ambos extremos. Cuando la botella se baja a la profundidad deseada está va abierta en ambos extremos, así que el agua entra y sale libremente. En la profundidad donde va a ser tomada la muestra de agua, el extremo superior de la botella se suelta del cable y la botella se invierte por su propio peso. Esto cierra las válvulas de los extremos y atrapa la muestra de agua, que se lleva entonces hacia la superficie. En un "lance oceanográfico", varias botellas se unen a un cable delgado a intervalos pre-determinados y se bajan al mar.

Cuando las botellas alcanzan la profundidad deseada un peso metálico ("mensajeros") se deja caer deslizándose por el cable para así accionar el mecanismo que gira la primera botella desde arriba. El mismo mecanismo libera un mensajero desde esa botella; ese mensajero viaja hacia abajo a lo largo del cable para accionar la inversión de la segunda botella, y así sucesivamente, hasta alcanzar la última botella. Las botellas Nansen han sido desplazadas por las botellas Niskin (Figura 6).



Figura 6. Botella Niskin

Basadas en las ideas de Nansen, las botellas Niskin incorporan dos modificaciones importantes. El cilindro se fabrica de plástico lo cual elimina la reacción química entre la botella y la muestra que podría interferir con la medición de sustancias trazas. Su mecanismo de cierre no requiere más hacer girar la botella; las válvulas o tapas superior e inferior son mantenidas abiertas por cordones (usualmente de nylon) y cerradas por una venda elástica que corre por dentro de la botella. Puesto que la botella Niskin es fija en el alambre en dos puntos en vez de uno (como es el caso de la botella Nansen) esto hace más fácil

aumentar su volumen de muestra. Las botellas Niskin de diversos tamaños se utilizan para la toma de muestras de varios trazadores.

2.2.2 Dispositivos múltiples de muestreo de agua

Los dispositivos de muestreo de agua múltiple permiten el uso de las botellas Niskin sobre el cable eléctricamente conductor. Diversos fabricantes tienen diversos nombres para sus productos, tal como *roseta* o *carrusel*. En todos los productos las botellas Niskin se organizan en un marco de forma circular (Figura 7), con un CTD montado generalmente por debajo o en el centro.



Figura 7. Sistema para usarse en aguas profundas, tiene 24 botellas Niskin y marcos para termómetros reversibles

La ventaja de los dispositivos multi-muestras sobre el uso del cable hidrográfico con mensajeros, es que las botellas de agua se pueden cerrar remotamente desde la cubierta. Esto significa que las profundidades de muestreo no tienen que fijarse a priori antes que las botellas sean bajadas. A medida que se baja el sistema y se

reciben los datos desde el CTD, el operador puede buscar capas de interés particular y tomar muestras de agua en los niveles de profundidad más interesantes.

2.2.3 Termosalinógrafos

La introducción del CTD abrió la posibilidad de tomar lecturas continuas de temperatura y de salinidad en la superficie. El agua de flujo continuo que entra al sistema de enfriamiento de los motores del barco, se bombea directo a un tanque en el cual se han instalados sensores de temperatura y de conductividad. Tal sistema se conoce como termosalinógrafo.

2.2.4 PERFILADOR CTD SBE 19

En la actualidad, el instrumento estándar que se utiliza para medir la temperatura, salinidad y a menudo también el contenido en oxígeno disuelto es el CTD (Por sus siglas en inglés: **C**onductivity **T**emperature and **D**epth -conductividad, temperatura y profundidad-). El Perfilador CTD SBE 19 (Figura 8) está diseñado para medir conductividad eléctrica, temperatura y presión en ambientes marinos y lacustres, hasta una profundidad de 6800 metros, opera en dos modos, perfilando y en instalación fija.

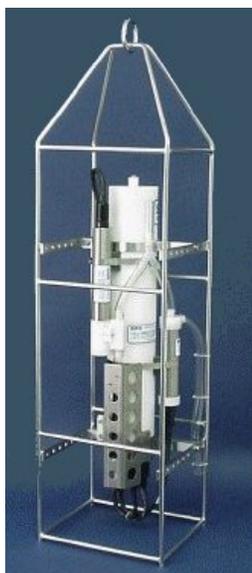


Figura 8. Perfilador CTD SBE 19

El modo de perfil está diseñado para aquellas aplicaciones en que se requieren de perfiles verticales de los parámetros medidos. En este modo, la tasa de muestreo se puede variar desde 2 veces por segundo hasta una vez cada 4 minutos, en incrementos de $\frac{1}{2}$ segundo. El modo de instalación fija provee de un mecanismo para medir series de tiempo, con tasas de muestreo desde 1 vez cada 15 segundos hasta una vez cada 8 horas, ajustable con incrementos de 1 segundo.

Este instrumento se utiliza para mediciones en aguas profundas. Sus sensores para temperatura, conductividad y presión están dentro de los pequeños paquetes en las esquinas inferiores del marco. El cilindro principal alberga la electrónica de control y de procesamiento de datos. El paquete entero se baja en un cable conductor y se conecta a la superficie a través de los conectores eléctricos a prueba de agua en la parte superior.

Con su alimentación propia (6 pilas alcalinas proveen 48 horas de operación en el modo perfilador) y su operación independiente, el perfilador SBE 19 destaca los probados sensores de conductividad y temperatura de Sea-Bird , como también un sensor de presión de estado sólido. Una memoria de estado sólido de 128 Kbytes permite 3 horas de registro (6 o 12 horas con las opciones de memoria de 512 Kb o 1024 Kb, respectivamente) cuando se muestrea a una tasa de 2 veces por segundo. La configuración, la verificación y la recuperación de datos se pueden hacer sin necesidad de abrir el aparato. Es posible un monitoreo en tiempo real, usando la capacidad de transmisión del perfilador SEACAT, vía un cable RS-232C. El poderoso software de Sea-Bird, SEASOFT CTD, genera salinidad, densidad, velocidad del sonido y otros parámetros del océano a partir de los valores archivados de CTD y, también puede ser usado para analizar, graficar y archivar datos. Otros sensores externos pueden ser alimentados y sus salidas de frecuencia o voltaje medidas con el SBE 19.

Descripción Funcional

Sensores

El perfilador tiene los sensores (celda de Pyrex y termistor protegido de la presión) y la técnica de interfaz del oscilador con puente de Wien previamente empleada por los sensores modulares de Sea-Bird SBE-3 y SBE-4. En este caso, se usa múltiplex para permitir el uso de un solo oscilador que sirva tanto para las mediciones del sensor de temperatura, como para las del sensor de conductividad. El sensor de presión es un Paine o un Paroscientific Digiquartz.

Interfaz de los Sensores

La variable con frecuencia dependiente de la temperatura o de la conductividad, generada por el puente de Wien, se adquiere (digitaliza) usando una técnica híbrida de medición del periodo (contador AP), similar a la utilizada en el CTD SBE 9 de SeaBird. El contador AP determina el número de ciclos enteros y su parte fraccionaria, de la variable con frecuencia dependiente, durante un intervalo fijo de tiempo de 0,125 segundos (este intervalo, y por lo tanto la precisión de la medición, se determina con un cuarzo de precisión TCXO). Al resultado del conteo se le agrega un valor constante y se escala, en preparación para su almacenamiento en una RAM estática CMOS. En el SEACAT, la deriva, asociada con los cambios de temperatura y el envejecimiento de las componentes, se compensa una vez por minuto con resistencias interrumpibles estables (del tipo Vishay) dentro del oscilador de puente de Wien. Las frecuencias resultantes (representando aproximadamente los límites inferior y superior del oscilador) se miden y son usadas para corregir la deriva del circuito; consecuentemente, la exactitud de la electrónica del SEACAT está limitada principalmente por la estabilidad de las resistencias Vishay y la del cristal de cuarzo que controla la base de tiempo. El sensor de presión se opera en un puente de corriente continua. La señal de salida amplificada del sensor se adquiere con un conversor A/D de 12 bits más signo, lo cual proporciona una resolución efectiva de 0,015%.

Reloj de Tiempo Real

Para minimizar el desgaste de las pilas, se usa un cristal de 'reloj' de baja potencia como fuente de frecuencia para el reloj de tiempo real. El error inicial, la deriva

inducida por la temperatura ambiente y el envejecimiento del cristal de 'reloj' se compensa midiendo su frecuencia, y comparándola con el TXCO, cada vez que el perfilador SEACAT se prende. La discrepancia (si existe) se usa para corregir aritméticamente el reloj de baja potencia. La energía del reloj la recibe desde las pilas principales o desde la batería de respaldo de litio, dependiendo de cual tiene el voltaje mas alto.

Memoria

La memoria consiste en dos (opcionalmente 4 u 8) RAM estáticas de 128k x 8 de CMOS de bajo consumo (128K, 512K o 1024K bytes). Cada registro archivado de CTD contiene 6 bytes de datos (en las unidades estándar) y se reserva un área de 2330 bytes para datos de miscelánea, incluyendo información del encabezado con el número correlativo del perfil (hasta 100 perfiles), hora/fecha y número de comienzo y termino de las muestras en cada perfil.

Interruptor Magnético

Un interruptor magnético está instalado en la protección de la celda de conductividad. Cuando el perfilador SEACAT está en estado de reposo (la CPU no está activa) y también está en el modo de perfil, llevando el interruptor magnético a su posición de 'ON', le conecta el poder a la CPU. Si el voltaje de las pilas es superior a 6 volts y hay espacio en la memoria, el SEACAT escribirá un encabezado conteniendo la hora y fecha real y el numero de perfil, y comenzará a archivar datos de CTD en la memoria. Cuando el interruptor magnético se lleva a la posición de 'OFF', el SEACAT suspenderá el archivo de datos y entrará al modo de reposo de bajo consumo. El interruptor magnético debe estar apagado cuando

el SEACAT no está archivando datos de CTD, es decir cuando está guardado, durante la configuración, durante un interrogatorio de diagnóstico o durante la recuperación de datos. Operar el interruptor magnético durante una instalación fija no produce ningún efecto.

Entrada y Salida de Datos

El SEACAT recibe instrucciones de configuración y entrega información de diagnóstico o datos previamente archivados vía una conexión de 3 cables RS-232C, y está configurado en la fábrica para 600 baud (1200 baud con el sensor opcional de presión de Paroscientific), 7 bits por dato, 1 bit de parada y paridad par. Los niveles RS-232C del SEACAT son directamente compatibles con la tarjeta de interfaz serial estándar (Adaptador de Comunicaciones Asíncronas IBM o igual). La velocidad de comunicaciones puede ser cambiada a valores alternativos usando un comando del SBE.

Baterías

El SEACAT usa 6 pilas alcalinas tamaño 'D' o pilas recargables de níquel-cadmio. Opcionalmente se usan 9 pilas en aplicaciones donde se requiere un voltaje mayor (ej., fluorescencia), si fuera necesario, se pueden usar pilas de mercurio o de carbón-zinc, pero **pilas de litio tamaño 'D' por su mayor valor de voltaje no deben ser usadas**. Las baterías de litio en el circuito se proveen como un respaldo para la memoria y el reloj de tiempo real ante el caso que las pilas principales se agoten o fallen. Se puede conectar una fuente auxiliar de alimentación (10 - 15 Vdc), en el conector principal del cabezal, para permitir las pruebas y la recuperación de datos, sin afectar la capacidad de las pilas, en

aquellas unidades que no cuentan con el aislador óptico opcional. Las pilas principales pueden ser reemplazadas sin perturbar el contenido de la memoria o el reloj de tiempo real.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Tabla 2. Especificaciones técnicas del CTD SBE 19

	Temperatura	Conductividad	Presión
Rango de Medición	-5 a +35 °C	0 a 7 S/m	50, 100, 150, 200, 300, 500, 1.000, 1500, 3.000, 5.000, 10.000 psi
Exactitud	0,01 °C / 6 meses	0,001 S / m / mes	0,25% de la escala completa (50 a 1.000 psia) 0,15% de la escala completa (3.000 a 10.000 psia)
Resolución	0,001 °C	0,0001 S / m	0.15 % de la escala completa
Calibración	-1 a +31 °C (mediciones fuera de este rango podrían tener una leve reducción en la exactitud debido a errores de extrapolación)	0 a 7 S / m. Calibración física en el rango de 1.4 a 6 S / m. Mediciones fuera de este rango podrían tener una leve reducción en la exactitud debido a errores de extrapolación.	0 a escala completa en pasos de un 20%

Memoria

RAM estática CMOS, 128K o (opcional) 512K o 1024K bytes; respaldada por batería para un mínimo de retención de datos de 2 años.

Reloj de tiempo real

Cristal de 'reloj' de 32.768 Hz; respaldado por batería para un mínimo de 1 año de operación, independiente de la condición de la batería principal. Corregido por deriva y envejecimiento, comparándolo con el contador de la base de tiempo.

Baterías

6 pilas alcalinas tamaño 'D' proveen 48 horas de operación continua y años de retención de datos.

Materiales

Gabinete presurizado para 600 metros. Copolimero de acetato.

Gabinete presurizado para 3400 metros. Aluminio anonizado 6061-T6.

Gabinete presurizado para 6800 metros. Aluminio anonizado 7075-T6.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

3.1 TOMA DE DATOS EN CRUCERO

Parámetros Físicos

En la columna de agua se miden directamente con el CTD temperatura, conductividad y presión, Con los cuales se obtiene por medio de un procesamiento posterior del cual hablaremos mas adelante, datos de salinidad, densidad y profundidad. La profundidad sobre la zona costera se calcula con la ecosonda del buque. En el área oceánica, además de la ecosonda la profundidad se obtiene por medio de las cartas batimétricas existentes.

Utilización del CTD sobre la plataforma

La calidad del dato se asegura desde el instante mismo de su medida con el instrumento, y depende de la forma como se utilice este para realizar la medida, por este motivo el CCCP a desarrollado un procedimiento para utilizar el sensor CTD sobre la plataforma del crucero oceanográfico, ya que esta maniobra se repite para cada estación de la grilla recorrida en la campaña de investigación, colectando los perfiles de datos de cada variable medida por el instrumento y las derivadas de estas.

Todas las maniobras de manejo del CTD serán a orden del jefe de estación. Como se describe en el siguiente diagrama de tiempos y operaciones:

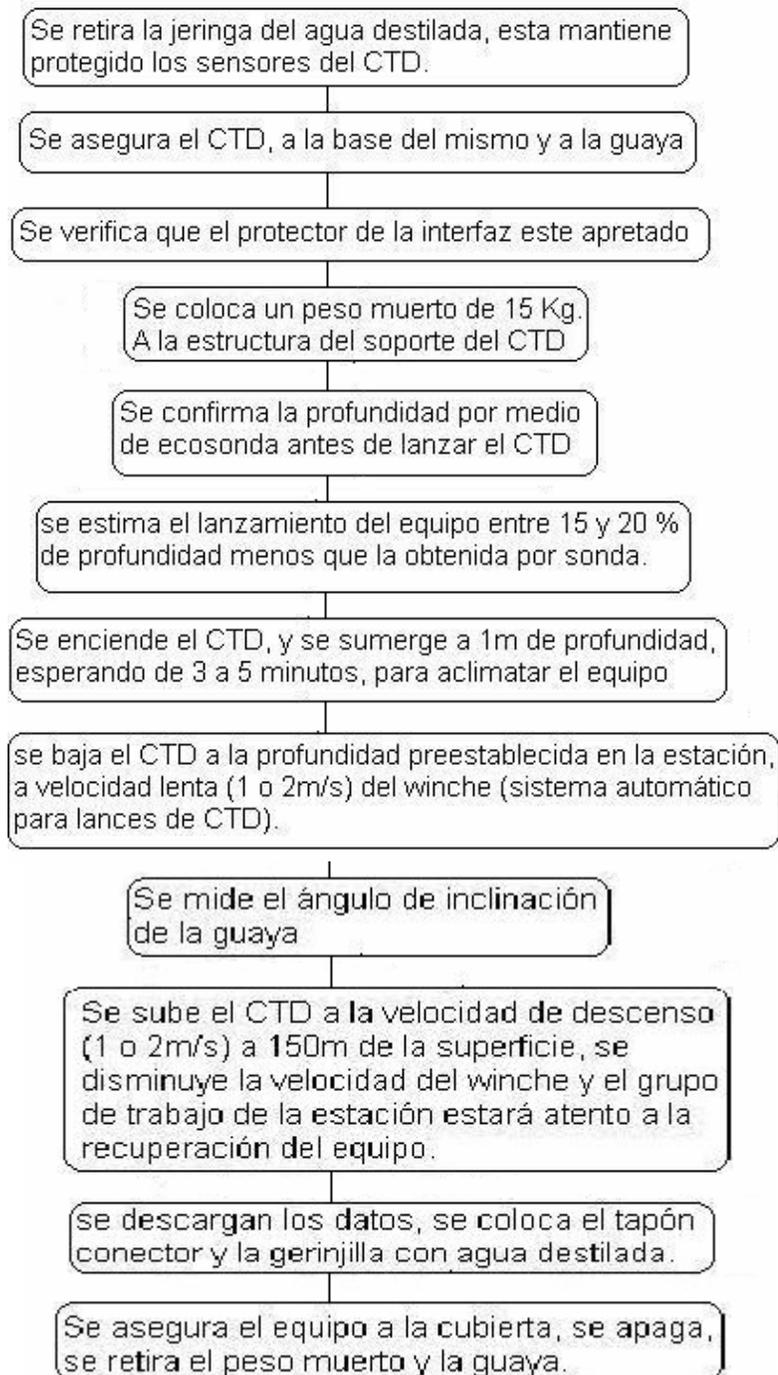


Figura 9. diagrama de tiempos y operaciones del manejo del CTD sobre la plataforma del crucero. Con la correcta ejecución de estas maniobras se empieza a asegurar la calidad de los datos colectados en la campaña oceanográfica.

3.2 CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

Para realizar el control de calidad y validación de los datos, se desarrolló una metodología basada en estándares internacionales para calificar la calidad de estos. Para la ejecución de la metodología se implementó en una herramienta computacional con el objetivo de sistematizar el proceso.

3.2.1 METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS (PARÁMETROS FÍSICOS)

La metodología que se describe a continuación explica los pasos seguidos para llegar a calificar de una manera confiable, única y sistemática los datos de Temperatura y Salinidad colectados en las investigaciones oceanográficas utilizando sensores CTD; como los son los datos del banco de prueba colectados en el crucero regional ERFÉN XL realizado en el mes de septiembre de 2005.

Se tomó como base, el manual de procedimientos recomendado por *Sea-Bird Electronics* para tratar datos obtenidos con perfiladores CTD y documentos de la UNESCO que presentan procesos generales de control de calidad como los utilizados por el IFREMER (instituto francés de investigación para la explotación del mar), el NODC (Centro nacional de datos oceanográficos) de los Estados Unidos, el Instituto español de oceanografía entre otros, pero que se pueden adaptar para ser aplicados a datos de zonas específicas como la CPC.

La metodología consta de dos etapas, un procesamiento preliminar que se realizó con el software específico del CTD y el posprocesamiento que se ejecuta con la herramienta desarrollada.

3.2.1.1 Procesamiento preliminar

Este se basó en el manual de procesos de *Sea-Bird Electronics*, para la ejecución de las operaciones se utilizó el software especial del CTD *SEASOFT WIN 32* que contiene varios programas como el *SEASAVE* y el *SBE DATA PROCESSING*; El cual es un menú modular que contiene rutinas de adquisición, despliegue, procesamiento y archivo de datos oceanográficos adquiridos con los equipos *SEABIRD* [9]. Utilizando este software se edita, convierte y procesa archivos de datos crudos en primera instancia, con el objetivo de corregir posibles errores en la adquisición de datos con el instrumento.

Como resultado de la aplicación de los módulos obtenemos archivos (*.cnv) conformados por información general de la medida de los datos con el instrumento (información de cabecera), y columnas de datos de diferentes variables como: Profundidad, Temperatura, Conductividad y Salinidad, promediados a profundidades de un metro los cuales se guardan en el directorio CNV. Quedando listos para el post-procesamiento. El procedimiento preliminar se ilustra a continuación en el siguiente diagrama de tiempos y operaciones:

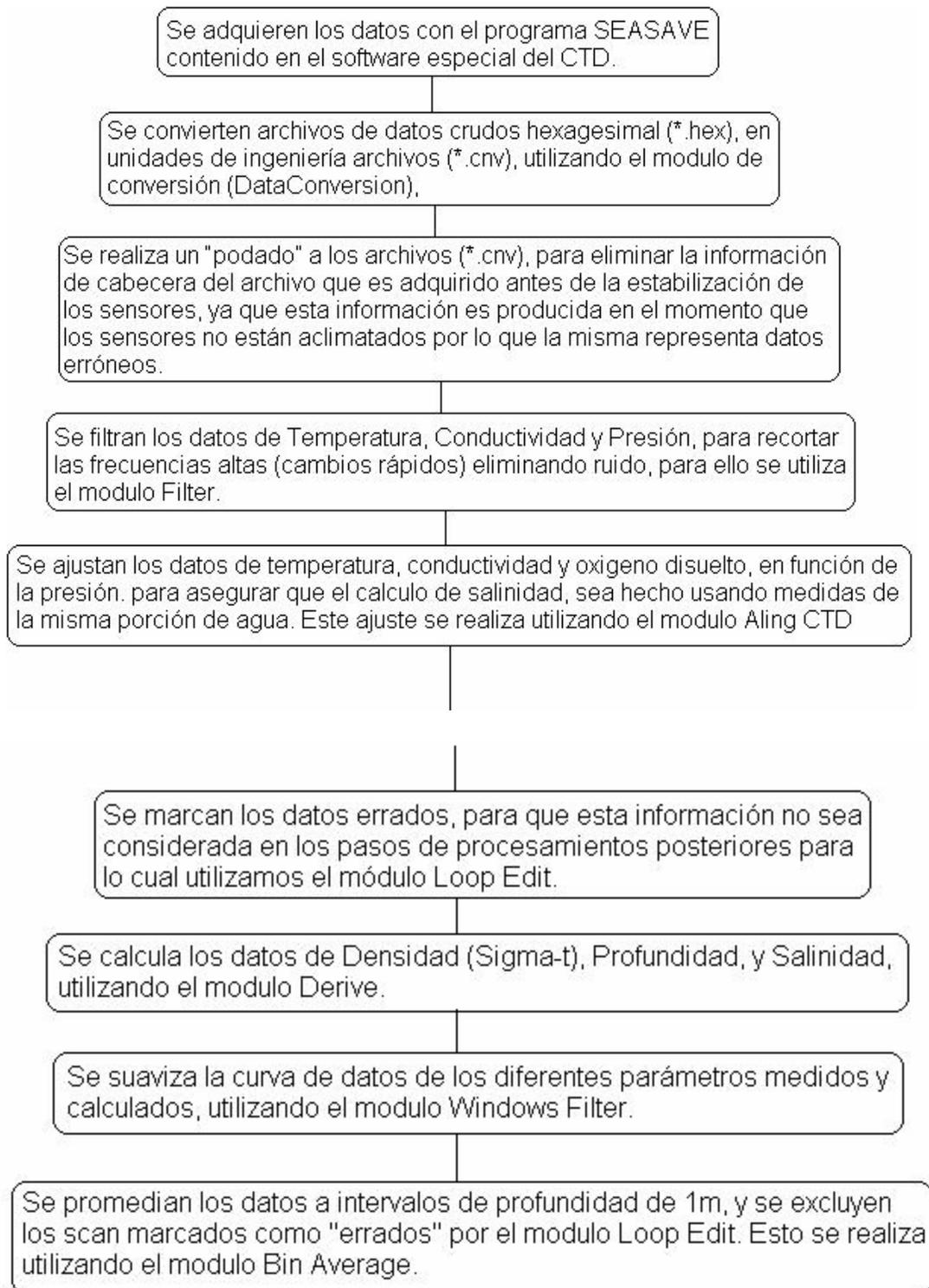


Figura 10. Diagrama de tiempos y operaciones del Preprocesamiento

3.2.1.2 Post-procesamiento

Este se baso en el Manual de procesos de control de calidad para validación de datos oceanográficos del programa IODE. En esta etapa de la metodología se define formatos de entrada y salida de la herramienta y se aplica pruebas de Perfil, Climatologica e Inspección Visual para calificar el dato. El proceso fue adaptado a los datos de los parámetros oceanográficos que se recolectaron de la zona de estudio ya que la documentación no especifica el tiempo ni el lugar donde aplicar los procesos, ni proporciona estándares únicos de control de calidad que sean aplicables en todas las condiciones oceanográficas y climáticas, y para todos los propósitos y tipos de datos [2].

El formato de entrada se define como la conversión de los archivos (*.cnv) en archivos (*.xyz). eliminando la información de cabecera y adicionando información temporal y espacial de la medida de los datos, de este modo los archivos (*.xyz) contendrán columnas de datos de Profundidad, Temperatura, Salinidad, Densidad, Estación, Latitud, Longitud, Día, Mes y año.

El formato de salida contendrá la información de los archivos (*.xyz), mas las columnas de Quality Flag al frente de cada dato de los parámetros procesados (Temperatura y Salinidad).

Para realizar la prueba de Perfil se tomaron los filtros que presenta el manual, con los cuales verificamos la consistencia de los perfiles de datos colectados y lo racional de la medida.

Al aplicar esta prueba se hace pasar los datos a través 5 filtros. Los cuales son RANGOS GLOBALES, RANGOS POR CAPAS, PERTURBACION VERTICAL, INVERSION DE DENSIDAD Y GRADIENT MAXIMO.

Estos filtros califican el dato con una bandera de calidad (Q_F) parcial como los muestra la tabla 3.

Tabla 3 Respuesta de los filtros basados en la World Ocean Database 2001 Quality flag

FILTRO	Quality Flag
Rangos Globales	0 : Bueno o 8: Malo
Rangos por Capas	0 : Bueno o 8: Malo
Inversión de Densidad	0 : Bueno o 8: Malo
Perturbación Vertical	0 : Bueno o 8: Malo
Máximo Gradiente	0: Bueno o 8: Malo

Los filtros se describen a continuación, mostrando sus diagramas de flujo

RANGOS GLOBALES.

Este filtro toma los datos de temperatura y salinidad y verifica si están dentro del rango global permitido para el parámetro los cuales son: temperatura mínima -2.5 °C, temperatura máxima 35 °C, salinidad mínima 0, salinidad máxima 41. Con este filtro se asegura la razonabilidad física del valor del dato en toda la columna de agua.

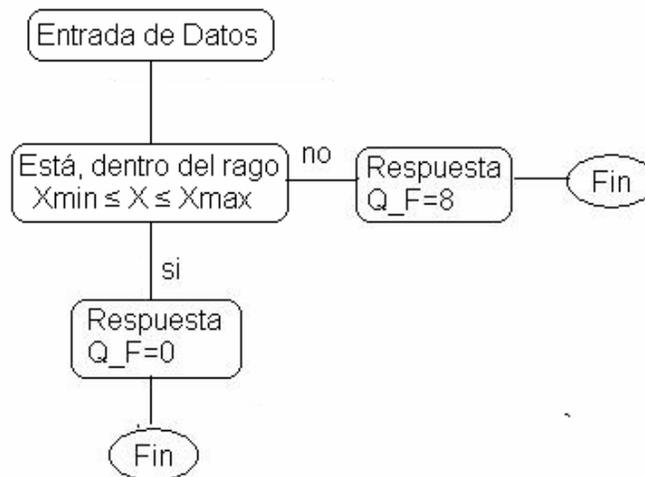


Figura 11. Diagrama de flujo del filtro RANGOS GLOBALES, donde X es Temperatura o Salinidad

RANGOS POR CAPAS

Este filtro comparará los valores de Temperatura o Salinidad provenientes del CTD con los límites físicos válidos para un determinado intervalo de profundidad según la tabla 4.

Tabla 4 Tabla A.4.2 de la sección 4 del manual del programa IODE. Valores Límites de Temperatura y Salinidad, por rangos de profundidad.

CAPAS DE PROFUNDIDAD	TEMPERATURA °C		SALINIDAD ‰	
	MIN	MAX	MIN	MAX
0 – 50	-3.0	35	0	47
51 – 100	-3.0	30	1	40
101 – 400	-2.5	28	3	40
401 – 1100	-2.0	27	10	40
1101 – 3000	-1.5	18	22	38
3001 – 5500	-1.5	7	33	37
5501 – 12000	-1.5	4	33	36.3

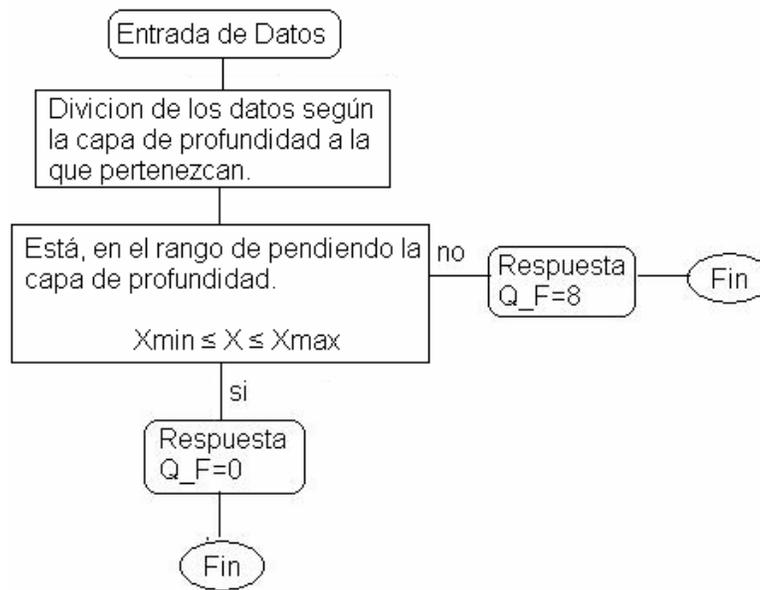


Figura 12. Diagrama de flujo del filtro RANGO POR CAPAS, donde X es Temperatura o Salinidad

PERTURBACION VERTICAL

Este filtro identifica si existen perturbaciones en la distribución vertical de los datos de Temperatura y Salinidad recolectados con el CTD. Estableciendo Condiciones limites $\Delta T = 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta S = 0.1$, para determinar una perturbación.

El mismo utiliza la siguiente expresión matemática para establecer si el dato T_m o S_m , perturba o es un pico en la distribución vertical de los datos del parámetro.

$$\text{abs} [T_m - (T_{m+1} + T_{m-1} / 2)] - \text{abs} [T_{m-1} - T_{m+1} / 2] < \Delta T$$

$$\text{abs} [S_m - (S_{m+1} + S_{m-1} / 2)] - \text{abs} [S_{m-1} - S_{m+1} / 2] < \Delta S$$

Donde T y S son valores de temperatura y salinidad respectivamente; y m numero del nivel de profundidad.

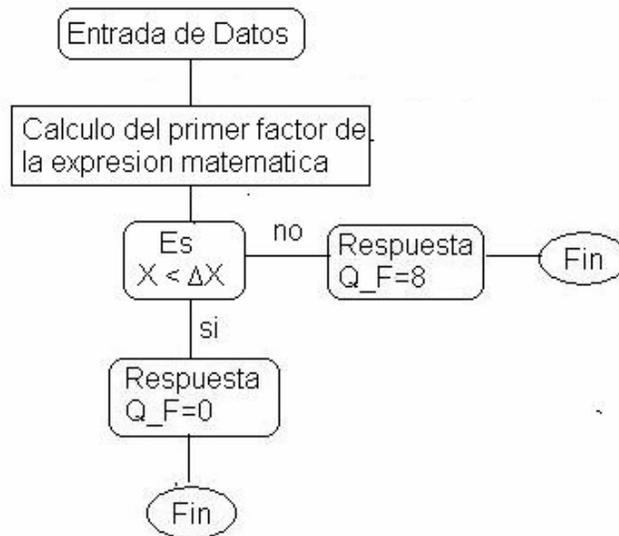


Figura 13. Diagrama de flujo del filtro PERTURBACION VERTICAL, donde X es el calculo del primer factor de la expresión para Temperatura o Salinidad y ΔX es el valor limite para Temperatura o Salinidad

INVERSIÓN DE DENSIDAD

Este filtro identifica si a una profundidad determinada el valor de densidad es mayor que la medida de densidad subsiguiente a una profundidad mayor que la anterior. Si existe una inversión de densidad se califica con un $Q_F = 8$ el dato del parámetro que esta siendo procesado.

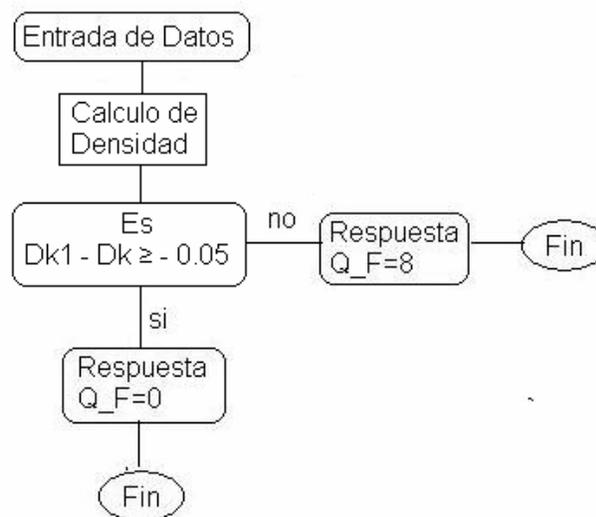


Figura 14. Diagrama de flujo del filtro INVERSION DE DENSIDAD, donde D es la densidad del agua de mar

GRADIENTE MÁXIMO

Este filtro prueba que el gradiente entre dos pares de puntos adyacentes en un determinado perfil de Temperatura o Salinidad no supere el umbral predeterminado. Este umbral es de 10 °C para Temperatura y un valor de 5 para Salinidad. Si se supera el umbral el dato X2 del parámetro procesado es calificado con un Q_F = 8.

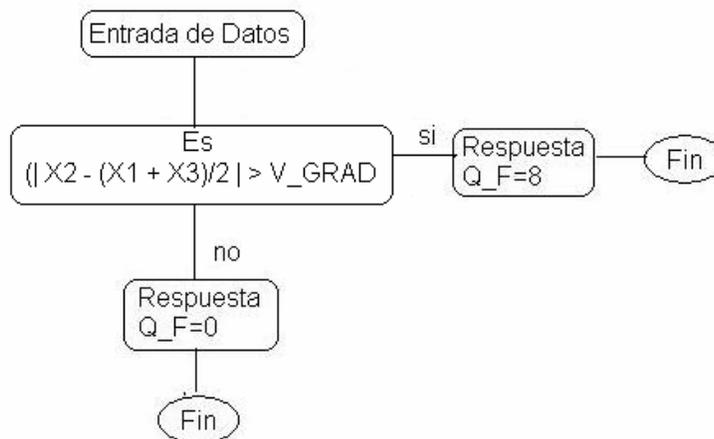


Figura 15. Diagrama de flujo del filtro GRADIENTE MAXIMO, donde X es Temperatura o Salinidad y V_GRAD es el valor del umbral predeterminado

La prueba Climatologica se realizo utilizando los datos de temperatura y salinidad de la climatología estacional de **Levitus** 2005, los cuales se encuentran a profundidades estándar, por lo que se interpolaron en intervalos de profundidad de 1m, utilizando el método de interpolación denominado **splines cúbicos**, esto con el fin de establecer un patrón climatológico y poder comparar los datos de la climatología con los datos de temperatura y salinidad colectados. Esta prueba considera consistente con la climatología, datos de estaciones costeras (profundidad menor a 100 m) si estos no se distancian 5 desviaciones estándar de sus correspondientes datos en la climatología, para los datos de estaciones intermedias (rango de profundidad de 100m a 400m) la condición es 4 desviaciones y para datos

de estaciones oceánicas (profundidad mayor a 400m) la condición es 3 desviaciones. Para esta prueba se desarrollo un filtro denominado PATRON CLIMATOLOGICO el cual se describe a continuación

PATRON CLIMATOLOGICO

Este filtro identifica la ubicación geográfica de la estación donde fueron colectados los datos, con el fin de establecer la climatología específica, la cual se extrae de la climatología general de **Levitus**, luego utilizando el método de esplines cúbicos se interpolan los datos de la climatología. Finalmente cada dato del perfil se compara con el del patrón climatológico, si el valor absoluto de la diferencia entre los datos es mayor que, 5 std (desviación estándar) para datos tomados en estaciones costeras (profundidad menor a 100 m), 4 std para estaciones en un rango de 100 a 400 m, y 3 std para estaciones con profundidades mayores a 400 m. El dato se sale del rango de tolerancia y es marcado como inconsistente de lo contrario es marcado como bueno. Este filtro no califica el dato como malo en su bandera de calidad parcial ya que la climatología es una aproximación. El algoritmo se ilustra en el siguiente diagrama de flujo

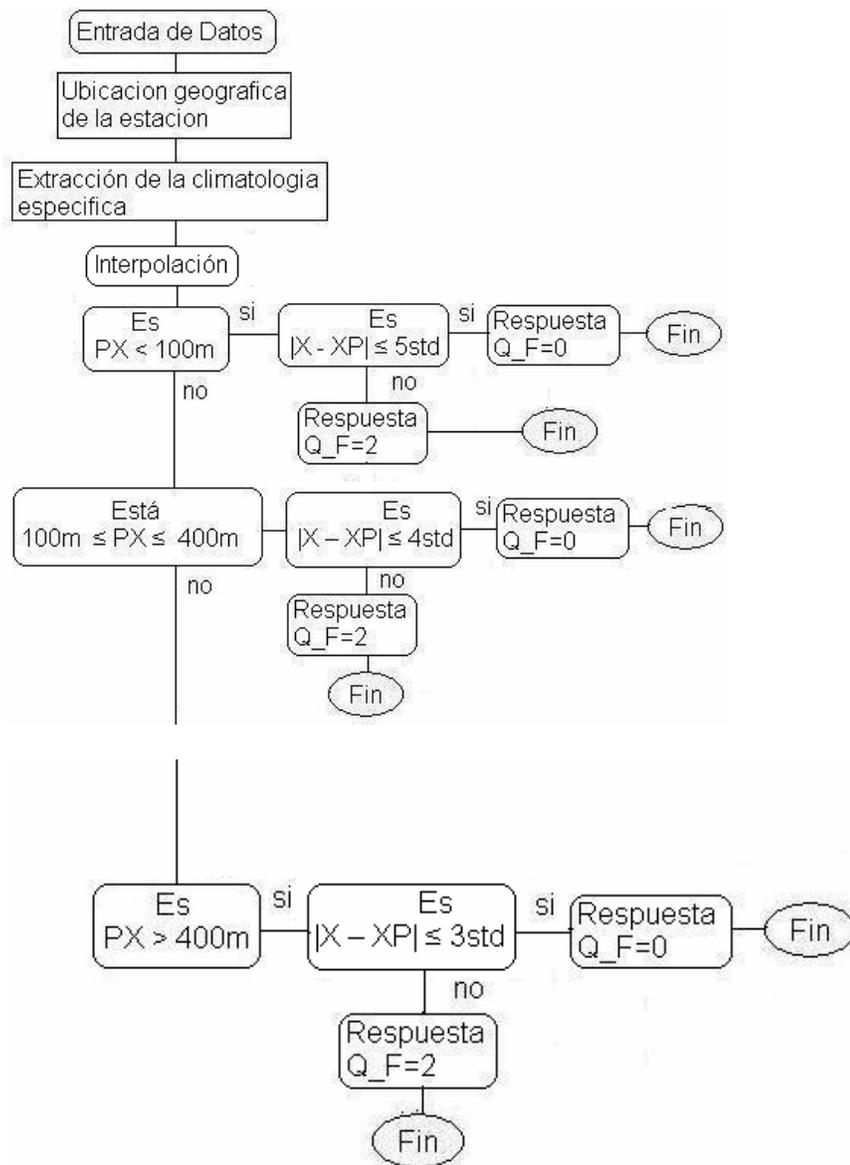


Figura 16 . Diagrama de flujo del filtro PATRON CLIMATOLOGICO

donde X es Temperatura o Salinidad, XP es temperatura o salinidad patrón y PX es la profundidad a la cual esta X. Después de aplicar las pruebas de Perfil y Climatologica se analizan las respuestas de los filtros para calificar el dato en primera instancia, para esto se realizo un algoritmo denominado **CALIFICADOR**. Este examina la combinación de respuesta de los filtros con base a unas reglas

lógicas e impone la bandera de calidad al dato. Las reglas se definieron teniendo en cuenta la experiencia de los investigadores del CCCP en validación de datos oceanográficos, el work ocean data base 2001 quality codes, y el análisis de las posibles combinaciones de respuesta de los filtros, desechando las que no tenían ninguna posibilidad de ocurrencia, dependiendo de la naturaleza de los mismos. A continuación se listan las reglas y se presenta el diagrama de flujo del algoritmo **CALIFICADOR**.

1. El dato será calificado como bueno si y solo si, pasa todos los filtros.
2. El dato será calificado como desconocido si y solo si, no pasa en todos los filtros.
3. El dato será malo si, no pasa el filtro de limite por capas junto con el filtro de inversión de densidad, perturbación vertical o gradiente máximo.
4. El dato será dudoso si no pasa alguno de los filtros de las pruebas de perfil y climatologica.

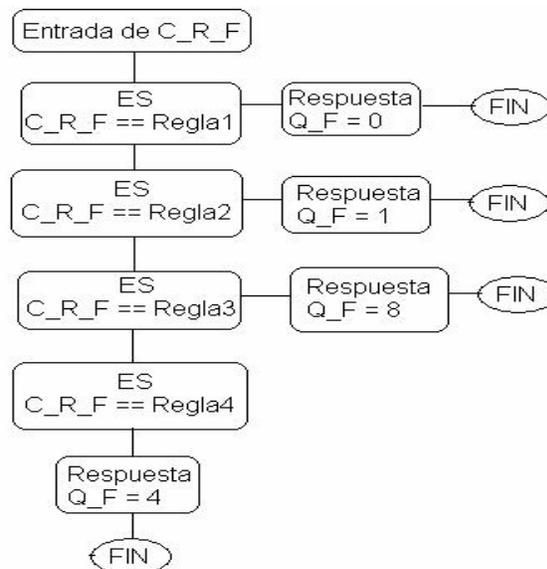


Figura 17. Diagrama de flujo del algoritmo CALIFICADOR, donde C_R_F es la combinación de respuestas de filtros

El algoritmo produce el archivo de datos procesados el cual contiene la información existente en los archivos (*.xyz) mas las columnas de *Quality Flag* al frente de cada dato de los parámetros procesados. Las banderas de calidad están basadas en la definición de *Quality Flag* de CENIMARC, que responde a las banderas del *Ocean Data View* (ODV), el cual es un esquema resumido del utilizado por el *Ocean Climate Laboratory* (OCL). Como se muestra en la tabla 5

Tabla 5 Banderas de Calidad de CENIMARC basados en la World Ocean Database 2001 Quality Codes

ODV	OCL	CENIMARC
0: Bueno	0	0: Bueno
1: Desconocido	no hay valor	1: Desconocido
4: Cuestionable	1-5 para todo el perfil u observación individual	4: Cuestionable
8: Malo	6-9	8: Malo

Para realizar la prueba de inspección visual se grafican los perfiles de datos crudos y procesados, comparándolos con la grafica del patrón climatológico, además se desarrollo un redactor interactivo el cual permite cambiar la bandera de calidad al dato a criterio del investigador, imponiendo la bandera de calidad definitiva. El post-procesamiento se describe a continuación en el siguiente diagrama de tiempos y operaciones.

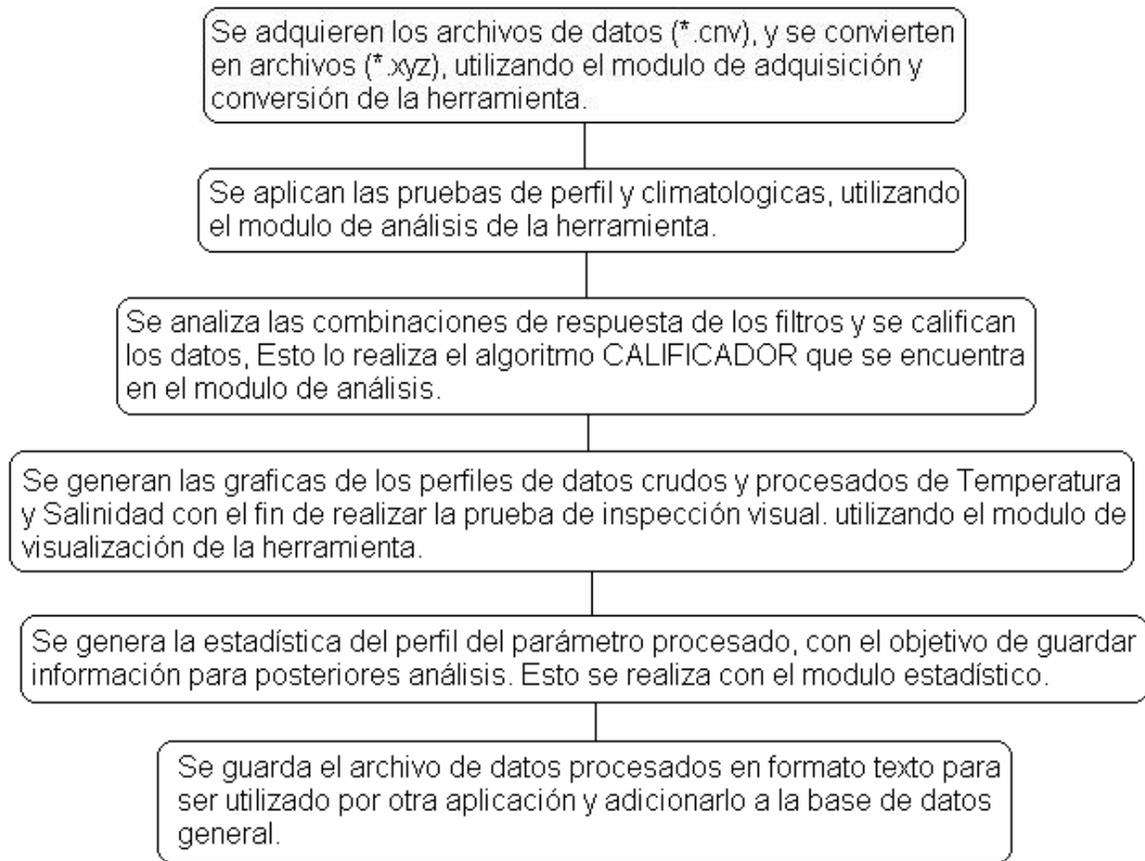


Figura 18. Diagrama de tiempos y operaciones del Post-procesamiento

Estas y demás operaciones necesarias, se ejecutan con la herramienta computacional la cual se desarrollo utilizando como plataforma un programa adecuado para procesar y analizar datos como lo es MatLab de *Matwoks inc* en su versión para *Linux*. La razón por la cual se prefirió este software es por que contiene librerías para realizar análisis estadístico, permite realizar cálculos numéricos con vectores y matrices, permite realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones, y contiene la herramienta para desarrollar GUI's (Interfaz Grafica de Usuario). El manejo de la herramienta se describe en el ANEXO B

3.2.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

La elección del software para el desarrollo de la herramienta se baso en la necesidad de contar con un paquete computacional que procesara, almacenara y manejara datos, además de contener librerías para realizar análisis estadístico, y que permitiera desarrollar GUI's (Interfaz Grafica de Usuario).

Por estos motivos se eligió MATLAB que es el nombre abreviado de "MATrix Laboratory". Este es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares tanto reales como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Una de las capacidades más atractivas de MatLab es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones y tener un lenguaje de programación propio, que nos permite realizar funciones específicas. Esta plataforma de desarrollo cuenta con librerías especializadas (toolbox) como *GUIDE* para la creación de interfaz grafica de usuario que nos permitió realizar una presentación del programa mas amigable y fácil de manejar.

MATLAB es un software de cálculo técnico y científico. Para ciertas operaciones es muy rápido, cuando puede ejecutar sus funciones en código nativo con los tamaños más adecuados para aprovechar sus capacidades de vectorización, En otras aplicaciones resulta bastante más lento que el código equivalente desarrollado en C/C++ o Fortran, sin embargo por ser una herramienta de alto nivel, el desarrollo de programas numéricos con MATLAB puede requerir un orden de magnitud de menos esfuerzo que con lenguajes de programación convencionales, como Fortran, Pascal, C/C++, Java o Visual Basic[15].

La herramienta tiene un diseño de carácter modular, con el objetivo de ser flexible a cualquier cambio o adición de otros módulos que en el futuro sea necesario.

Los módulos contienen rutinas propias, y funciones de MatLab para ejecutar las acciones necesarias en el proceso de control de calidad, estas rutinas y funciones son integradas en un programa principal desarrollado con la herramienta GUIDE de MatLab.

3.2.2.1 Diseño y Estructura de la Herramienta

La herramienta se diseño teniendo en cuenta las etapas del Post-procesamiento, por lo que esta tenia que poder ejecutar operaciones como, adquisición y conversión de archivos (*.cnv), aplicación de pruebas de Perfil y Climatologicas, calificación e imposición de banderas de calidad de forma autonoma, visualización de los perfiles de datos para la aplicación de la prueba de inspección visual contando con un redactor interactivo para la corrección de la bandera de calidad impuesta al dato, generación de estadística y grabación de archivo en formato texto, además que contara con una interfaz grafica de usuario (GUI) que permitiera el fácil manejo de la misma, por parte del investigador o usuario.

Teniendo en cuenta estas necesidades, el numero de parámetros a procesar y la magnitud de los archivos de datos se considero que la herramienta adoptara un carácter modular, donde cada modulo integrado por subprogramas ejecutara un acción específica. Siendo estos contenidos en un programa principal que presentara una GUI permitiendo al usuario ejecutar cada etapa del Post- procesamiento de una forma rápida y fácil.

El diseño contempla que las variables generadas por cada modulo en el proceso sean consideradas globales de esta manera cualquier modulo en cualquier momento, puede utilizarlas. El siguiente diagrama muestra la estructura de la herramienta

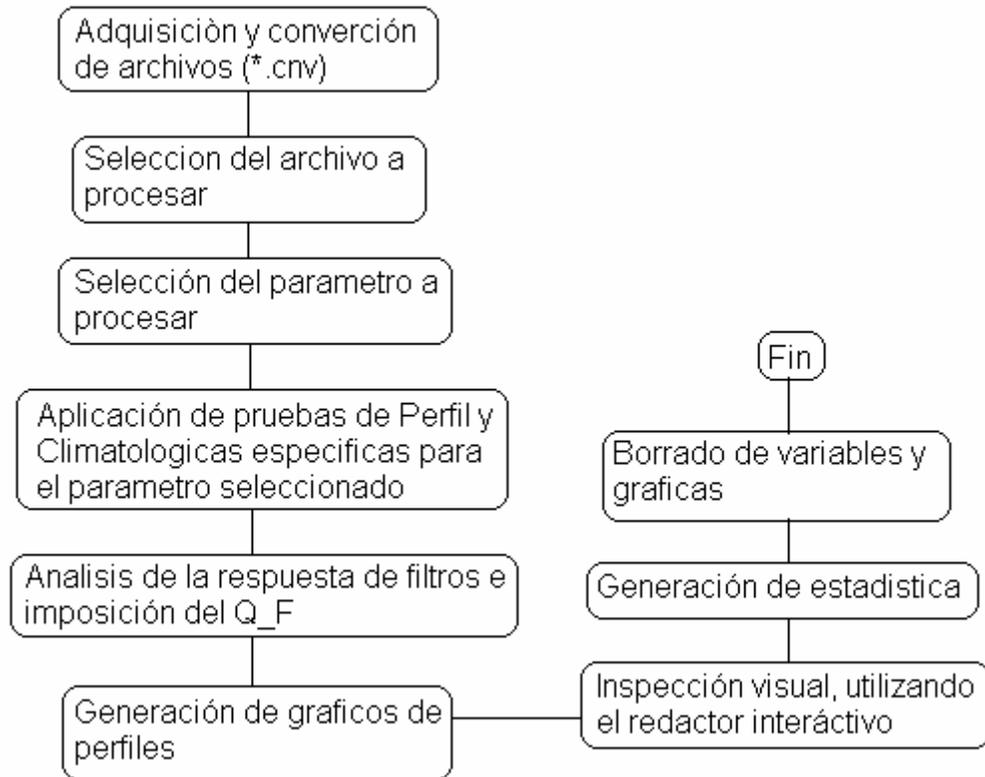


Figura 19. Diagrama de flujo del funcionamiento de la herramienta computacional

El modulo de adquisición y conversión, es en donde se leen y se convierten los archivos en formato (*.cnv), a formato(*. xyz), guardándolos en el directorio Datos_Crudos. Cuando se selecciona el archivo a procesar se genera la variable DATOS_CRUDOS que se guarda en la memoria (espacio de trabajo de MatLab). En modulo de análisis se, realiza: la selección del parámetro a procesar en donde se extrae de la matriz de datos crudos los datos de cada parámetro (temperatura, salinidad).

se ejecutan los filtros específicos para las pruebas de perfil y climatologías aplicadas a los datos de temperatura generando la variable RESPUESTA_FILTROS_T que se guarda en la memoria, se ejecutan los filtros específicos para las pruebas aplicadas a los datos de salinidad generando la variable REPUESTA_FILTROS_S. que se guarda en la memoria. Por ultimo el algoritmo de calificación recibe las respuestas de los filtros, las analiza e impone la bandera de calidad, generando la variable DATOS_PROCESADOS la cual se guarda en la memoria.

En el modulo de visualización se generan las graficas comparativas de datos crudos y procesados de temperatura, y las graficas para la salinidad, Se aplica la prueba de inspección visual utilizando el redactor que permite capturar un punto con el ratón de cualquiera de las graficas para obtener la información de respuesta de filtros y bandera de calidad, a través de una interfaz grafica de usuario que nos permite modificar la bandera de calidad si es necesario.

El modulo estadístico despliega una interfaz grafica de usuario en donde se puede generar la estadística descriptiva y el numero de datos con las diferentes banderas de calidad de los perfiles de temperatura y salinidad que se procesaron. Estos archivos son guardados en el directorio EST.

Al finalizar se despliega un cuadro de dialoga que permite decidir si se cierra o no la herramienta.

3.2.2.2 Descripción y Desarrollo del Programa Principal

El programa principal integra los módulos antes mencionados, y realiza diferentes operaciones que permitieron realizar el post-procesamiento de los datos de una forma rápida, sencilla y articulada. El programa crea una GUI (Figura 20), la cual se programa para ejecutar cada acción del post-procesamiento presionando el botón especificado para dicha acción en el menú.

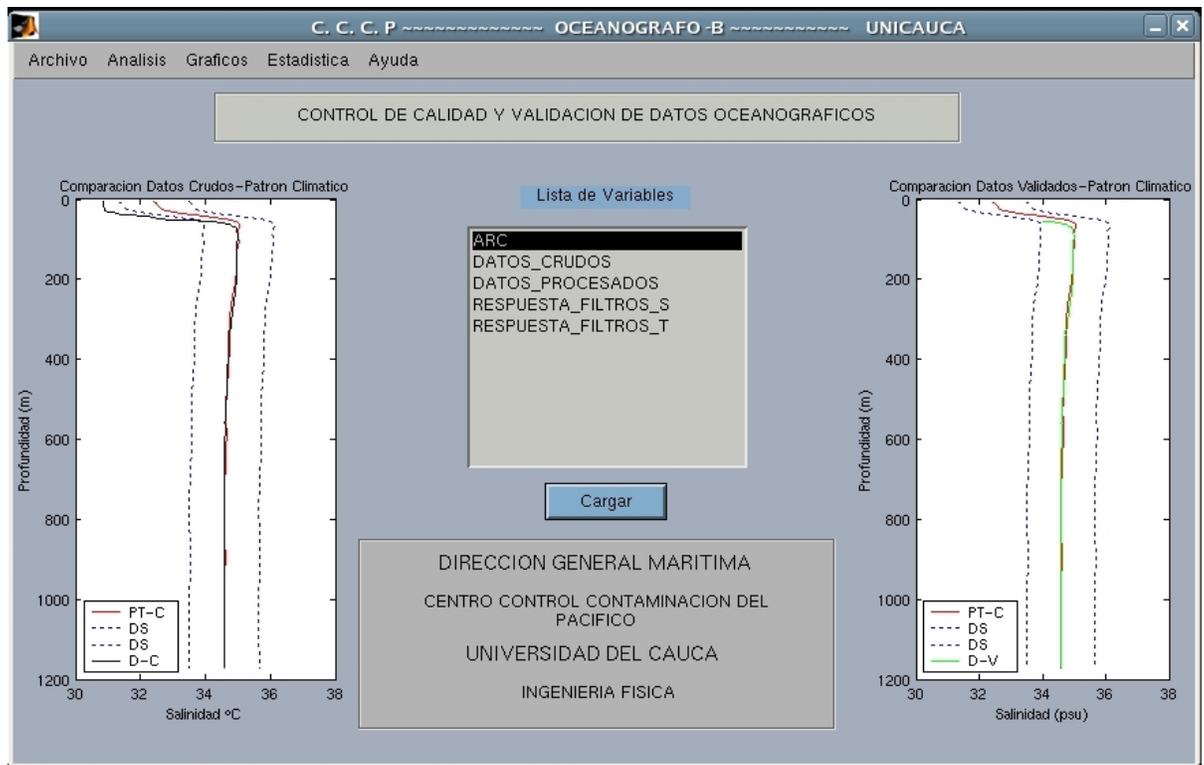


Figura 20. GUI (OCEANOGRÁFO B) para el Control de Calidad y Validación de Datos Oceanográficos (Temperatura, Salinidad).

En esta GUI se muestran las graficas de los perfiles de datos de los parámetros procesados, posibilitando la prueba de inspección visual, además permite ver el contenido de las variables generadas.

LA interfaz grafica del programa principal se desarrollo utilizando la herramienta GUIDE (GUI Development Environment) de la versión 6.5 de MatLab para Linux, la cual sirve para el desarrollo de aplicaciones GUI bajo entorno grafico GUIDE provee al usuario de un conjunto de herramientas de uso sencillo que simplifica de enorme manera el diseño y programación de GUI's [15].

El primer paso para el desarrollo del programa principal fue inicializar la herramienta de MatLab para hacer GUI tecleando GUIDE en la línea de comando, con lo que se presenta una plantilla como lo muestra la (Figura 21), esta permite seleccionar los componentes y arrástralos al área de diseño, en donde se elaboro la ventana principal de la herramienta, la cual se personalizo utilizando el editor de propiedades con el cual se especifica el nombre, tamaño, color, etc.

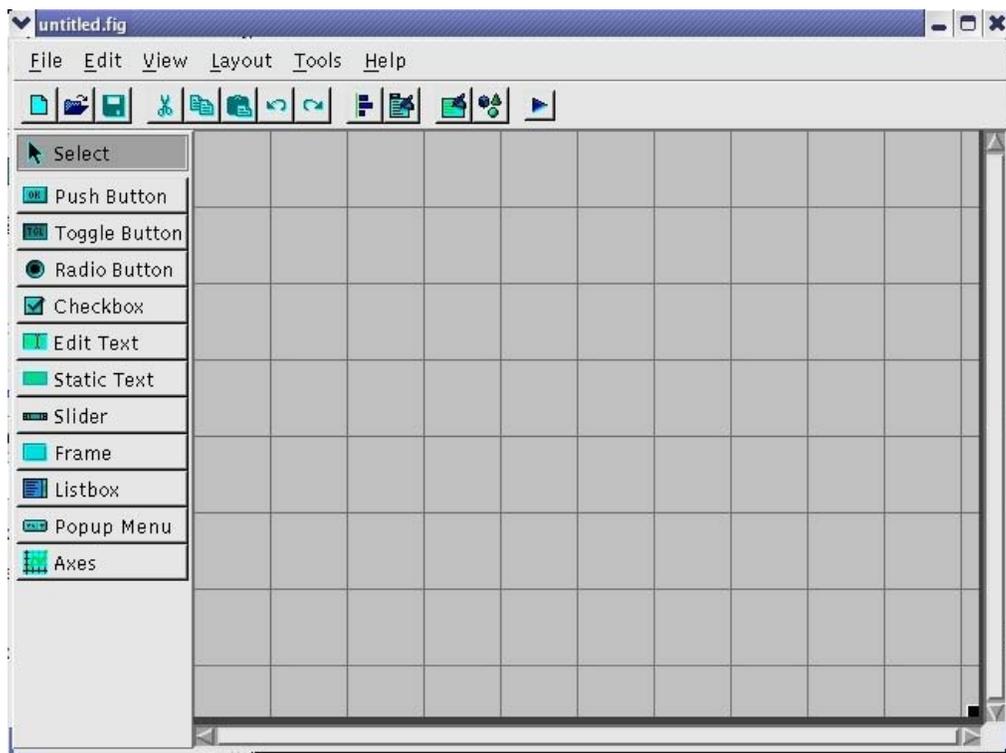


Figura 21. GUIDE

Con la opción **axes** se crearon los ejes graficos, con **listbox** se creo el cuadro que contiene la lista de variables, el botón **Cargar** se creo con **pushbutton**, **frame** para los cuadros y **static text** para los textos. Para crear la barra de menú se utilizo el editor de menú del **Tools** de la plantilla, creando los diferentes menús como **Archivo**, **Análisis**, **Gráficos**, **Estadística**, **Ayuda** que contienen los botones que llaman a la funciones que ejecutan las acciones del control de calidad, utilizando el editor de propiedades se les especifica a los botones propiedades como **tags** que sirve para que el programa principal identifique el objeto cuando se ejecuta y **string** que es la cadena de caracteres que muestra el botón.

Terminada la parte de diseño de la ventana principal, se procede a programar los componentes de la misma, para que ejecuten las acciones.

La herramienta GUIDE produjo 2 ficheros *PROTOTIPO.fig* que contiene la descripción completa de la figura GUI diseñada y de todos componentes este se refresca cada vez que se le agrega un componente al área de diseño. El otro es el fichero denominado GUI M-FILE (*PROTOTIPO.m*), que contiene las funciones que ejecutan y controlan la GUI, aquí se encuentran las funciones que definen cada componente las cuales se programaron para que cada componente o botón realizara la respectiva acción.

El programa principal, abre el fichero .fig, con la función de MatLab **openfig**, la cual retorna un identificador, que es utilizado para crear la estructura de referencia (handles structure). A las funciones que definen los componentes se les pasa la estructura de referencia, con el fin de compartir datos entre componentes y poder acceder y cambiar propiedades entre los mismos.

Cuando se presiona un botón, el programa reconoce cual se presiono a través del **tags**, y lo llama con el **callback** (llamado atrás) asociado, luego ejecuta la líneas de código que contiene dicha función que define el botón. Muchos de los componentes solo necesitaron para realizar su acción específica, ubicar la función necesaria, como por ejemplo el botón importar que pertenece al modulo de adquisición y conversión y se encuentra en el menú Archivo de la herramienta, este solo se programa colocando la línea de código **Proceso_CTD**.

Los componentes se programaron de la siguiente manera:

- Importar: se programo con la función **Proceso_CTD**.
- Seleccionar: se programo con la función **ADQ_DAT**.
- Temperatura: se programo con las funciones que implementa los filtros para temperatura.
- Salinidad: se programo con las funciones que implementan los filtros de salinidad.
- Calificar: ejecuta la función que implementa el algoritmo de calificación e imposición de la bandera de calidad.
- G_T: se programo con las funciones *G_T* e *información*.
- G_S: ejecuta las funciones *G_S* e *información*.
- Estadística: se programó con la función *estadística*.
- Ayuda: se programo con la función *ayuda*.
- Guardar: se utilizo la instrucción **cd /Datos_Procesados**, para cambiar de directorio y las funciones **fprintf**, **fopen**, **fclose** para escribir los archivos en el directorio donde se guardaran en formato texto. Además se genera un cuadro

de texto que te confirma si se guardo correctamente el archivo de datos procesados.

- **Borrar:** Para borrar las graficas y la lista de variables se utilizo la función **get** con la cual se adquiere la referencia de las graficas de los perfiles las cuales son hijos de los ejes, y luego se pasa a la función **delete** que ejecuta la acción.
- **Reiniciar:** Reiniciar utiliza las funciones **clear all** y **clc** para eliminar las variables generadas en el proceso antes de comenzar con un nuevo archivo de datos crudos, con el fin de evitar saturar el programa.
- **Salir :** Salir genera un cuadro de dialogo con la función **questdlg** que permite confirmar la salidad y utiliza las instrucciones **switch**, **case** para ejecutar la función **delete** a la cual se le pasa la referencia de la GUI con la fusión **gcbf** para borrar la interfaz.
- **Cargar:** utiliza la función **evalin** que crea una variable de tipo **cellarray** (arreglo de celda) que contiene todas las variables almacenadas en el espacio de trabajo de MatLab, esta variable se le pasa al cuadro de lista con la función **set**.
- **Lista de Variable:** utiliza la función **get** para adquirir la cadena y el valor de la variable seleccionada en la lista y se la pasa al la función **openvar** que despliega su contenido utilizando el editor de arreglos de MatLab. Para ver el contenido de la variable dando clic con el ratón sobre esta, en la lista se manipula la propiedad **ButtonDownFcn**.

3.2.2.3 Desarrollo de los Módulos de Proceso

Modulo de Adquisición y Conversión.

Para el desarrollo de este modulo se crearon dos subprogramas **Proceso CTD.m** y **ADQ_DAT.m**. los cuales se desarrollaron de la siguiente manera.

Proceso CTD.m es el encargado de buscar, leer y convertir datos de CTD en formato (*.cnv) a formatos (*.xyz) guardándolos en el directorio Datos_Crudos.

Para la búsqueda se utilizo la instrucción **cd CNV** que nos ubica en el directorio donde se encuentran los archivos (*.cnv), y con la rutina **e_dir.m** (función propia) ordenamos la lista de archivos según el nombre guardándola en una variable, y regresando al directorio inicial con la instrucción **cd ..** .

Para la lectura se utilizo la función **Cnv2mat** de SeaWarter, que lee los archivos (*.cnv) del CTD que estan en formato ASCII los cuales contiene información de cabecera (información relativa a la toma de datos), mas los datos de las variables. Esta función tiene como una de sus salidas la matriz de datos.

La conversión se realizo buscando y cargando la lista de estaciones con latitud y longitud utilizando las funciones **uigetfile** y **load** (funciones de MatLab) , creando una matriz, con columnas de Estación, Longitud, Latitud, para luego concatenarla con la matriz de datos formando los archivos (*.xyz). Los cuales se guardan automáticamente en el directorio **Datos_Crudos**, para ello nos ubicamos en este directorio con **cd** y utilizamos las funciones **fopen**, **fprintf**, **fclose**.

ADQ_DAT.m: es el encargado de seleccionar desde el directorio **Datos_Crudos**, el archivo de datos (*.xyz), al cual se desea aplicarle el control de calidad.

Para realizar esta acción se utilizó la instrucción **cd Datos_Crudos** para acceder al directorio, con la función **uigetfile** se abre una ventana que contiene todos los archivos en el directorio lo cual nos permite seleccionar el deseado, para luego ser cargado con la función **load** y guardado en la variable global **DATOS_CRUDOS** la cual es utilizada en el módulo de análisis.

Si no se selecciona ningún archivo aparecerá un mensaje de error, ya que cargar la variable **DATOS_CRUDOS** es indispensable para seguir con el proceso. Este mensaje se realizó con la función **msgbox** en modo **modal**.

Módulo de Análisis:

Para el desarrollo de este módulo se crearon, los subprogramas o ficheros (.m) que implementan los filtros de las pruebas de Perfil y Climatológica, y el algoritmo que califica e impone la bandera de calidad a los datos. Los ficheros que implementan los filtros son específicos para cada parámetro físico ya que existen condiciones diferentes. Matlab nos brinda una amplia gama de funciones para el análisis y manejo de datos por lo cual fue relativamente sencillo escribir el código de estos ficheros los cuales se desarrollaron de la siguiente manera.

Para desarrollar la rutina **R_GLOBAL.m** que implementa el filtro de RANGOS GLOBALES se utiliza un bucle **for** para recorrer el vector de temperatura y se utiliza operadores relacionales para implementar la expresión matemática que fundamenta el filtro. Si algún dato se sale del rango de temperatura estipulado, se genera un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato.

La rutina **R_GLOBAL_S** que se utiliza para la salinidad es similar solo cambia el vector de entrada y el rango de comparación.

Para el desarrollo del fichero **R_CAPAS.m** que implementa el filtro de RANGOS POR CAPAS se crearon de dos subrutinas. **PROF_T** que clasifica los valores de temperatura a diferentes rangos de profundidad, recorriendo el vector con un bucle **for** y utilizando condicionales como **elseif** para clasificar los datos, generando un conjunto de vectores que pasan a la siguiente subrutina **comparar.m** que a su vez revisa si los datos de los vectores a diferentes capas de profundidad están dentro del rango de temperatura establecido para la capa por el manual, para luego generar un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato. El fichero **R_CAPAS_S.m** que se utiliza para la salinidad es similar solo cambia el vector de entrada y los rangos de comparación.

Para el desarrollo del fichero **PERT_V.m** que implementa el filtro de PERTURBACION VERTICAL. Se utiliza la función **isnan** para revisar que datos son NaN (no - numero), luego con, funciones matemáticas de MatLab como **abs**, se implementa la expresión matemática que fundamenta el filtro, y utilizando operadores lógicos se establece la comparación, Para luego generar un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato.

El fichero **PERT_V_S.m** que se utiliza para la salinidad es similar solo cambia el vector de entrada y la condición límite.

Para el desarrollo de **INV_D.m** que implementa el filtro INVERSION DE DENSIDAD Primero se realiza la prueba de NaN para los vectores de salinidad y temperatura con las funciones **find** e **isnan**, esta prueba es para no tener en cuenta los NaN en el calculo de la densidad. Como el filtro es para la temperatura los NaN encontrados en este vector se califican con la bandera parcial automáticamente. La densidad se calcula utilizando la función **sw_dens0** de *Seawather* que utiliza los vectores anteriores, luego aplicamos la expresión matemática con el umbral especificado. Este filtro aunque utiliza la salinidad y la temperatura solo califica los datos de temperatura, generando un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato. El fichero **INVD_S.m** que se utiliza para la salinidad es similar solo cambia el vector respuesta de salida.

Para el desarrollo de **FIL_GRAD**, se utiliza la función **isnan** para verificar si existen NaN en el vector, luego se implementa la expresión matemática con las funciones propias de MatLab. generando un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato. El fichero **FIL_GRAD_S.m** que se utiliza para la salinidad es similar solo cambia el umbral establecido.

Para el desarrollo del fichero **PATRON.m** que implementa el filtro PATRONCLIMATOLOGICO se utiliza el subprograma **PAT_CLI.m** que identifica la estación y con base a esta información proporciona la cadena de caracteres que identifica la climatología requerida para el parámetro. Para las estaciones que no tienen climatología en la grilla el subprograma devuelve la cadena "Vació".

Luego se verifica si la cadena de salida del subprograma es “Vació” con la función **strcmp** de MatLab si son iguales automáticamente se genera el vector respuesta con las banderas parciales de cada dato, en caso contrario se carga el archivo de climatología con la función **load**, del cual se extraen los vectores de profundidad, y temperatura o salinidad sea el caso, para luego utilizar la función de MatLab **spline** que realiza la interpolación metro a metro de los datos de la climatología que viene dada en profundidades estándar. Finalmente se realiza la comparación entre la curva patrón y el perfil procesado, teniendo en cuenta los rangos de tolerancia que son 5,4,y 3 desviaciones estándar según la ubicación de la estación (costera, intermedia, oceánica) estas desviaciones se calculan con la función **nanstd**.

Este fichero devuelve un vector respuesta con las banderas parciales de cada dato.

El fichero **PATRON_S.m** en general tiene la misma estructura solo especiando las instrucciones para la salinidad.

Para el desarrollo del fichero **CALIFICADOR.m** que analiza la respuesta de los filtros e impone el Q_F, se reciben los vectores respuesta de los ficheros anteriores tanto de temperatura como de salinidad y se implementan el conjunto de reglas lógicas utilizando condicionales anidados como **elseif**. Si la combinación de respuesta de un dato cumple con una de estas reglas el algoritmo ubica el dato en una clase específica asignándole su correspondiente bandera. Este fichero genera los vectores Q_F_T y Q_F_S que contienen las banderas de cada dato de tempera y salinidad, estos se concatenan con la matriz de DATOS_CRUDOS para generar la matriz de DATOS_PROCESADOS.

Modulo de Visualización

Para el desarrollo de este modulo se crearon los subprogramas **G_T.m**, **G_S.m**, y **REDACTOR.m**. Con los dos primeros se grafican los perfiles de datos crudos y procesados con su respectivo patrón y rangos de tolerancia asociados. el ultimo, permite seleccionar el punto del perfil y obtener la información de respuesta de filtros y su *Quality Flag* a través de una GUI en donde el investigador puede cambiar la bandera de calidad del perfil de datos procesados si lo desea.

Para el desarrollo de **G_T.m**: se utiliza la función **subplot** para ubicar las graficas en las posiciones de la pantalla, dándoles su forma característica con funciones como **axes ij** que invierte los ejes, **hold** que sostiene varias graficas en un mismo eje, y demás funciones para caracterizar la grafica. El fichero para graficar los perfiles de salinidad **G_S.m** utiliza las mismas funciones.

Para el desarrollo de **REDACTOR.m** se utiliza la función **ginput**, que devuelve la posición en X y Y del punto seleccionado por el ratón, con lo cual se sabe el valor del dato y la profundidad (ubicación en Y) a la que esta. Con esta información se extraen de la matriz RESPUESTA_FILTROS la combinación de respuesta para el dato y de la matriz DATOS_PROCESADOS se extrae el Q_F. Para ver la combinación de respuesta de filtros y el Q_F, se utiliza el fichero **Cambio.m** , que genera una GUI en donde se puede cambiar o no el Q_F del dato.

Modulo Estadístico

Para el desarrollo de este modulo se creo el fichero **Estadistica.m**, que despliega una interfaz grafica la cual presenta la estadística descriptiva y el numero de datos Buenos, Dudosos, Desconocido y Malos de los perfiles de temperatura y salinidad.

Esta información es guardada automáticamente en el directorio ESTADÍSTICA, con el nombre del archivo seleccionado para procesar.

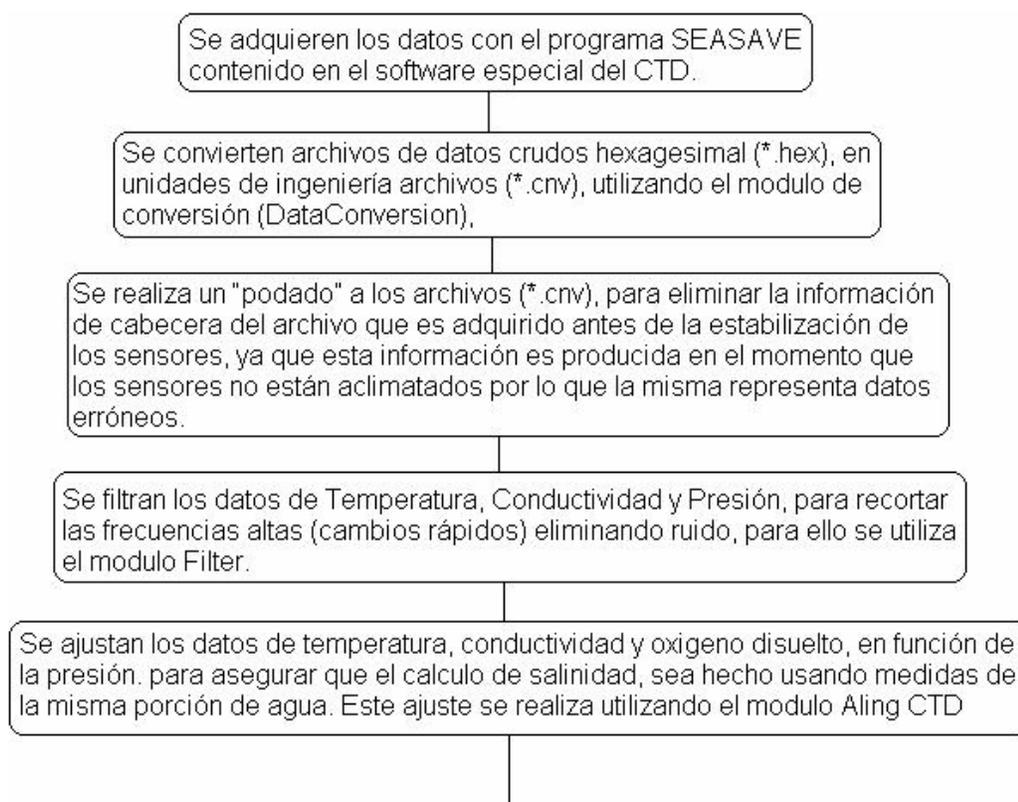
Para generar la estadística se utilizo las funciones **nanmin**, **nanmax**, **nanmedian**, **nanmean**, **nanstd**, y **range** y para obtener la distribución de banderas en el perfil se buscan en la matriz DATOS_PROCESADOS con la función de MatLab **find** . Con la instrucción **cd ESTADISTICA_PERFILES** se cambia del directorio de trabajo al directorio donde se guardarán los datos estadísticos (ESTADISTICA) y utilizando las funciones **fopen**, **fprintf**, **fclose** se escriben los archivos de datos estadísticos dentro del directorio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y VALIDACION DE DATOS OCEANOGRAFICOS (PARAMETROS FISICOS)

Preprocesamiento:

Se basa en el manual de procedimientos recomendado por *Sea-Bird Electronics* para tratar datos obtenidos desde perfiladores CTD. El diagrama de tiempos y operaciones es el siguiente:



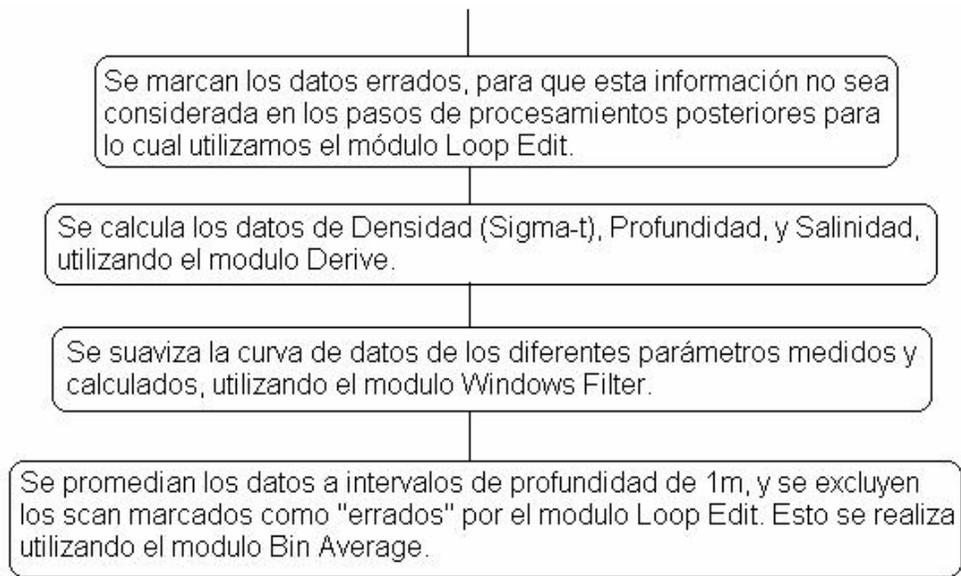


Figura 10. Diagrama de tiempos y operaciones del Preprocesamiento

Al final del preprocesamiento los datos se marcan con una bandera de calidad parcial, ya que el dato hasta el momento no ha sido sometido a un proceso que verifique la calidad del mismo, teniendo en cuenta las características oceanográficas de la zona donde fue tomado, ni ha sido sometido a la validación por parte de los investigadores. La figura 22 nos ilustra el resultado grafico de la aplicación del procesamiento preliminar a un perfil de datos de salinidad.

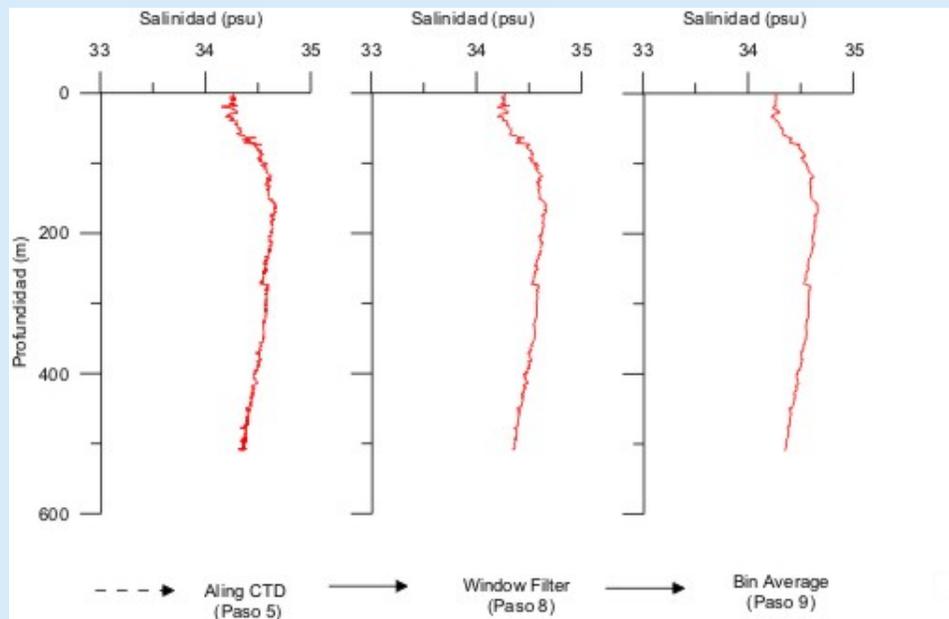
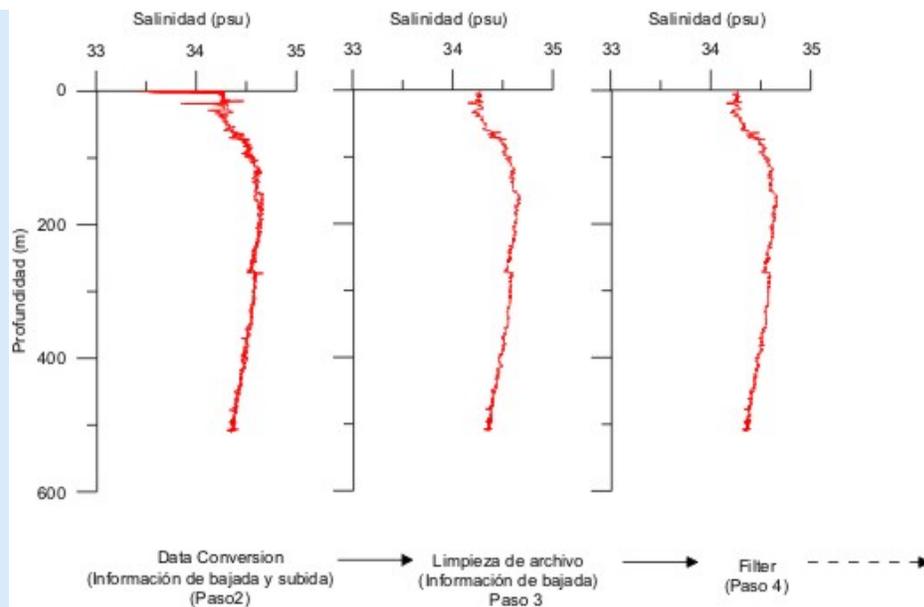


Figura 22. Resultado grafico de la aplicación del proceso preliminar a un perfil de datos de Salinidad. []

Post-procesamiento.

El post-procesamiento se diseñó teniendo en cuenta procesos similares de control de calidad y validación de datos que se encuentran en el Manual de procesos de control de calidad para validación de datos oceanográficos de la IOC/IODE los cuales se describieron en el apartado 1.3. Los procesos del manual son diferentes entre sí dependiendo de las características oceanográficas de la zona de estudio, pero guardan una estructura general que permite cumplir con las normas internacionales, luego de definir el post-procesamiento especificando la zona de estudio se observa que este guarda la misma estructura general, lo cual hace estándar la metodología para el control de calidad y validación cumpliendo con las normas internacionales para el intercambio de datos, lo que era uno de los principales objetivos del trabajo.

Se definieron tres pruebas para ser aplicadas al conjunto de datos, la primera prueba verifica la racionalidad física del perfil de datos, la segunda compara los datos del perfil con un patrón climatológico y la tercera prueba es la que permite validar el dato por parte del investigador a través de una inspección visual.

La bandera de calidad en algunos procesos de control son asignadas de manera manual y a criterio del investigador de turno, en el post-procesamiento se puede calificar el dato de manera manual y sistemática ya que este se implementó sobre una herramienta computacional denominada "OCEANOGRFO B" la cual cuenta con un algoritmo basado en reglas lógicas que imponen la bandera de calidad al dato de manera autónoma en primera instancia después de analizar las respuestas de los filtros.

además de un redactor interactivo con el que se puede ratificar o cambiar la bandera en la prueba de inspección visual al final. El post-procesamiento también define un formato para almacenar datos colectados en las diferentes campañas oceanográficas. En el formato se encuentra información temporal y espacial de la campaña, y los datos de los parámetros con sus respectivas banderas de calidad. Los pasos seguidos en el post-procesamiento son mostrados en el siguiente diagrama de tiempos y operaciones.

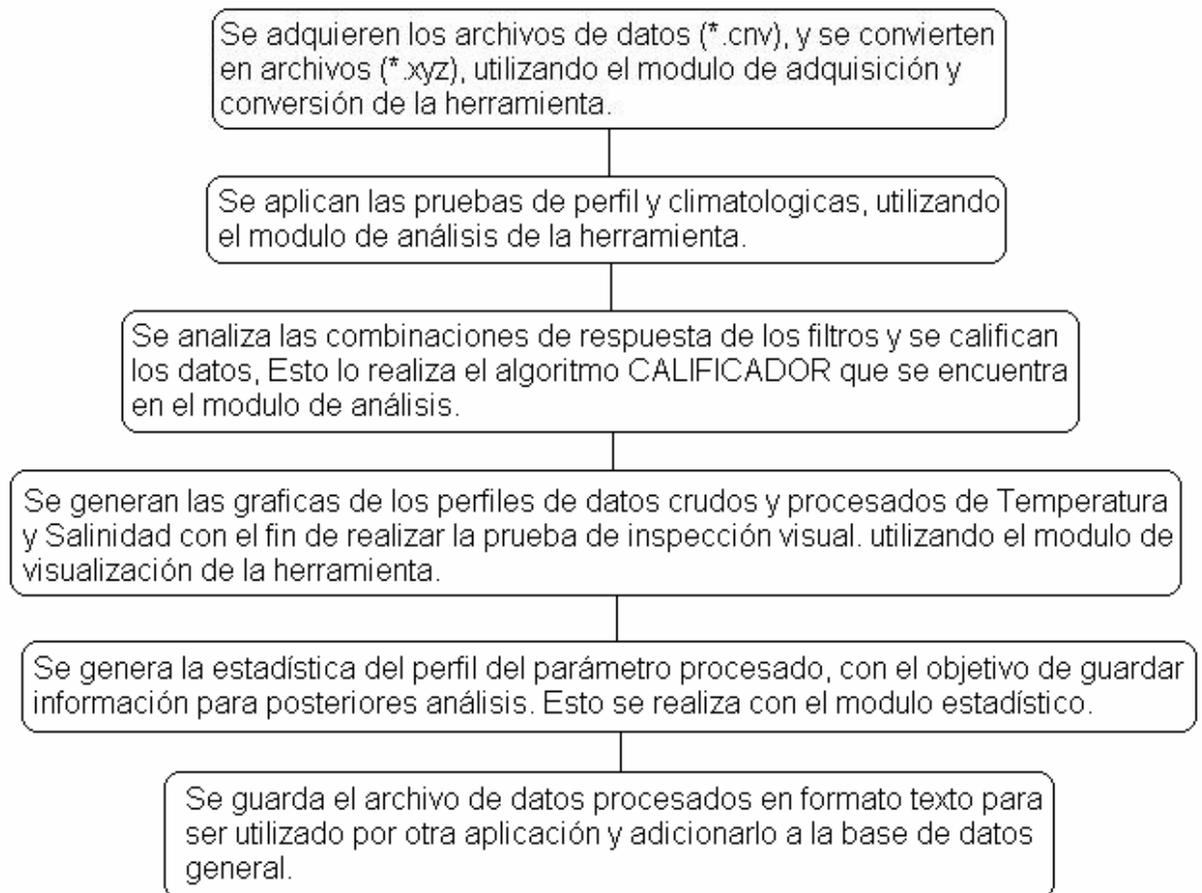


Figura 18. Diagrama de tiempos y operaciones del Preprocesamiento

Los archivos resultante de la aplicación del post-procesamiento, se guardan en formato texto para ser, utilizados o cargados por cualquier otra aplicación y almacenados en la base de datos del CCCP, la cual alimenta a CENIMARC.

La figura 23, nos muestra el resultado grafico del post-procesamiento aplicado a un perfil de datos de salinidad.

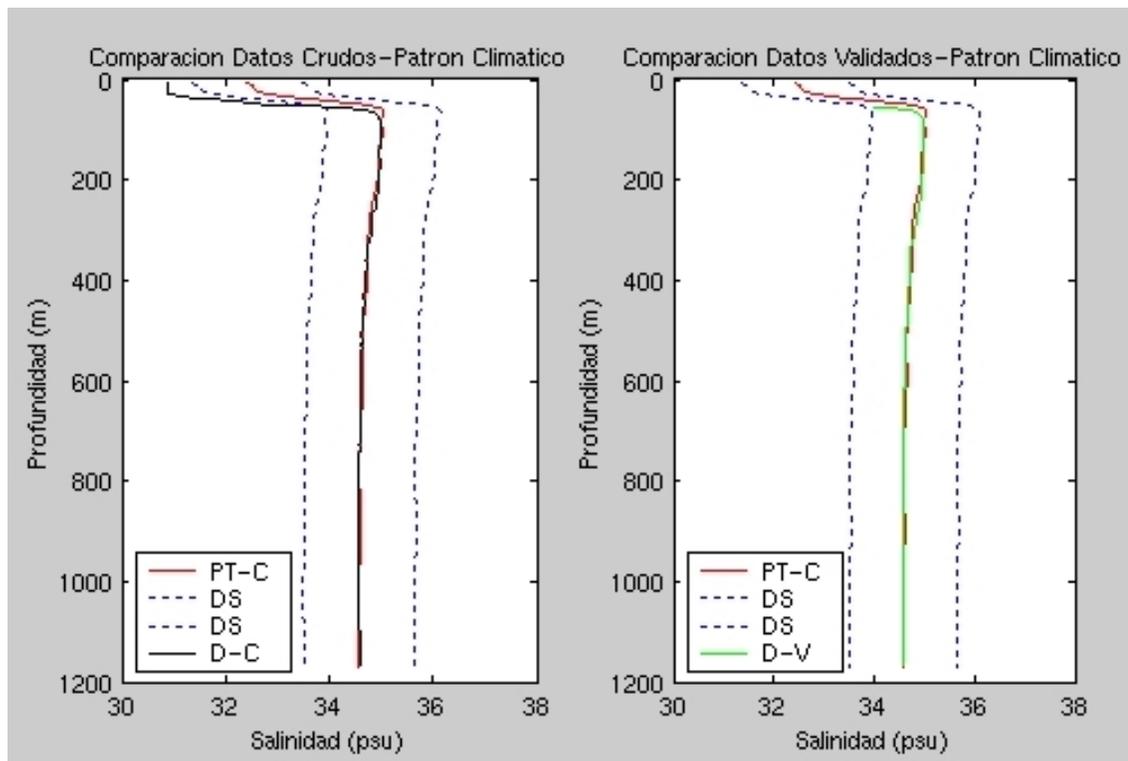


Figura 23. Resultado grafico de la aplicación del post-procesamiento a un perfil de Salinidad, estación 23 de la grilla.

En la parte izquierda de la figura se observa el perfil de datos crudos (D-C), comparado con, el perfil de datos del patrón climatológico (PT-C) y comparado con el margen de tolerancia para ser considerado consistente con la climatología (DS), como se puede ver algunos datos de D-C están por fuera del margen de tolerancia. La parte derecha de la figura muestra el perfil de datos validados (D-V),

comparado con el patrón climatológico y con el margen de tolerancia, en esta grafica podemos ver que al aplicar el post-procesamiento, desaparecen del perfil los datos que no son validados (Q_F diferente de cero), realizando el control de calidad.

Análisis de las Pruebas

Prueba de perfil:

La primera prueba es la de perfiles que utiliza un grupo de filtros para verificar la consistencia del perfil de datos y lo racional de la medida, estos filtros fueron seleccionados de un basto grupo de filtros recomendados y presentados por el manual de control de calidad, seleccionando los que mas se adaptaban a las condiciones y características oceanográficas del área de estudio.

Prueba Climatológica:

Esta utiliza climatologías de temperatura y salinidad presentadas como parte del *Climatological Atlas of the World Ocean* (Atlas climatológico del océano mundial), estas climatologías han demostrado ser herramientas valiosas para estudiar la temperatura y la estructura de la salinidad del océano, incluyendo aplicaciones como: condiciones iniciales y de frontera para modelos de circulación del océano y validación de datos de detección remota, tales como medidas de altimetría del nivel del mar [5].

Esta climatología mensual, estacional, y anualmente hace un promedio de los datos obtenidos desde 1900 a 1978. Los parámetros se han analizado de una manera constante, objetiva en los niveles oceanográficos estándar, en una rejilla

global de la latitud-longitud de 1 x 1 grado entre la superficie y el fondo oceánico con una profundidad máxima de 5500 m.

A un con la buena resolución de la climatología esta sigue siendo una aproximación de los datos de la zona, por lo cual el filtro que implementa la prueba no califica el dato como malo solo lo puede calificar como inconsistente imponiéndole la bandera parcial dos (2).

Prueba de Inspección Visual:

Esta prueba es realizada por los investigadores encargados del procesamiento de los datos, los cuales observan y estudian las graficas de los perfiles, con la posibilidad de cambiar la bandera de calidad según su criterio, para lo cual se basan en la comparación con perfiles históricos de los parámetros, detectando anomalías que no son capaces de detectar los filtros.

4.2 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

La herramienta computacional denominada “OCEANOGRFO – B”, en su primera versión fue implementada utilizando como plataforma de desarrollo MatLab en su versión 6.5 para Linux, ya que esta plataforma presenta ventajas al procesar, almacenar y manejar datos, además de contener librerías para realizar análisis estadístico, y permitir desarrollar GUI’s (Interfaz Grafica de Usuario).

OCEANOGRFO – B, contiene un algoritmo basado en reglas lógicas definidas principalmente con base a la experiencia de los investigadores del CCCP a lo largo de este trabajo. El algoritmo permite calificar los datos de forma sistemática utilizando banderas de calidad, a diferencia de programas similares que no imponen la bandera

de esta forma si no que generan las gráficas y es el encargado de la revisión de los datos que define manualmente y una por una la bandera asociada con lo cual se retrasa el proceso. Las reglas lógicas y el diagrama de flujo que ilustra el algoritmo se muestran a continuación.

1. El dato será calificado como bueno si y solo si, pasa todos los filtros.
2. El dato será calificado como desconocido si y solo si, no pasa en todos los filtros.
3. El dato será malo si, no pasa el filtro de limite por capas junto con el filtro de inversión de densidad, perturbación vertical o gradiente máximo.
4. El dato será dudoso si no pasa alguno de los filtros de las pruebas de perfil y climatologica.

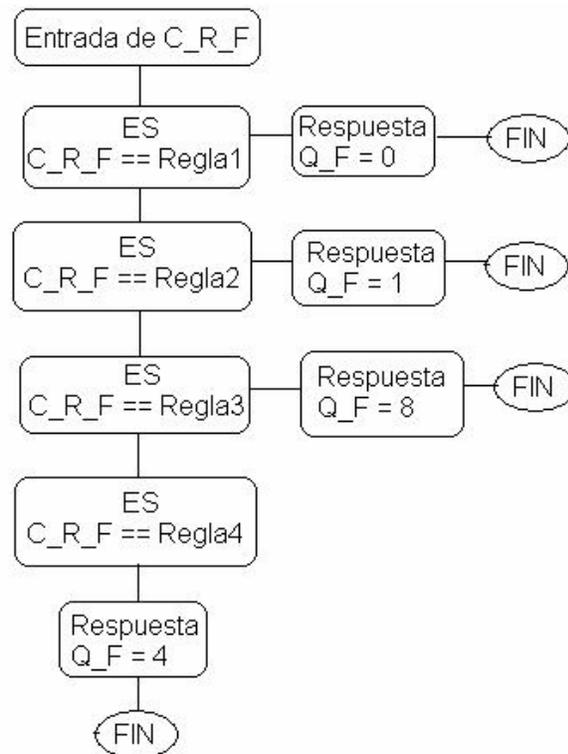


Figura 17. Diagrama de flujo del algoritmo CALIFICADOR, donde C_R_F es la combinación de respuestas de filtros

El redactor interactivo de la herramienta permite realizar la validación de los datos por parte de los investigadores en la prueba de inspección visual, lo cual permite modificar la bandera si es necesario. Este redactor posibilita que con la herramienta se pueda tener las dos opciones de marcar datos (manual y automática), lo cual es necesario por que en algunas ocasiones los filtros automáticos no detectan pequeñas anomalías en la distribución vertical de los datos del parámetro procesado.

OCEANOGRFO – B implemento la metodología descrita en el apartado 3.2.1, con lo cual se logro sistematizar el proceso de control de calidad de los datos, la GUI de la herramienta facilita y agiliza la operación de la misma con un diseño que permite ejecutar cada acción del proceso solo con presionar un botón. Con la GUI se visualiza los archivos de datos que se generan en el proceso, se guardan en formato texto los archivos de datos procesados con la bandera de calidad asociada, se genera y guarda la estadística descriptiva además de el número de las diferentes marcas de calidad en el perfil, también muestra las graficas de los perfiles de datos crudos y procesados. Utilizando la herramienta se redujo el tiempo de validación de los datos del banco prueba que consta de 40 estaciones con un total de 83.502 datos repartidos entre Temperatura y Salinidad, de 160 horas laborales (un mes) a 8 horas laborales (2 dias). Esto permitió que el banco de pruebas fuera almacenado en CENIMARC de forma rápida, dejándolo listo para su uso divulgación y distribución con lo cual se cumplió a cabalidad con el cuarto objetivo específico del trabajo.

Se obtuvo la estadística descriptiva (Máximo, Mínimo, Mediana, Media, Desviación Estándar, y Rango) de cada perfil de Temperatura y Salinidad lo cual nos dice de la

consistencia de los datos del perfil y nos da valores de medidas importantes para posteriores análisis, además se calcularon cantidades y porcentajes de datos Buenos, Dudosos, Desconocidos y Malos por cada estación. Que permite saber que datos se descartan o almacenan en la base de datos para posteriores usos, divulgación y distribución.

La herramienta tuvo gran acogida en el CCCP, ya que se pretende que se vuelva mas robusta para realizar el control de calidad a los demás parámetros de estudio en el centro, y así acoplarla con la herramienta CENIMARC (aplicativo Web) en su etapa previa de control de calidad de datos, ya que CENIMARC será la base de datos oceanográficos COLOMBIANOS y necesariamente tiene que cumplir con las normas vigentes para el almacenamiento, y distribución de datos como lo es el control de calidad.

La herramienta como todas en su primera versión tiene limitaciones, siendo una de las mas notorias la parte grafica, en donde no se pueden comparar la grafica de los datos del parámetro con las graficas de datos históricos del mismo, lo cual es importante en la prueba de inspección visual para detectar las pequeñas anomalías.

4.3 RESULTADO Y ANALISIS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA AL BANCO DE DATOS DE PRUEBA

La metodología antes descrita, fue aplicada a perfiles individuales de temperatura y salinidad para cada estación, de la grilla de crucero ERFÉN XL (Figura 24).

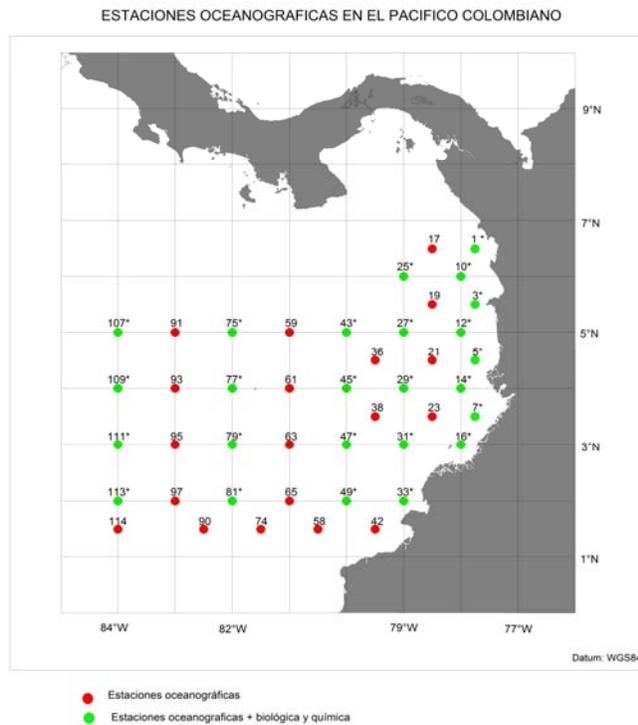


Figura 24. Grilla de crucero realizada por el buque ARC Providencia en la CPC durante el mes de septiembre de 2005.

Se tomara como ejemplo los resultados de la estación 33.

Estación 33:

Esta estación se encuentra ubicada (2N, 79W), y cuenta con una muestra de 687 datos por cada perfil de Temperatura y Salinidad, con un rango de profundidad de 6 a 692 metros.

Temperatura.

El perfil de Temperatura es muy consistente y próximo al perfil de la climatología aun que los datos en los primeros 35 m se comporten irregularmente ascendiendo y descendiendo al aumentar la profundidad. Estos pasan todas la pruebas de perfil y están dentro del rango de tolerancia por lo que la prueba climatologica no los toma como inconsistentes, por lo cual se muestran como datos validados en primera instancia, utilizando el modulo de visualización se considero calificar estos datos como dudosos (QF=4), ya que este comportamiento no se debe presentar por las características de la zona, tomando en cuenta que en estaciones cercanas no se presenta esta anomalía en los valores del parámetro. Posteriormente el perfil se estabiliza y empieza a disminuir los valores de Temperatura al aumentar la Profundidad, ajustándose al perfil climático, como lo muestra la (Figura 25). Lo cual nos dice que la Temperatura en este punto geográfico tiene un comportamiento regular, y normal en la mayor parte de perfil. Además de presentar una visible capa de agua donde el valor de la Temperatura cambia rápidamente según la profundidad es decir una *Termoclina* bastante pronunciada.

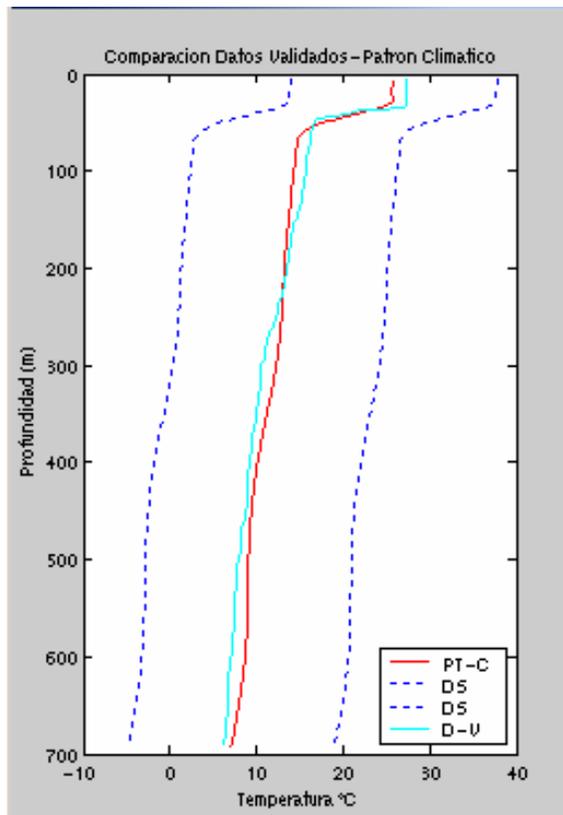


Figura 25. Perfil de datos de Temperatura validados de la estación 33

El pico máximo mostrado en la Temperatura es de 27.381 °C, valor que está ubicado a una profundidad inicial de 22 m y se repite hasta los 26 m. Este valor, aunque pasó las pruebas automáticas con bandera de calidad bueno, al realizar inspección visual, fue calificado como dudoso, ya que según las características de la zona de estudio (CPC), los picos de Temperatura se deben presentar a profundidades menores, al inicio de la capa superficial[4]. Teniendo en cuenta que las medidas empiezan en 6 m. El mínimo valor del perfil es de 6.261 °C, que se presenta a una Profundidad de 690 m, que es la menor profundidad donde se registró medida por el sensor lo cual nos indica el decrecimiento progresivo de la Temperatura. Este valor es cercano a los valores mínimos de estaciones cercanas. Con Profundidad similar a la estación 33, por lo que

es un resultado consistente. El valor de Desviación Estándar es de 4.77, el cual muestra una separación buena de los datos a la media de los mismos, teniendo en cuenta que la desviación estándar del perfil climático es de 3.97.

Los valores de la estadística descriptiva y el número de datos Buenos, Dudosos, Desconocidos, Malos son mostrados en la Tabla 7. Según los resultados mostrados en la Tabla 7 el perfil es confiable para posteriores análisis ya que tienen una cantidad de datos buenos de 680 que representa el 98.98 % del total de datos del perfil.

Salinidad

Los datos del perfil de salinidad desde los 6 m a los 30 m de profundidad están por fuera del rango de tolerancia referente al patrón climático, como lo muestra la (Figura 26) a pesar de esto el perfil se muestra consistente y al aumentar la profundidad se ajusta mas a la climatología y el valor de Salinidad va creciendo en una *haloclina* (capas de agua donde la salinidad cambie rápidamente de valor según la profundidad) de cambios suaves, hasta llegar a un nivel de profundidad donde disminuye un poco el valor del parámetro para luego estabilizarse alrededor de un valor de 34.5. Este aumento de Salinidad es esperado, ya que a mayor profundidad la Salinidad del mar aumenta [4]. Los datos de los primeros 30 m fallan la prueba climatología, el algoritmo de calificación analiza la respuesta de filtros y al fallar solo esta prueba, este califica los datos como dudosos, saliendo del conjunto de datos validados como los muestra la (Figura 26).

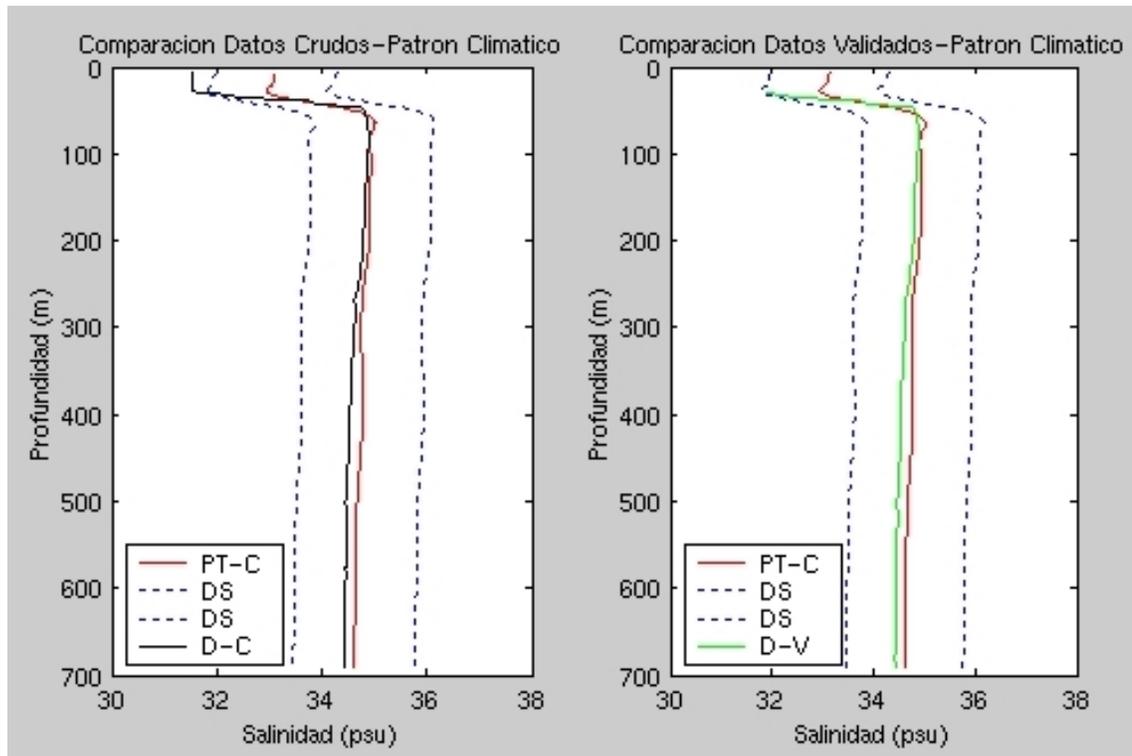


Figura 26. Perfiles de Salinidad de la estación 33 muestran que los primeros datos del perfil no llegan a ser validados

El pico máximo de Salinidad, se presenta a una profundidad de 88 m y se repite hasta 91 m, el valor es de 34.904 que es próximo al de la climatología el cual es de 35.02 y a su vez, está dentro del rango de los valores de salinidad conocido para toda la tierra y desde la superficie hasta la profundidad, el cual es de 33-37, lo cual nos dice que la Salinidad en este punto geográfico tiene un comportamiento regular. El mínimo valor se presenta en el punto más próximo a la superficie donde inicia el perfil 6 m, con un valor de 31.514, esto se esperaba ya que el menor valor de salinidad se encuentra siempre en el punto más cercano a la superficie. El valor de Desviación estándar es de 0.636, este valor muestra una diferencia considerable con el valor de Desviación del Patrón que es de 0.385, esto puede ser causado por los datos que se encuentran en el rango de 6 a 30 m, ya que el resto del perfil muestra variaciones pequeñas a un

en la *holoclina*. Al observar la Tabla 6 vemos que el perfil tienen una cantidad de datos validados (QF = 0) de 660 que es el 96.07 % del total de datos del perfil, lo que nos dice que el perfil es confiable y útil para posteriores análisis. Los datos de la estación 33 mostraron ser información relevante en el análisis de parámetros físicos de la zona de estudio. Ya que de sus 1,374 datos sumando medidas de Temperatura y Salinidad, 1,341 son buenos, 29 dudosos, 4 desconocidos y 0 malos. Lo que nos da un porcentaje de datos validados en la estación de 97.59 %.

El pico de Temperatura mas alto en la CPC se encuentra en la estación 03, con un valor de 28.304 °C a una profundidad de 6 m y el de Salinidad en la estación 74 con un valor de 35.042 a una profundidad de 69 m. Los mínimos están en la estación 97 con un valor de 3.917 a una profundidad de 1196 m para Temperatura y en la estación 3 con un valor de 26.194 a una profundidad de 6 m para Salinidad. El punto mas caliente en la CPC se encontró a 6 m como era de esperarse ya que la Temperatura en la capa superficial es la mas alta debido a que el flujo de calor proviene de la atmósfera, especialmente en esta región la cual se localiza en la zona ecuatorial [4], la mayor concentración de sales disueltas se presenta en una estación alejada de la costa como es regular ya que los ríos solo aportan agua dulce en la zona costera lo cual baja la concentración, este pico se presenta en la haloclina del perfil lo cual es habitual por que en estas capas se presentan los cambios mas representativos de Salinidad.

El mínimo de Temperatura en la CPC lo encontramos en una estación alejada de la costa y a una profundidad mayor de 1000 m, estos nos dice que en la CPC las aguas se enfrían a medida que se alejan de la costa y se aumenta la profundidad; el mínimo de Salinidad lo encontramos en una estación costera, en el punto mas cercano del

perfil a la superficie, lo cual nos ratifica que en la zona costera las aguas superficiales presentan Salinidades mas bajas, ya que esta aguas se conforman debido al aporte de los ríos que traen aguas dulces y cuya mezcla con el agua de mar se observa en la capa de 0-10m [4].

Se obtuvo un alto porcentaje de datos buenos de Temperatura y Salinidad, para cada estación, lo que indica que la mayor parte del total de los datos de la grilla son útiles para análisis posteriores de los parámetros físicos en la CPC. En la (Figura 27) se muestra la distribución de datos buenos, dudosos, desconocidos y malos de la grilla de crucero ERFEN XL para cada parámetro, y en la Tabla 7 las cantidades y porcentajes totales de la calificación de los datos.

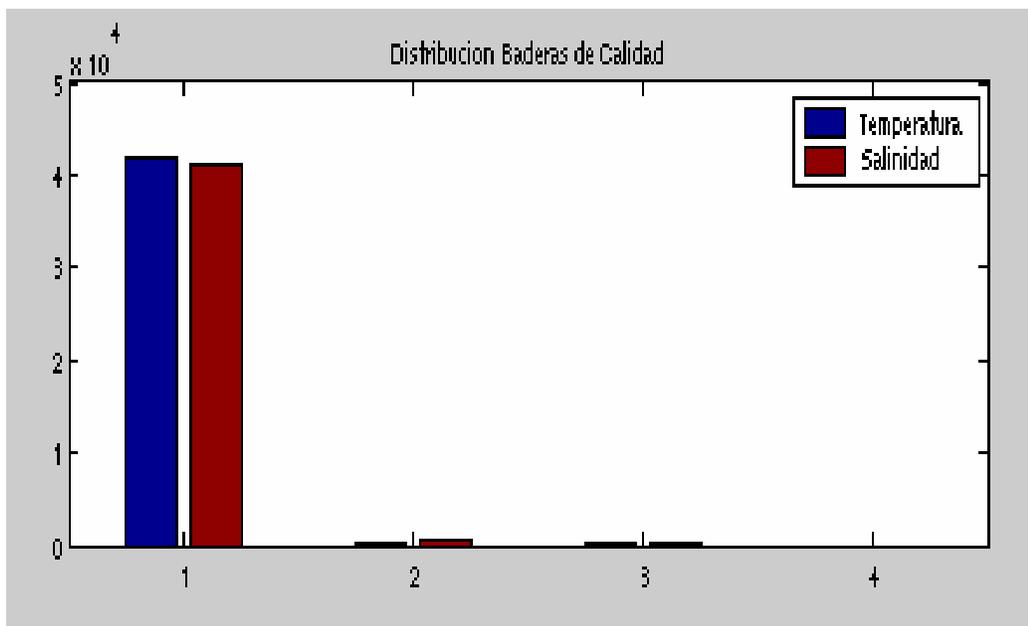


Figura 27. Histograma de distribución de datos buenos (1), dudosos (2), desconocidos (3) y malos (4)

Tabla 6. Valores estadísticos para los perfiles de Temperatura y Salinidad de la Estación 33, de la grilla de cruceo erfen XL

	Temperatura	Salinidad
Min	6.261	31.514
Max	27.381	34.904
Mediana	9.936	34.539
Media	11.376	34.466
Std	4.769	0.636
Rango	21.12	3.39
Buenos	680	660
Dudosos	5	25
Desconocidos	2	2
Malos	0	0

Tabla 8. Cantidades y Porcentajes totales de la calificación de los datos

Datos	Total	Temperatura		Salinidad	
		cantidad	%	cantidad	%
Buenos	82,900	41,709	50.31	41,191	49.69
Dudosos	478	5	1.05	473	98.95
Desconocidos	124	64	51.61	60	48.39
Malos	0	0	0	0	0
Total Datos	83,502				

CONCLUSIONES

La metodología diseñada define claramente, y estandariza un proceso de control de calidad y validación para marcar la calidad de los datos de Temperatura y Salinidad que se toman con el CTD SBE 19 en las campañas oceanográficas del CCCP, lo cual permitió, garantizar la calidad de los datos del banco de prueba al imponer *Quality Flag*, cumpliendo con los requisitos para el intercambio de datos oceanográficos del programa IODE de la IOC y posibilitando el intercambio de información con la comunidad científica en general y los distintos centros de investigaciones oceanográficas en el mundo.

Este trabajo será la base para definir métodos similares para el control de calidad y validación de datos de diferentes parámetros oceanográficos que se estudian en el CCCP.

La herramienta permite obtener un alto grado de eficiencia y eficacia al realizar el proceso de control de calidad a los datos. Ya que redujo el tiempo de validación de 83,502 datos de 160 horas aproximadamente a 8 horas. Con lo cual se prevé que los datos de parámetros físicos colectados en un año en el CCCP (dos cruceros oceanográficos) se califiquen, y validen en un tiempo no superior a cuatro (4) días, lo cual permite el rápido almacenamiento, uso, divulgación y distribución por parte de CENIMARC

El algoritmo denominado CALIFICADOR que permite imponer la bandera de forma sistemática permitió agilizar el proceso de control de calidad en el CCCP, ya que el revisor de los datos no impone la bandera una a una, solo la cambia si es necesario al final del proceso.

El modulo de inspección visual aumenta la efectividad del proceso de control de calidad y validación de los datos, ya que permite corregir la bandera de calidad en aquellos casos especiales en donde los filtros no logran detectar la anomalía presente.

El alto porcentaje de datos buenos, permitió realizar análisis confiables del comportamiento de los parámetros físicos (Temperatura, Salinidad) de la zona de estudio en el mes de septiembre, y de esta manera aumentar el conocimiento de la dinámica física de la CPC en esa época del año.

Los perfiles de Temperatura presentan una diferencia leve en la calidad de la medida, frente a los perfiles de Salinidad. Ya que el porcentaje de datos buenos de Temperatura es 50.31 % y el de Salinidad es de 49.69 %.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Centro Control Contaminación del Pacífico seguir con el diseño de metodologías que definan procesos de control de calidad estándar para los diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos que se colectan y estudian en el centro. Ya que el CCCP es uno de los centros de investigación oceanográfica encargados de alimentar a CENIMARC, por ende el CCCP es responsable de garantizar la aplicación de estándares y validar toda la información oceanográficas que produzca.

Además se recomienda continuar con la sistematización de los procesos de control de calidad, diseñando e implementando herramientas computacionales, tratando que sean módulos fácilmente integrables con la herramienta existente, lo cual llevara a obtener un programa robusto en el manejo de los datos que será de gran ayuda para reducir los niveles de incertidumbre, organizar los datos en el menor tiempo posible y obtener un mayor nivel de confiabilidad de los mismos con la asignación de estándares de calidad de reconocimiento mundial, como los utilizados por la World Ocean Database.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual of International Oceanographic Data Exchange, 1991. UNESCO, IOC-ICSU, Manuals and Guides No.9.
- [2] UNESCO CEC: DG-XII, MAST and IOC: IODE. 1993 Manual of Quality Control Procedures for Validation of Oceanographic Data.
- [3] Freund Johnson Mille . PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIEROS. Prentice may.
- [4] Emery and Richard. DATA ANALYSIS METHODS IN PHYSICAL OCEANOGRAPHY. Second Edition. Elsevier.
- [5] Thiébaux. STATISTICAL DATA ANALYSIS FOR OCEAN AND ATMOSPHERIC SCIENCES.
- [6] W.S. Richardson . Data Monitoring and Quality Control of Marine Observations, and P.T. Reilly.
- [7] IOC/IODE "Manual of Quality Control Algorithms and Procedures for Oceanographic Data Going.
- [8] IOC/WMO Guide to Operational Procedures for the Collection and Exchange of IGOSS Data, Manuals & Guides #3, 68pp, 1988.
- [9] Sea-Bird Electronics, Inc.
- [10] UNESCO Technical Papers in Marine Science #44, Algorithms for the Computation of Fundamental Properties of Seawater, UNESCO, 1983. Australian Oceanographic Data Center . User Guide MarineQC January 2002 Version 1.1.

[11] Garcia y Nikouline Quality Control of Oceanographic Data Users Guide
May 2005

[12] MIDDLETON, Gerard. Data Analysis in the Earth Sciences Using MatLab.
1ed. New Jersey. Prentice Hall. 2000

[13] GARCIA DE JALON, Javier. Et-el. Aprenda MATLAB 6.1 como si estuviera
en primero. 1ed. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid 2001.

[14] TORRES, Luis. Introducción a la programación visual con MATLAB. 1ed
Madrid. Universidad Politécnica de Madrid 2001.

[15] MATLAB: Home page

URL : <http://www.MathWork.inc>

[16] CCCP 2004. Manual de cruceros oceanográficos

ANEXO A.

MANEJO DEL PROGRAMA OCEANOGRAFO – B

OCEANOGRAFO –B en su primera versión es una herramienta computacional que fue desarrollada utilizando como plataforma un programa adecuado para procesar y analizar datos como lo es MatLab de *Matwoks inc* en su versión para *Linux*.

Se basa en documentación de la UNESCO y estándares del programa IODE, para de manera automática, realizar el control de calidad y validación de los datos oceanográficos (parámetros físicos) que llegan al Centro Control Contaminación del Pacífico.

La herramienta implementa pruebas de Perfiles, Climatológicas, e Inspección visual (filtros estándar) y una interfaz gráfica de usuario, combinado con un redactor interactivo que corrige la bandera de calidad del dato (si es necesario).

Con esta herramienta se adquieren datos colectados con perfiladores CTD se , convierten, filtran e imponen *Quality Flag* de manera sistemática, necesarios para el intercambio y distribución de datos [1].

OPERACIONES PREVIAS

- Instale el paquete de procesamiento de los datos de CTD denominado “OCEANO” en el **home** de la sección de usuario correspondiente. El directorio “OCEANO” guarda los subdirectorios que contiene las rutinas y funciones de procesamiento y visualización a si como archivos complementarios.
- Convierta el directorio principal “OCEANO”, en una trayectoria de búsqueda en MatLab. Para ello seleccione del menú **File** la opción **setpath** en donde podrá adherir el directorio principal, como una de las rutas definidas de MatLab. Es importante salvar esta nueva trayectoria antes de salir de la pantalla de trayectorias.
- En la pestaña **Current directory** ubique “OCEANO” como directorio actual
- Para inicializar el programa digite “OCEANOGRFO09” en la ventana de comandos con lo cual aparecerá la interfaz grafica del programa como lo muestra la siguiente figura.

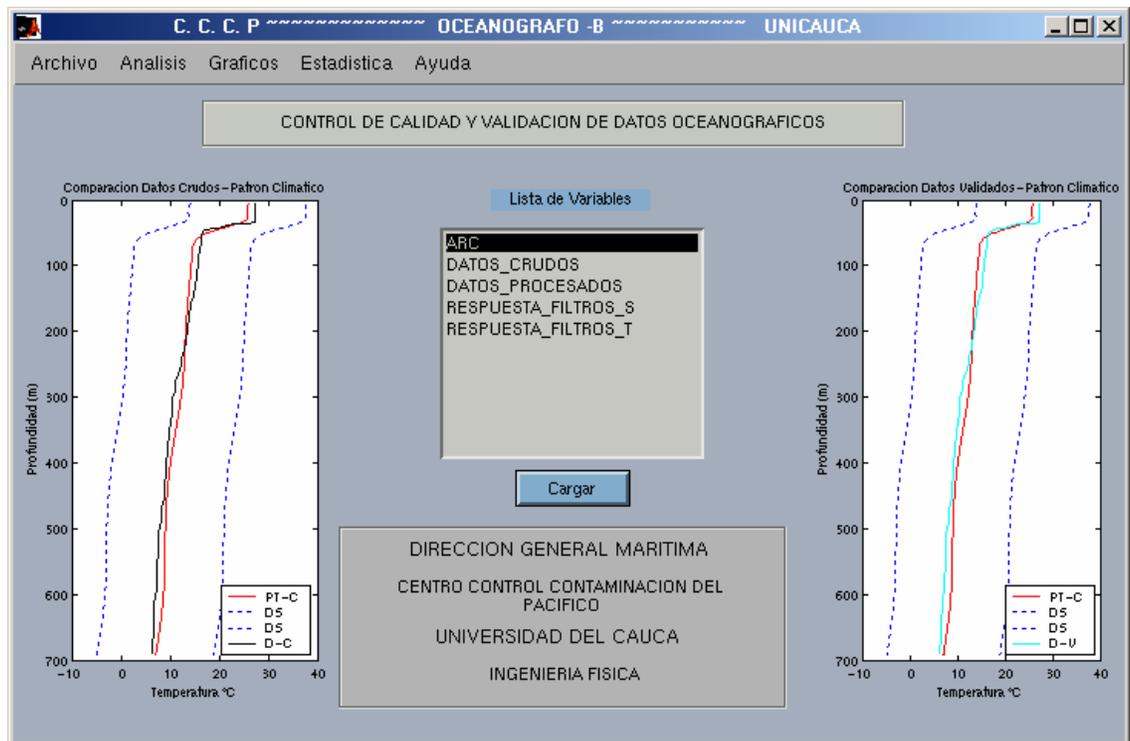


Figura 1: GUI (OCEANOGRÁFO B) para el Control de Calidad y Validación de Datos Oceanográficos (Temperatura, Salinidad).

FUNCIONAMIENTO

OCEANOGRÁFO – B, convierte los archivos (*.cnv), resultado del procesamiento preliminar, en archivos (*.xyz) utilizando el modulo de adquisición y conversión, los nuevos archivos son guardados en un subdirectorío predefinido denominado "Datos_Crudos", de donde se selecciona el archivo al cual se desea aplicarle el control de calidad, al seleccionar un archivo este se carga como una variable denominada "DATOS_CRUDOS" de tipo doble y se almacena en el **WorkSpace** (espacio de trabajo) de MatLab (Todas las variables generadas en el proceso se almacenan como tipo doble en el WorkSpace).

La variable se puede visualizar presionando el botón *Cargar* y dando un clic sobre ella en la lista de variables (Todas la variables se visualizan de la misma manera).

En el menú de análisis presionando los botones de Temperatura y Salinidad (Se debe presionar estos dos botones antes que el botón Calificar), se aplicaran las pruebas de Perfil y Climatologica a los datos de los perfiles de temperatura y salinidad del archivo seleccionado, generando las matrices de respuestas de filtros con sus banderas parciales. Para analizar estas matrices de respuesta e imponer la bandera de calidad al dato se oprime el botón Calificar el cual genera el archivo de datos procesados.

En el menú Gráficos se encuentra los botones para graficar los perfiles crudos y validados de temperatura y salinidad comparados con el perfil de la climatología correspondiente. Con lo cual se puede aplicar la prueba de inspección visual, dando clic sobre la grafica del perfil validado del parámetro (Color verde en la pantalla) podemos seleccionar un punto en la misma, apareciendo la interfaz del redactor interactivo en donde podemos cambiar la bandera de calidad.

Al ingresar al menú Estadística, aparecerá una interfaz grafica en donde se genera la estadística descriptiva del perfil de datos del parámetro, mas la cantidad de datos buenos, dudosos, desconocidos y malos del mismo. Este archivo estadístico se guarda automáticamente en el subdirectorío "Estadística".

Al guardar el archivo de datos procesados, este se almacena en el subdirectorío predefinido "Datos_Procesados" en formato texto.

Descripción de los módulos:

Modulo de Adquisición y Conversación:

Este modulo se encuentra en el menú Archivo y consta de los botones Importar y Seleccionar.

- Importar: adquiere el archivo de datos crudos (*.cnv) de una ubicación predeterminada por el autor, Se adiciona variables como: Campaña, Latitud,

Longitud, Estación, Año, Mes; a los archivos actuales con el fin de aumentar su información en aspectos temporales y espaciales, siendo almacenados en archivos (*.xyz). Este botón adquiere y convierte simultáneamente todos los archivos (*.cnv) existentes, por lo que se utiliza una sola vez al iniciar el proceso.

- Seleccionar: Despliega una ventana en la cual se puede escoger el archivo (*.xyz) al cual se desea realizarle el control de calidad. (Figuras 2 y 3)

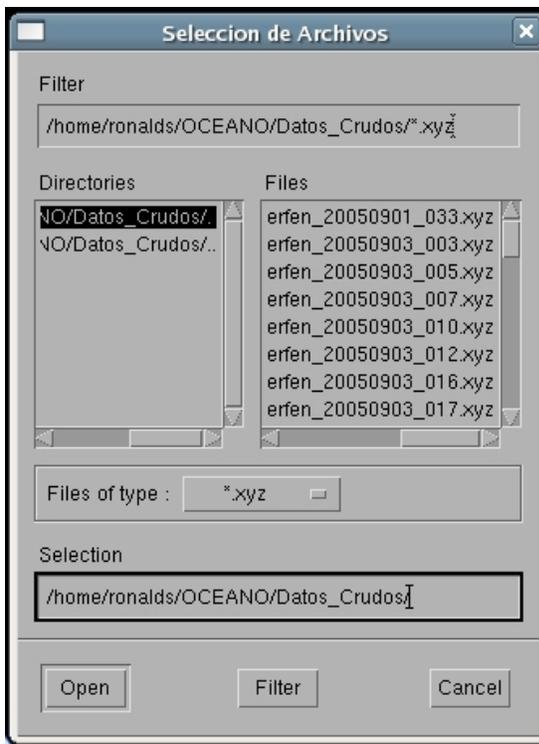


Figura 2. Ventana de selección de archivos a procesar

En la figura 3 podemos ver en la primera columna el numero de la estación de muestreo, la columna dos es la profundidad, la tres y la cuatro son la longitud y latitud donde se encuentra ubicada la estación, la columna cinco es la temperatura, la seis es la salinidad y la séptima es la densidad del agua de mar.

	1	2	3	4	5	6	7
1	33	6	-79	2	27.353	31.514	1020
2	33	7	-79	2	27.356	31.516	1020
3	33	8	-79	2	27.362	31.517	1020
4	33	9	-79	2	27.363	31.518	1020
5	33	10	-79	2	27.363	31.518	1020
6	33	11	-79	2	27.365	31.518	1020
7	33	12	-79	2	27.366	31.52	1020
8	33	13	-79	2	27.368	31.521	1020
9	33	14	-79	2	27.368	31.521	1020
10	33	15	-79	2	27.37	31.521	1020
11	33	16	-79	2	27.375	31.522	1020
12	33	17	-79	2	27.375	31.523	1020
13	33	18	-79	2	27.376	31.524	1020
14	33	19	-79	2	27.377	31.525	1020
15	33	20	-79	2	27.378	31.53	1020
16	33	21	-79	2	27.38	31.533	1020
17	33	22	-79	2	27.381	31.533	1020
18	33	23	-79	2	27.381	31.535	1020
19	33	24	-79	2	27.381	31.536	1020
20	33	25	-79	2	27.381	31.537	1020
21	33	26	-79	2	27.381	31.54	1020
22	33	27	-79	2	27.379	31.547	1020
23	33	28	-79	2	27.375	31.56	1020
24	33	29	-79	2	27.367	31.603	1020
25	33	30	-79	2	27.362	31.691	1020.1

Figura 3. Archivo (*.xyz), mostrado en el editor de arreglos de MatLab

Modulo de Análisis:

Este se encuentra en el menú análisis y consta de 3 botones Temperatura, Salinidad, Calificar

- Temperatura: Corre los filtros estándar específicos para Temperatura donde cada dato del parámetro escogido, es analizado por cada uno de los filtros asignándoles banderas de calidad parciales, generando una matriz de respuesta de filtros. (Figura 4)
- Salinidad: Correr los filtros estándar para Salinidad, generando la matriz de respuesta de filtros específica.

The screenshot shows a window titled "Array Editor: RESPUESTA_FILTROS_T". The menu bar includes File, Edit, View, Web, Window, and Help. Below the menu bar, there is a numeric format dropdown set to "shortG" and a size specification of "687 by 6". The main area contains a grid with 16 rows and 6 columns. All cells in the grid contain the value "0". The status bar at the bottom left indicates "Ready".

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0

Figura 4. Matriz respuesta de filtros, la cual es analizada por el algoritmo de Calificación para la imposición del Quality Flag

- Calificar: Con este botón asignamos la bandera de calidad a cada punto del perfil de Temperatura y Salinidad, después de haber, analizado las matrices de respuesta con el algoritmo de Calificación y Clasificación de datos.

Generando el archivo de datos procesados el cual contiene la información existente en los archivos (*.xyz) mas las columnas de banderas de calidad o *Quality Flag* al frente de cada dato de los parámetros procesados. (Figura 5)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	33	6	-79	2	27.353	0	31.514	4	1020
2	33	7	-79	2	27.356	0	31.516	4	1020
3	33	8	-79	2	27.362	0	31.517	4	1020
4	33	9	-79	2	27.363	0	31.518	4	1020
5	33	10	-79	2	27.363	0	31.518	4	1020
6	33	11	-79	2	27.365	0	31.518	4	1020
7	33	12	-79	2	27.366	0	31.52	4	1020
8	33	13	-79	2	27.368	0	31.521	4	1020
9	33	14	-79	2	27.368	0	31.521	4	1020
10	33	15	-79	2	27.37	0	31.521	4	1020
11	33	16	-79	2	27.375	0	31.522	4	1020
12	33	17	-79	2	27.375	0	31.523	4	1020
13	33	18	-79	2	27.376	0	31.524	4	1020
14	33	19	-79	2	27.377	0	31.525	4	1020
15	33	20	-79	2	27.378	0	31.53	4	1020
16	33	21	-79	2	27.38	0	31.533	4	1020
17	33	22	-79	2	27.381	0	31.533	4	1020
18	33	23	-79	2	27.381	0	31.535	4	1020
19	33	24	-79	2	27.381	0	31.536	4	1020
20	33	25	-79	2	27.381	0	31.537	4	1020
21	33	26	-79	2	27.381	0	31.54	4	1020
22	33	27	-79	2	27.379	0	31.547	4	1020
23	33	28	-79	2	27.375	0	31.56	4	1020
24	33	29	-79	2	27.367	0	31.603	4	1020
25	33	30	-79	2	27.362	0	31.691	4	1020.1

Figura 5. Archivo (* .xyz), el cual muestra la bandera de calidad impuesta a cada dato de Temperatura y Salinidad, Columnas seis y siete

Modulo de Visualización

Se encuentra en el menú Gráficos y consta de 2 botones G_T, G_S.

- G_T y G_S: Grafican los perfiles del parámetro correspondiente, comparados con el perfil de la climatología con su rango de tolerancia. Esto nos permite realizar una inspección visual de los mismo, con la alternativa de cambiar la bandera de calidad de un determinado dato del perfil si el investigador o usuario lo considera conveniente. Al presionar el cursor sobre el perfil de datos validados (color verde), podemos capturar puntos del perfil y desplegar una interfaz grafica que nos muestra la Profundidad, Valor del parámetro en el

punto, Respuesta de filtros, y Bandera de calidad. Con la posibilidad de borrar la bandera y cambiarla en el archivo de Datos_Procesados. (Figura 6)



Figura 6. Redactor interactivo, que permite cambiar la bandera de calidad del dato

- Exportar: Despliega una figura que contiene las graficas de perfiles de datos validados de Temperatura y Salinidad comparados con el perfil de la climatología, en esta figura podemos utilizar el menú *File* y exportar las grafica con el nombre, tipo, y ubicación que se desee.

Modulo Estadístico:

Se encuentra en el menú Estadística y hasta el momento despliega una interfaz grafica que nos da información estadística de los perfiles como Min, Max, Mediana, Media, Std, Rango. A demás el número de datos buenos, dudosos, desconocido y malos para cada perfil de los parámetros en la estación. Esta información es guardada automáticamente en el directorio "Estadística", con el nombre del archivo seleccionado para procesar. (Figura 7)

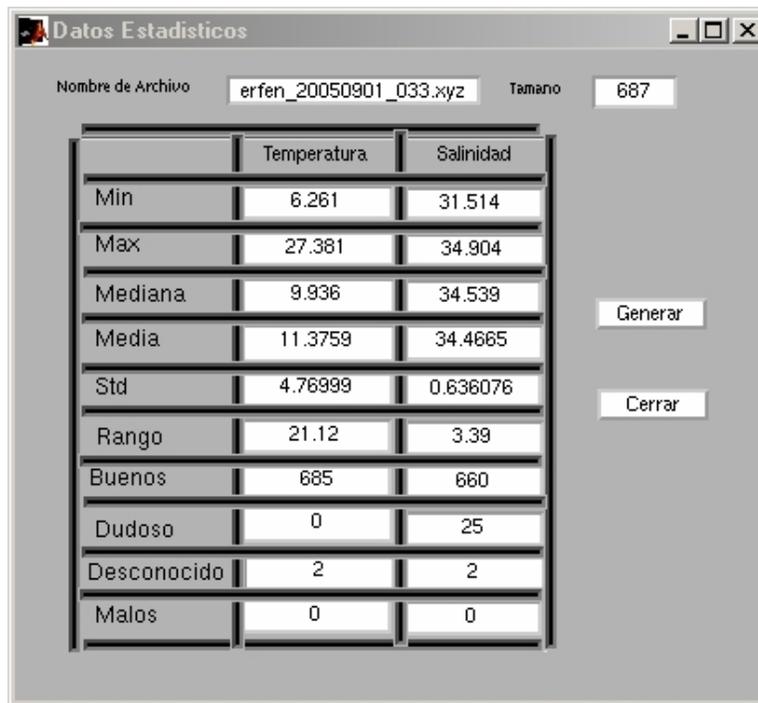


Figura 7. Interfaz grafica donde se genera información estadística, de los datos de un determinado perfil

Existen otros botones como Guardar, Borrar, Reiniciar, Salir, Cargar. Los 4 primeros se encuentran en el menú Archivo y realizan las siguientes operaciones:

- Guardar: Guarda el archivo de datos procesados en el directorio “Datos Procesados” especificado por el autor, en formato texto (txt). Disponibles para ser leído por cualquier otra aplicación. También despliega un mensaje de confirmación (Figura 8)

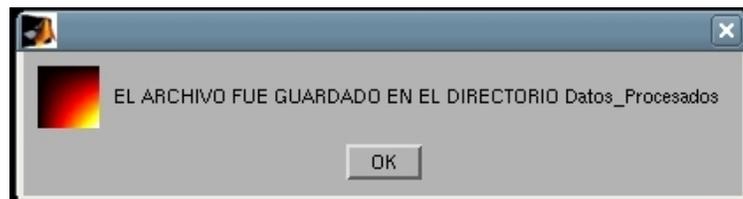


Figura 8. Mensaje de Confirmación al guardar el archivo de datos procesados

- Borrar: Borra las variables de la lista de variables y limpia los ejes gráficos.

- Reiniciar: Reinicia todas las operaciones hechas por la herramienta y borra las variables que se encuentran en el espacio de trabajo de MatLab. Esto se realiza con el fin de evitar saturación de variables en el proceso y prevenir errores en el programa. Se recomienda reiniciar cada vez que se procese un archivo de datos crudos.
- Salir: Despliega un cuadro de dialogo que nos da la opción de cerrar o no el programa. (Figura 9)



Figura 9. Ventana de Confirmación de salida

- Cargar: Con este botón adquirimos las variables generadas por la herramienta y almacenadas en el espacio de trabajo de MatLab, presionándolo pasamos las variables a el cuadro lista de variables en donde al dar clic sobre el nombre de una de ellas podemos ver su contenido utilizando el editor de arreglos de MatLab.

