

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO
TERRITORIAL**

***Sistema de Información Ambiental para Colombia
SIAC***

***Documento conceptual y metodológico
para la descripción de procesos de
información funcionales
de las Entidades del
SINA***

Metodología STRADIS

*Structured Analysis, Design and Implementation of Information Systems
Análisis, Diseño e Implementación de Sistemas de Información.*

Preparado por: Ing. Armando González

Bogotá, D.C., Agosto de 2003

Introducción.

Todos los métodos de análisis de requisitos se basan en la construcción de modelos del sistema que se pretende desarrollar. Utilizando alguna notación, propia de cada método, creamos modelos que reflejen el sistema, y aplicamos técnicas de descomposición y razonamiento *top-down*, de tal forma que al final establecemos la esencia del sistema que pretendemos construir.

El desarrollo de modelos de flujos de datos presenta algunas ventajas claras:

- **Permite centrarse en determinadas características del sistema, dejando de lado otras menos significativas.** Esto nos permite centrar las discusiones con el usuario en los aspectos más importantes del sistema, sin distraernos en características del sistema que sean irrelevantes.
- **Permite realizar cambios y correcciones en los requisitos a bajo coste y sin correr ningún riesgo.** Si nos damos cuenta que no habíamos entendido las necesidades del usuario o si el usuario ha cambiado de idea acerca de los requisitos del sistema, podemos cambiar el modelo o incluso desecharlo y empezar de nuevo. Si no hiciésemos modelos, los cambios en los requisitos sólo se efectuarían después de construir el producto software, y el coste sería muchísimo mayor.
- **Permite verificar que para el desarrollo del sistema se ha entendido correctamente las necesidades del usuario** y que las ha documentado de tal forma que los diseñadores y programadores pueden construir el software.

Sin embargo, no todas las técnicas de análisis logran estos tres objetivos: una descripción del sistema de 500 páginas (que sería, en sentido estricto, un modelo) oculta las características del sistema, tanto las relevantes como las irrelevantes, su desarrollo puede costar más que el del propio sistema, es difícil de modificar y no permite verificar si se han establecido los requisitos.

El análisis de requisitos clásico, usado hasta finales de los 70, consistía en redactar especificaciones funcionales, en forma de documentos textuales, de este tipo:

- **Eran monolíticas.** Para entender el sistema había que leerse la especificación de cabo a rabo. No había posibilidad de que ni el analista ni el usuario pudiesen centrarse en una determinada parte de la especificación, sin tener que leerse el resto.
- **Eran redundantes.** La misma información se repartía en diferentes partes del documento. Debido a esto cualquier cambio que se hiciese en la especificación debía reflejarse en varios puntos del documento. Esta situación produce con frecuencia inconsistencia: si no se cambiaba en todos estos lugares la misma información (p.ej. el mismo código) tenía definiciones distintas.
- **Eran ambiguas.** Al estar escritas en lenguaje natural, podían ser interpretadas de forma distinta por analistas, usuarios, diseñadores o programadores. Hay estudios que muestran que el 50% de los errores encontrados en el sistema final y el 70% del coste de la corrección de los errores surgía de este tipo de malentendidos.
- **Eran imposibles de mantener o modificar.** Por todas las razones anteriores, la especificación del sistema estaba totalmente obsoleta cuando finalizaba el desarrollo. En muchos casos, estaba incluso obsoleta cuando finalizaba la fase de análisis de requisitos. Debido a esto, la mayor parte del software de la

época carece de una documentación fiable, incluso aunque se hubiese realizado análisis y redactado una especificación.

Por estos motivos fueron surgiendo nuevos métodos de análisis, cuyo objetivo era obtener especificaciones:

- **Gráficas.** Formadas por una colección de diagramas, acompañados de información textual detallada, que sirve de material de referencia, más que de cuerpo principal de la especificación.
- **Particionadas.** De forma que fuese posible leerse o trabajar sobre partes individuales de la especificación sin tener que leérsela toda.
- **Mínimamente redundantes.** De forma que los cambios en los requisitos necesitasen reflejarse en un sólo punto de la especificación.
- **Transparentes.** De forma que fuesen tan fáciles de leer y de entender que el que las utilizase no se diese cuenta de que está mirando una representación del sistema, en lugar del sistema en sí. Los sistemas son los que son complejos, las especificaciones tienen que ser claras y sencillas.

Bajo el nombre genérico de *Análisis de procesos de Información*, se engloban una serie de aportaciones de diversos autores entre los que cabe citar, por orden cronológico, a De Marco, Yourdon, Gane & Sarson (STRADIS), Ward & Mellor y Hatley & Pirbhai. Cada uno de ellos ha desarrollado su propio método de análisis, mejorando, ampliando o adaptando los anteriores a algún campo de aplicación específico.

Siguiendo las técnicas del análisis estructurado podemos describir los sistemas desde tres puntos de vista:

MODELO	HERRAMIENTAS		
Datos	Diagramas de Entidad/Relación		Diccionario
Procesos	Diagramas de Flujo de Datos Especificaciones de Proceso		De
Control o Comportamiento	Diagramas de Flujo de Control Especificaciones de Control Diagramas de Transición de Estados		Datos

Diferentes modelos de un sistema de información.

Punto de vista del proceso.

Describiremos el sistema como un conjunto de operaciones de proceso de información. Estas operaciones reciben unos flujos de datos de entrada y los transforman en flujos de datos de salida. Para describir el sistema desde este punto de vista utilizaremos **Diagramas de Flujo de Datos** y **Especificaciones de procesos**.

Punto de vista de los datos.

Describiremos el sistema mediante un modelo de los datos que utiliza, haciendo explícitas las relaciones que se establecen entre esos datos. Para ello utilizaremos **Diagramas Entidad/Relación**.

El desarrollo del modelo de datos de un sistema evita el almacenamiento de información redundante e incoherente, garantiza la integridad y seguridad de los datos y simplifica el mantenimiento.

Punto de vista del comportamiento.

Describiremos el sistema como una sucesión de estados o modos de funcionamiento. Indicaremos también cuáles son las condiciones o eventos que hacen que el sistema pase de un modo a otro. Utilizaremos **Diagramas de Flujo de Control**, **Especificaciones de Control** y **Diagramas de Estados**.

Es importante indicar que cualquiera de los tres tipos de diagramas citados van a describir el mismo sistema, que tendrá una implementación física determinada, variando simplemente el punto de vista desde el que se contempla. La relación entre los distintos diagramas se establece a través del **Diccionario de Datos**.

Por último, hay que tener en cuenta la influencia que han tenido las herramientas de análisis en el uso y difusión de los métodos de análisis de sistemas de información. Estas herramientas permiten dibujar los diagramas, hacen mucho más sencilla su modificación y comprueban su completitud y consistencia. Además muchas de estas herramientas sirven de soporte no sólo a la fase de análisis sino a todas las etapas del ciclo de vida. Estas son las herramientas CASE.

Notaciones.

Las diferentes técnicas y notaciones de modelado de sistemas que puede utilizar en el diseño de sistemas de información. Combinando todas ellas se puede establecer un modelo completo del sistema, pero lo importante es usar aquellos diagramas que nos sirvan en una situación determinada. Habrá situaciones en que lo importante sea modelar el flujo de datos, mientras que el control sea obvio. En otras situaciones los datos serán lo suficientemente complejos como para justificar un modelo de datos. En otras, p.ej. en sistemas de tiempo real, será necesario especificar el comportamiento del sistema.

En general, la mayoría de los sistemas requerirán utilizar varios modelos para representarlos. Cada modelo se centra en un número limitado de aspectos del sistema, dejando de lado otros (esta era una de las características de los modelos). Combinando los diversos modelos podemos tener una visión detallada de todas las características del sistema. Esto es especialmente cierto hoy en día, cuando los sistemas software manejan estructuras de datos complejas, realizan funciones complejas y tienen pautas de comportamiento complejas.

Diagramas de flujo de datos (DFD).

Como su propio nombre indica, un sistema de procesamiento de datos incluye tanto datos como procesos, y cualquier análisis de un sistema así debe incluir ambos aspectos. Necesitamos una técnica para modelar sistemas que describa:

- *Qué funciones son las que realiza el sistema.*

- *Qué interacción se produce entre estas funciones.*
- *Qué transformaciones de datos realiza el sistema.*
- *Qué datos de entrada se transforman en qué datos de salida.*

A medida que la información se mueve a través del software, va siendo modificada mediante una serie de transformaciones. El DFD es una técnica gráfica que representa el flujo de información y las transformaciones que se aplican a los datos al moverse desde la entrada a la salida.

Elementos de un DFD.

Para representar el sistema mediante DFDs utilizaremos la notación de Yourdon (1975), posiblemente la más extendida. Esta notación es la indicada en la transparencia 4.3. Los elementos que aparecen en el DFD pueden ser:

- **Procesos.** Representan elementos software que transforman información. Son, por tanto, los componentes software que realizan cada una de las funciones del sistema, transformando datos de entrada en datos de salida.
- **Entidades externas.** Representan elementos del sistema informático o de otros sistemas adyacentes (en cualquier caso se trata de algo que está fuera de los límites del sistema software) que producen información que va a ser transformada por el software o que consumen información transformada por el software. Los flujos de datos que comuniquen el sistema con las entidades externas representan las interfaces del sistema. Las entidades externas sólo aparecen en el diagrama de contexto.
- **Almacenes de datos.** Representan información almacenada que puede ser utilizada por el software. Los almacenes de datos permiten guardar temporalmente información que luego puede ser procesada por el mismo proceso que la creó o por otro distinto. En la mayoría de los casos, utilizaremos almacenes de datos cuando dos procesos intercambian información pero no ocurren o se ejecutan simultáneamente. En otros casos, utilizaremos los almacenes como copia de seguridad de los datos, para evitar pérdidas de información en caso de que el sistema falle. Los almacenes de datos pueden ir desde registros temporales para almacenar un dato hasta ficheros o bases de datos.
- **Flujos de datos.** Representan datos o colecciones de datos que fluyen a través del sistema. La flecha indica el sentido de flujo. Posiblemente en los diagramas de nivel mayor existan flujos de datos bidireccionales, que luego son refinados en sucesivos diagramas, o incluso varios flujos de datos agrupados en uno sólo. Los flujos de datos conectan los procesos con otros procesos, con entidades externas o con almacenes de datos, y pueden converger o divergir si conectan un elemento del DFD con varios otros. Mientras que los almacenes de datos representan información estática o en reposo, los flujos de datos representan información en movimiento. Puede tratarse de un elemento de datos simple o compuesto (un registro) o incluso de una colección de datos de estructura compleja, p.ej. un árbol. En algunos casos, el flujo de datos puede representar elementos que no son datos, sino p.ej. materiales, si estamos haciendo un diagrama de flujo de una cadena de producción, por ejemplo

Cualquiera de los elementos que aparecen en un DFD tiene que estar etiquetado con un nombre, corto y significativo. Los procesos van etiquetados con la función que realizan, (o bien con el nombre de la máquina, persona o grupo de personas que realizan esa función, en el caso de que no se trate de software). Lo mismo sucede con las entidades externas. Los flujos de datos van etiquetados con un nombre

identificativo de la información que transportan, y posiblemente con el estado de dicha información (p. ej. *número de teléfono, número de teléfono correcto, número de teléfono erróneo*). Los almacenes de datos van etiquetados con un nombre significativo de la información que contienen, generalmente en plural.

Hay que tener en cuenta que un DFD no representa información sobre el comportamiento del sistema o sobre el control del mismo. Representa qué funciones o que transformaciones se realizan sobre los datos pero no cuándo se realizan o en qué secuencia.

Diagrama de contexto.

Se pueden utilizar DFDs para representar el sistema a cualquier nivel de abstracción. El DFD de nivel 0 se llama **diagrama de contexto** y en él el sistema está representado por un sólo *proceso*, que identifica cuál es la función principal del sistema, mostrando además los flujos de información que lo relacionan con otros sistemas: las *entidades externas*. El diagrama de contexto tiene una gran importancia puesto que resume el requisito principal del sistema de recibir ciertas entradas, procesarlas de acuerdo con determinada función y generar ciertas salidas. A partir del diagrama de contexto podemos ir construyendo nuevos diagramas que vayan definiendo con mayor nivel de detalle los flujos de datos y procesos de transformación que ocurren en el sistema, de forma que al final obtenemos una jerarquía de diagramas.

En general, cualquier proceso que aparezca en un DFD puede ser descrito más detalladamente en un nuevo DFD. A esto lo llamaremos **explosión** de un proceso. En este DFD el proceso que estamos describiendo aparece descompuesto en una serie de subprocesos o subsistemas, cada uno encargado de realizar un aspecto determinado del proceso original. Los flujos de datos que entran y salen del proceso que estamos describiendo deben entrar y salir del DFD que lo desarrolla. Además de estos flujos, el DFD contendrá por lo general nuevos flujos que comunican los procesos que figuran en él y posiblemente almacenes de datos. Las entidades externas sólo aparecen en el DFD de contexto.

Dado que en el DFD de contexto nuestro sistema estará representado por un sólo proceso. Este DFD de nivel 0 sólo dará lugar a un DFD de nivel 1. A su vez, este puede dar lugar a tantos DFDs de nivel 2 como procesos contenga, y así sucesivamente hasta que hayamos alcanzado un nivel en el que los procesos sean lo suficientemente simples como para no necesitar su descripción más detallada en un DFD. De este forma, el modelo de procesos del sistema va a consistir en una jerarquía de DFDs.

Una ventaja de los DFDs es que no sólo se utilizan para representar modelos del software sino también en muchos otros campos, como la investigación operativa o la organización empresarial. Eso hace que estén ampliamente difundidos y que sea relativamente fácil mostrarlos al usuario y que éste los entienda.

DFDs. Reglas de construcción.

- *Un DFD debe contener menos de 10 elementos.*
- *Cada elemento de un DFD debe tener un nombre corto e identificativo.*
- *Es necesario numerar los procesos.*
- *Para modelar sistemas complejos se utiliza la explosión, que da como resultado DFDs a distintos niveles de detalle.*

- *No es conveniente utilizar más de 7 u 8 niveles.*
- *Los DFDs de niveles inferiores desarrollan de forma más concreta los procesos de niveles superiores.*
- *La explosión se realiza hasta alcanzar un nivel de especificación mínimo y sencillo.*
- *Debe mantenerse la consistencia de nombres en los distintos DFDs.*
- *Debe mantenerse la consistencia entre los distintos niveles, utilizando la regla de equilibrio.*
- *En cada DFD hijo deben representarse los mismos flujos de datos que en el proceso padre.*
- *No existen conexiones entre entidades externas*
- *No existen conexiones entre entidades externas y almacenes*
- *No existen conexiones entre almacenes*

Regla de equilibrio.

Normalmente, el sistema que estamos modelando será lo suficientemente complejo como para necesitar varios DFDs. Construiremos entonces una jerarquía de DFDs.

Cada DFD (hijo) de un nivel n será resultado de la explosión de un proceso (padre) de un DFD de nivel $n-1$. Es necesario que el título del DFD sea el nombre del proceso que desarrolla, que la numeración de los procesos en el DFD hijo se derive del número del DFD padre (p.ej. 3, 3.1, 3.2) y además hay que mantener la consistencia de los flujos de datos en ambos.

La regla de equilibrio dice que los flujos de datos que entran o salen del proceso padre deben aparecer en el DFD hijo, manteniendo el nombre y el sentido.

En el diagrama hijo estos flujos de datos tendrán un extremo libre, puesto que conectaban el proceso padre con algún elemento que ya no va a estar representado en el diagrama hijo. Una excepción son los flujos que conectan los procesos con almacenes de datos. Se recomienda representar los almacenes de datos en todos los DFDs en los que intervienen.

La regla de equilibrio también puede tener excepciones. Antes habíamos hablado de flujos de datos compuestos, e incluso bidireccionales (que normalmente transmiten una pregunta o petición y su respuesta). Estos flujos de datos suelen utilizarse en los DFDs de los niveles más bajos (es decir, los más altos de la jerarquía) para modelar el sistema con cierto grado de abstracción y para evitar representar muchos flujos de datos, lo que haría más confuso el diagrama. En los DFDs de niveles superiores, es necesario descomponer estos flujos en varios (p.ej. petición y respuesta). Para realizar esta descomposición podemos hacer divergir el flujo en el DFD hijo o al menos dejar reflejada esta descomposición en el diccionario de datos (que ya se verá qué es).

4.2.2. Especificaciones de proceso.

Los DFDs permiten identificar las principales funciones o transformaciones que realiza un sistema, y las relaciones entre estas funciones pero no indican nada acerca de los detalles de cómo se realizan estas transformaciones. Para definir los detalles de qué información de entrada se transforma en qué información de salida y cómo se realiza esta información se necesita una descripción textual de los procesos. Para esto utilizaremos las especificaciones de proceso.

En los DFDs de menor nivel (los más altos en la jerarquía), los procesos se describen mediante un nuevo DFD, que define más detalladamente las funciones que realiza y los flujos que maneja. Este proceso de descomposición debe continuar hasta que se alcance un nivel en el que un proceso puede ser descrito textualmente de forma sencilla y no ambigua. Estos procesos de los nodos hoja de la jerarquía se suelen llamar **primitivas de proceso**.

Una forma de especificar una primitiva de proceso es dando un algoritmo. Esto no quiere decir que el algoritmo propuesto en el análisis se corresponda con la implementación final del proceso, sino que es simplemente una forma de describir la operación. La elección del algoritmo definitivo se hace en la fase de diseño, considerando además de la especificación, criterios de eficiencia y las características del lenguaje de implementación.

Alternativamente, una primitiva de proceso puede ser descrita mediante una definición, sin especificar un algoritmo (p.ej. el proceso *Invertir Matriz* calcula la inversa de la matriz que recibe como entrada), matemáticamente o mediante un lenguaje de especificación formal, en lenguaje natural o mediante una tabla que indica los valores de los flujos de salida a partir de los valores de los flujos de entrada.

En cualquier caso, las especificaciones de proceso son textos breves (unas pocas líneas, en cualquier caso menos de una página), que definen la función que realiza la primitiva de proceso para transformar los flujos de entrada en flujos de salida.

Diccionario de datos.

El diccionario de datos o diccionario de requisitos es el lugar donde van a estar contenidas las definiciones de todos los elementos que aparecen en los distintos diagramas del sistema, y sirve por tanto para establecer la relación entre los distintos modelos del mismo (procesos, comportamiento y datos). El diccionario de datos permite establecer que el analista y el usuario entienden de la misma forma cada uno de los elementos de los diagramas.

El análisis del sistema software no va a estar completo porque hagamos una serie de diagramas DFD. Necesitamos una cierta cantidad de información textual, que defina brevemente cada uno de los elementos de los modelos (con las etiquetas no basta), o que describa el *contenido* de dichos elementos (el contenido de los flujos y almacenes, de entidades y relaciones, el pseudocódigo de los elementos de proceso).

La información que suele contener el diccionario de datos es la siguiente:

- **Nombre.** *El nombre principal del elemento en el sistema.*
- **Alias.** *Otros nombres usados para el mismo elemento en diferentes partes del sistema. Aunque lo ideal sería que un mismo elemento se llamase igual en todos los modelos, hay que tener en cuenta que puede ser que la labor de análisis no sea hecha por una sola persona sino por un equipo de analistas, y en estos casos la disparidad de nombres suele ser inevitable.*
- **Uso.** *Un listado de dónde (qué procesos o diagramas) se usa el elemento y cómo se usa (entrada, salida, actualización). Esta información se puede generar automáticamente con una herramienta de análisis o una herramienta CASE y es muy útil a la hora de estimar el impacto de un cambio (si queremos modificar el tipo de un dato elemental, cuántos programas es necesario modificar).*

- **Descripción.** *Una descripción breve del significado del elemento, que complete la información del nombre.*
- **Contenido.** Una relación de los datos elementales que contiene, en el caso de ser un flujo, un almacén, un objeto o una relación. Para la descripción del contenido de los elementos existe una notación normalizada.
- **Información adicional.** Otras informaciones relativas al elemento (quién y cuándo lo definieron) o información específica del tipo de elemento de que se trate.

En concreto, un diccionario de requisitos completo debe incluir entradas para los siguientes elementos:

- **Entidades externas:** *Descripción.*
- **Procesos:** *Descripción de la función que realizan.*
- **Flujos de datos:** *Descripción, dónde se usan y su contenido.*
- **Almacenes de datos:** *Descripción, dónde se usan y contenido.*
- **Datos elementales:** *Descripción, tipo y restricciones (p.ej. de rango o de valores)*
- **Primitivas de proceso:** *Descripción y pseudocódigo.*

Actualmente, el diccionario de datos suele estar mecanizado, bien sea por separado o bien como parte de una herramienta CASE. Esto hace que las modificaciones sean más fáciles, que las comprobaciones de que cada modelo o el conjunto de los modelos son correctos se puedan hacer de forma automática o que sirva de ayuda para evaluar el impacto de un cambio en el sistema.

Metodología del análisis estructurado.

En el apartado anterior hemos visto diversas notaciones para el análisis estructurado de sistemas. Estas notaciones nos permiten modelar el software desde diversos puntos de vista. Vamos a ver ahora como podemos coordinar estos modelos y cuál es el método de trabajo apropiado.

Fases.

Creación del modelo de procesos.

El punto de partida será el modelo de procesos del sistema. Mediante el uso de DFDs y PSPECs podemos modelar el ámbito de información y ámbito funcional del sistema.

La tarea de análisis consiste básicamente en eso: en analizar o pensar, no en ponerse a dibujar diagramas a lo loco. Por esto, lo primero que tenemos que hacer es estudiar toda la documentación inicial que tengamos del sistema, bien sea una especificación preliminar, o el resultado de las reuniones o entrevistas preliminares con el usuario.

Podemos hacer un análisis gramatical de la información de entrada. Identificando los nombres y los verbos de la especificación preliminar podremos identificar muchos de los componentes del sistema. Podemos clasificar estos elementos en entidades externas (nombres), flujos y almacenes de datos (nombres) y procesos o funciones (verbos). La especificación relaciona estos nombres y verbos entre sí. Esto nos permitirá establecer la relación entre procesos y el resto de los componentes. Podemos hacer listas separadas de cada uno de estos componentes. No serán correctas ni completas, pero es un buen punto de partida.

A continuación, comenzaremos por hacer el DFD de contexto, mostrando el sistema de información en relación con las entidades externas con las que interactúa. En este nivel representamos el sistema mediante un sólo símbolo de proceso, no se suelen mostrar almacenes de datos, y se identifican las entradas y salidas principales del sistema (no se detallan todos los flujos de datos, sino que se los agrupa).

A continuación, vamos refinando el DFD de contexto en mayores niveles de detalle. Este es un proceso de descomposición funcional, en el que tenemos que ir descomponiendo el sistema en las distintas funciones que realiza. Hay que aplicar los principios de **acoplamiento mínimo** (máxima independencia) entre procesos distintos y **máxima cohesión** (fuerte conexión funcional entre todo lo que está dentro de un proceso). en cada proceso. Si todos los flujos de datos que aparecen en un DFD son utilizados en todos los procesos del mismo, posiblemente algo irá mal. Según esto, un proceso debe realizar una función clara y coherente.

El número de procesos que aparecen en un DFD debe estar (idealmente) entre 5 y 10. Poner menos llevará a tener que hacer demasiados DFDs y a que alguna de las burbujas no sea más que un saco de procesos (es decir, habrá poca cohesión). Poner más dificultará el conseguir una visión general del diagrama.

Según vamos descomponiendo, tenemos que tener cuidado en mantener la consistencia: consistencia de nombres, de numeración y de flujos de datos, aplicando la regla de equilibrio.

No hay que caer en detalles de implementación, el DFD pretende dar una visión de cómo se mueve idealmente la información entre los diferentes procesos, y no en ser un lenguaje de programación gráfico.

Según vamos incluyendo elementos en los DFDs hay que ir definiéndolos en el diccionario de datos del proyecto.

Seguiremos el proceso de descomposición hasta encontrar las primitivas de proceso: estas serán procesos sencillos, con máxima cohesión (realizan una única función). Los flujos de datos que entran y salen de las primitivas constituyen la interfaz de estos procesos. Describiremos estas primitivas mediante PSPECs, a ser posible en pseudocódigo, manteniendo la consistencia de flujos de entrada y salida con respecto a los DFDs.

Las PSPECs no contienen definiciones de datos, por tanto, no podemos ocultar en ellas almacenes de datos. Estos tienen que aparecer en los DFDs.

Consistencia entre el modelo de procesos y el diccionario de datos.

Las reglas son las siguientes:

- **Cada elemento de los DFDs debe estar definido en el DD.** Las entidades externas, procesos, almacenes y flujos de datos tienen que estar definidos en el diccionario. Para entidades externas y procesos basta con una descripción breve de su significado, para almacenes y flujos de datos hay que describir también los datos elementales que contienen.
- **Cada dato elemental del DD tiene que estar incluido en algún flujo de datos.** Si no fuese así el diccionario contendrá datos elementales que no se usan en el sistema. Además, si el sistema debe memorizar alguno de estos datos, debe figurar también en un almacén de datos de los DFDs.

Una excepción a esta regla serían las variables locales de las primitivas de proceso, que sólo aparecen en las PSPECs, pero definir estas variables locales en el DD no es lo habitual.

Modelos del sistema: esencial y de implementación.

El modelo esencial del sistema (algunas veces llamado modelo lógico del sistema) es un modelo de lo que el sistema debe hacer con objeto de satisfacer los requisitos del usuario. En el modelo esencial no figura (al menos idealmente) nada acerca de cómo se va a implementar el sistema. Es por tanto, un modelo abstracto del sistema, que supone que disponemos de una tecnología perfecta sin coste alguno.

Este modelo esencial es el resultado de la fase de análisis de requisitos del sistema, y de este tipo son todos los modelos que hemos estado viendo hasta ahora.

El modelo esencial tiene que estar completamente libre de detalles de implementación. Alguno de los errores típicos en los que se cae al hacerlo son:

- **Secuenciar de forma arbitraria las funciones del DFD.** Los procesos de los DFDs deben ser lo más concurrentes posible, no hay que pensar en que el sistema realiza una tarea, y luego otra, y luego otra. El único secuenciamiento de funciones que debe aparecer en los DFDs es el impuesto por la dependencia de datos. Si un proceso P2 recibe como entrada un flujo de datos generado por un proceso P1, no podrá realizarse hasta que P1 acabe. Cualquier otra secuencia es puramente arbitraria, y dependerá más de necesidades de implementación (p.ej. capacidad del ordenador) que de requisitos del sistema.
- **Utilizar ficheros temporales o de backup.** Los ficheros temporales se usan para conectar procesos que no pueden ejecutarse simultáneamente por problemas de capacidad o multiproceso del ordenador, no porque los procesos deban ejecutarse de forma secuencial. Los ficheros de backup se utilizan para evitar perder información en caso de que falle el sistema (sea el fallo hardware, software o humano). Supuesta una tecnología perfecta, no necesitamos de ninguno de ellos. No son requisitos esenciales del sistema sino de implementación.
- **Utilizar información redundante o derivada.** El incorporar en las bases de datos o en los procesos información redundante tiene más que ver con la eficiencia de la implementación que con los requisitos del modelo. (P.ej. los totales de factura se pueden calcular a partir de las líneas, sin embargo es normal almacenarlos para evitar tener que calcularlos cada vez que se accede a la factura). En el modelo esencial no usaremos nunca información redundante o derivada.

A partir del modelo esencial, los diseñadores podrían decidir cómo implementar el sistema, usando la tecnología disponible. Podrían decidir cuál va a ser el hardware, la base de datos, el lenguaje de programación, etc. y cómo implementar con estas herramientas los elementos del modelo esencial.

Sin embargo, lo normal es que el cliente proporcione más información que los simples requisitos del sistema, y que decida también sobre detalles de implementación: qué funciones van a ser manuales y cuáles automáticas, el formato de los informes y de las pantallas, requisitos operacionales de velocidad de cálculo o capacidad, etc. Toda esta información que el cliente proporciona al analista, que no se refiere a los

requisitos esenciales del sistema, sino a los requisitos de implementación, formarán parte del modelo de implementación del sistema.

El desarrollo de un modelo de implementación es una tarea que está a caballo entre el análisis y el diseño. No puede ser desarrollado sólo por el analista y el cliente pues se necesita el consejo de diseñadores e implementadores sobre las elecciones de hardware y software y sobre la posibilidad de cumplir las restricciones de tiempos de respuesta y capacidades del sistema usando la tecnología elegida. Por otra parte, no puede ser realizado únicamente por diseñadores e implementadores porque el usuario debe definir una gran cantidad de requisitos de implementación, que irán surgiendo en la fase de análisis, y es al analista al que se los describe. (El analista es el principal vínculo entre el cliente y el equipo de desarrollo. El cliente tiene muy poco trato con diseñadores e implementadores).

Este modelo de implementación será una versión revisada y anotada del modelo esencial, donde se especifiquen todos estos detalles adicionales proporcionados por el usuario. Entre estas anotaciones podemos citar:

- **La elección de dispositivos de entrada y salida.** Desde el punto de vista del modelo esencial, el sistema recibe y emite flujos de datos a las entidades externas. Un modelo de implementación debe indicar qué dispositivos se utilizan para estas entradas o salidas: interruptores y señales luminosas o estaciones de trabajo, p.ej.
- **La elección de los dispositivos de almacenamiento.** Discos duros, discos ópticos, cintas magnéticas, etc.
- **El formato de las entradas y salidas.** Incluyendo aquí el tamaño de los datos (p.ej. longitud de los nombres, formato de fechas y números de teléfono, número de líneas máximo en un pedido, etc.). Todas estas restricciones deben ser incorporadas al diccionario de datos.
- **La secuencia de operaciones de entrada y salida.** Incluyendo la definición de cómo se van a hacer los diálogos del sistema con el usuario (orden de las pantallas de captura de datos y disposición de los datos en la pantalla, valores por defecto de los datos, mensajes de error y de ayuda, cómo se pasa de una pantalla a otra, etc.) Muchos de estos aspectos pueden definirse mediante DEs.
- **Volumen de datos.** El usuario debe indicar el volumen de datos que manejará el sistema de forma que se puedan prever las necesidades de almacenamiento y procesamiento.
- **Tiempo de respuesta.** El tiempo de respuesta de las aplicaciones interactivas y el tiempo máximo de procesamiento que puede consumir in proceso batch, etc.
- **Copias de seguridad y descarga de datos del sistema.** El usuario puede indicar cuándo y de qué datos es necesario hacer copia de seguridad o qué datos necesita mantener on-line (información del último año p.ej.) y qué datos se pueden descargar del sistema a cinta magnética. Habrá que prever mecanismos de recuperación o recarga de esa información cuando sea necesaria.
- **Seguridad.** Mecanismos de seguridad para evitar accesos no autorizados a todos o parte de los datos, a determinados procesos, etc.

Especificaciones utilizando análisis clásico.

- Monolíticas.
- Redundantes.

- Ambiguas.
- Imposibles de mantener o modificar.

Especificaciones utilizando análisis estructurado.

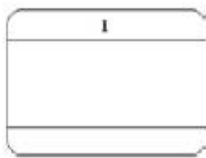
- Gráficas.
- Particionadas.
- Mínimamente redundantes.
- Transparentes.

STRADIS.

Metodología de descripción de flujos de datos desarrollada por Gane & Sarson. Viene del término en inglés **Structured Analysis, Design and Implementation of Information Systems** que traduce Análisis, Diseño e Implementación de Sistemas de Información. Esta metodología incorpora el análisis, diseño e implementación estructurada de sistemas de información. Esta es una metodología basada en la descomposición funcional mediante el uso de diagramas de flujo de datos.

Para su desarrollo utiliza 4 elementos gráficos:

Proceso



Representan: Las transformaciones de la Información.

Nombre: Único y representativo (verbo+objeto).

Identificador: Numeración jerárquica.

El **nombre del proceso** debe ser lo más representativo posible. Normalmente estará constituido por un verbo (siempre verbo, no otra cosa) en infinitivo más un sustantivo (objeto). Los verbos deben ser claros y no ambiguos. Y será una frase sin sujeto ya que representa funciones lógicas (qué acciones se realizan y no cómo se hacen).

El **número identificativo**, que será único en el DFD del sistema, se representa en la parte superior izquierda e indica el nivel del DFD en que se está. También sirve para referenciar los flujos de datos fuera del DFD y en la expansión de los procedimientos en los DFD expandidos. Así se sabe a qué proceso de nivel superior está asociado un determinado DFD expandido.

Hay que resaltar que el número no indica orden de ejecución alguno entre los procesos ya que en un DFD no se representa una secuencia en el tratamiento de los datos. El número que identifica el proceso es único en el sistema y debe seguir el siguiente estándar de notación:

- El proceso del diagrama de contexto se numera como cero.
- Los procesos del siguiente nivel se enumeran desde 1 y de forma creciente hasta completar el número de procesos del diagrama.

- En los niveles inferiores se forma con el número del proceso en el que está incluido seguido de un número que lo identifica en ese contexto.
- En la **localización** se pondrá el nombre del proceso origen, de cuya descomposición surgió el proceso de que se trate.
- Si el proceso es de último nivel, proceso primitivo, se representa con un asterisco en el ángulo inferior derecho separado con una línea inclinada.
- Un proceso representa una funcionalidad que tiene que llevar a cabo el sistema para transformar o manipular datos. El proceso debe ser capaz de generar los flujos de datos de salida a partir de los de entrada, más una información constante o variable al proceso.
- El proceso nunca puede ser el origen ni el final de los datos, en cambio, sí que puede transformar un flujo de datos de entrada en varios de salida y siempre es necesario como
- intermediario entre una entidad externa y un almacén de datos.
- Un proceso no se puede representar más de una vez en un DFD, y cada proceso debe tener al menos una entrada y una salida. Podrá tener varias entradas o varias salidas, pero no es válido sin entradas o sin salidas.

Flujos De Datos



Representan: Los bloques de información que se desplazan entre procesos y otros componentes.

Nombre: Significativo de la información que transportan.

Identificador: Numeración secuencial.

Los nombres de los flujos de datos deben reflejar la información que transportan, usar sólo una palabra: cheque, pago, etc. Pero si hay ambigüedad o falta de descripción, poner más de una para ganar en claridad.

Los flujos de datos representan el movimiento de los datos, y establece la comunicación entre los procesos y los almacenes de datos o las entidades externas.

Sin embargo, nunca se pueden unir directamente dos almacenes de datos por un flujo de datos, debe haber un proceso en medio que "transporte" los datos; hacerlo sería un error muy grave.

Los flujos de datos sólo pueden estar:

- Entre dos procesos.
- Desde un almacén a un proceso, que necesita información o desde un proceso, que almacena información, a un almacén.
- Entre entidades externas y procesos, los procesos reciben o envían información a las E.E.
- Un flujo de datos entre dos procesos sólo es posible cuando la información es síncrona, es decir, el proceso destino comienza cuando el proceso origen finaliza su función.
- Otras posibilidades no pueden ocurrir.

Cuando los flujos de datos que parten o llegan a un almacén de datos transportan la estructura de datos completa contenida en ese almacén, no será necesario etiquetarlos. Si sólo llevan una parte de la estructura, entonces se denominan con el nombre de los elementos que transporta.

Para citar a un flujo de datos fuera del DFD se hace:

- Por la identificación de la fuente y el destino.
- Por el nombre del DFD.

Los flujos de datos que comunican procesos con almacenes pueden ser de los siguientes tipos:

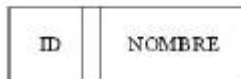
- *De consulta:* representan la utilización de los valores de uno o más campos de un almacén de datos o la comprobación de que los valores de los campos seleccionados cumplen unos criterios determinados.
- *De actualización:* representan la alteración de los datos de un almacén como consecuencia de la creación de un nuevo elemento, por eliminación o modificación de otros ya existentes.
- *De diálogo:* es aquel flujo entre un proceso y un almacén de datos que representa una consulta y una actualización. Se representará con una doble flecha.

Almacenes de datos



- Representan: La información en reposo del sistema.
- Nombre: Único y representativo de la información (plural).
- Identificador: Numeración secuencial.

DFD, se permite repetirlos para dar claridad al dibujo y evitar cruces de líneas. Si un almacén aparece repetido dentro un DFD se representará de la siguiente forma:



Los almacenes de datos representan la información en reposo utilizada por el sistema independientemente del sistema de gestión de datos (por ejemplo un archivo, base de datos, archivador, etc.). Contienen la información necesaria para la ejecución del proceso. Hay que tener en cuenta que un “almacén de datos” es un concepto de nivel superior al de “archivo”.

Un almacén no puede crear, transformar o destruir datos, ni estar comunicado con otro almacén o entidad externa y aparecerá por primera vez en aquel nivel en que dos o más procesos accedan a él.

Entidades Externas



- Representan: Personas o entes generadores o receptores de información.
- Nombre: Único y representativo.
- Identificador: Numeración secuencial.

Si la entidad externa aparece varias veces en un mismo Diagrama de Flujo de Datos, se representa con una línea inclinada en el ángulo superior izquierdo.

Puede aparecer varias veces en un mismo diagrama, así como en los distintos niveles del DFD para mejorar la claridad del diagrama.

Las entidades externas representan a entes ajenos al sistema que proporcionan o reciben información del mismo. Pueden hacer referencia a departamentos, personas, máquinas, recursos u otros sistemas. El estudio de las relaciones entre entidades externas no forma parte del modelo.

- Son **fuentes de datos**, es decir, suministran datos al sistema; o
- Son **destinos** o sumideros, es decir, reciben datos del sistema.

No se distingue entre entidades externas fuente y destino, para ver cómo actúa una entidad externa, se observa el flujo de datos asociado con el que intercambia información con el sistema.

Explosión de un proceso.

Los Diagramas de Flujo de Datos han de representar el sistema de la forma más clara posible, por ello su construcción se basa en el principio de descomposición en distintos niveles de detalle.

La descomposición por niveles se realiza de arriba abajo, es decir, se comienza en el nivel más general y se termina en el más detallado, pasando por los niveles intermedios necesarios. De este modo se dispondrá de un conjunto de particiones del sistema que facilitarán su estudio y su desarrollo.

La explosión de cada proceso de un DFD origina otro DFD y es necesario comprobar que se mantiene la consistencia de información entre ellos, es decir, que la información de entrada y de salida de un proceso cualquiera se corresponde con la información de entrada y de salida del Diagrama de Flujo de Datos en el que se descompone.

En cualquier explosión puede aparecer un proceso que no necesite descomposición, **proceso primitivo**, y sólo se detalla en él su entrada y su salida, además de una descripción de lo que realiza.

En la construcción hay que evitar en lo posible una descomposición desigual, es decir, que un nivel contenga un proceso primitivo, y otro necesite ser descompuesto en uno o varios niveles más.

Además de los Diagramas de Flujo de Datos, el modelo de procesos incluye la especificación de los flujos de datos, de los almacenes de datos y la especificación detallada de los procesos que no precisan descomposición, es decir, los procesos de último nivel o primitivos.

La especificación de un proceso primitivo se debe describir, de una manera más o menos formal, cómo se obtienen los flujos de datos de salida a partir de los flujos de datos de entrada y características propias del proceso. Según el tipo de proceso se puede describir el procedimiento asociado utilizando un lenguaje estructurado o un pseudocódigo, apoyándose en tablas de decisión o en árboles de decisión.

Normas a seguir al explotar un proceso:

- *Numeración*: Al explotar el proceso "N", los procesos hijos del nuevo DFD se numerarán como N.1, N.2,...
- *DFD Balanceado*: Todos los flujos que entran o salen del proceso padre deberán entrar y salir del conjunto de procesos hijos.
- Del DFD obtenido por explosión pueden surgir nuevos flujos correspondientes al tratamiento de errores y excepciones. Además pueden surgir almacenes de datos privados.
- Otras normas de construcción de DFDs.
- No debe tenerse en cuenta aspectos de iniciación o terminación de funciones.
- Generalmente, no habrá almacenes de datos en los que sólo se escriba.
- Todos los procesos, almacenes de datos, flujos de datos y entidades deberán tener asignado un nombre.
- Todos los procesos deben tener al menos un flujo de entrada y otro de salida.
- Los DFD deben ser independientes de la implementación.

Niveles de un DFD.

- **Diagrama de Contexto** (Nivel 0).
 - Es un resumen genérico del sistema.
 - Un único proceso y las entidades externas.
- **DFD 0** (Nivel 1).
 - Modelo con toda la funcionalidad del sistema.
- **DFD 1, DFD 2,...** (Nivel 2).
 - Diagramas de Flujo de Datos que corresponden a la explosión de cada proceso padre del Diagrama de Flujo de Datos del nivel 1.
- **Niveles Adicionales** (3, 4,...)
 - Diagramas de Flujo de Datos que representan la explosión de procesos contenidos en los Diagramas de Flujo de Datos del nivel inmediatamente anterior.
- **Varios DFDs en el último nivel de detalle.**
 - Generalmente serán los que contengan los procesos primitivos.

El **diagrama de contexto** tiene como objetivo delimitar el ámbito del sistema con el mundo exterior definiendo sus interfaces. En él se representa un único proceso que corresponde al sistema en estudio, un conjunto de entidades externas que representan la procedencia y destino de la información y un conjunto de flujos de datos que representan los caminos por los que fluye dicha información.

A continuación, este proceso se descompone en otro Diagrama de Flujo de Datos, en el que se representan los procesos principales o subsistemas. Un subsistema es un conjunto de procesos cuyas funcionalidades tienen algo en común. Éstos deberán ser identificados basándose en determinados criterios, como por ejemplo: funciones organizativas o administrativas propias del sistema, funciones homogéneas de los procesos, localización geográfica de los mismos, procesos que actualicen los mismos almacenes de datos. etc.

Cada uno de los procesos principales se descompone a su vez en otros que representan funciones más simples y se sigue descomponiendo hasta que los procesos estén suficientemente detallados y tengan una funcionalidad concreta, es decir, sean procesos primitivos.

- La cantidad de niveles dependerá de la complejidad y magnitud del sistema.

- Un proceso no debe explosionarse si lo que realiza se puede describir con detalle en o más de media página.
- Normalmente en los DFDs de último nivel se muestra el tratamiento de errores y excepciones.

Como resultado se obtiene un modelo de procesos del sistema de información que consta de un conjunto de Diagramas de Flujo de Datos de diferentes niveles de abstracción, de modo que cada uno proporciona una visión más detallada de una parte definida en el nivel anterior.

Guías para construir los Diagramas de Flujo de Datos.

- Hacer un estudio inicial mediante entrevistas a usuarios, lectura de documentos relacionados con el área en estudio
- Identificar: alcance del sistema, Información relevante, entidades externas.
- Elaborar primer borrador del DFD 0, identificando procesos, flujos, almacenes de datos y entidades externas.
- Revisión con el equipo informático. Verificar nombres adecuados en procesos y flujos de datos, verificar que cada proceso y almacén de datos tiene entradas.
- Obtener un segundo borrador del DFD 0 incorporando posibles modificaciones.
- Revisión con el usuario para asegurar que el Diagrama de Flujo de Datos refleja el sistema.
- Obtener confirmación por parte del usuario.
- Elaborar Diagramas de Flujo de Datos de segundo nivel.
- Confirmar el DFD 0 verificándolo con respecto a los Diagramas de Flujo de Datos de segundo nivel. Verificar que los Diagramas de Flujo de Datos están balanceados.
- Revisión final para validar DFD 0 y Diagramas de Flujo de Datos de más bajo nivel.

Normas de elaboración de los Diagramas de Flujo de Datos.

- Elegir nombres significativos para procesos, flujos, almacenes y entidades externas.
- Numerar adecuadamente los procesos.
- Evitar los Diagramas de Flujo de Datos demasiado complejos.
- Redibujar los diagramas tantas veces como sea necesario.
- Asegurarse que el Diagrama de Flujo de Datos es consistente consigo mismo y con los Diagramas de Flujo de Datos asociados.

Cómo desarrollar un Diagrama de Flujo de Datos.

Identificando:

- Qué procesos deben integrar el sistema.
- Qué datos emplea cada proceso del sistema.
- Qué datos se almacenarán en cada proceso.
- Qué datos se introducen y se extraen de cada proceso.

A partir de los procesos de información, existentes, revisados y futuros, y de la definición de los requisitos que es necesario que lleve a cabo el sistema informático para dar soporte al sistema de información.

Desde arriba hacia abajo.

- Identificar las entidades externas involucradas.

- Identificar las entradas de datos que proporcionarán estas entidades.
- Definir las salidas que se producirán.
- Dibujar el primer nivel.
- Realizar una primera explosión representando los procesos principales.
- Conectar los flujos de primer nivel (conectados con entidades externas) con los procesos adecuados en cada caso.
- Identificar y representar los almacenes de datos y los flujos conectados a éstos.
- Mantener la consistencia.
- Repetir la subdivisión. ¿Hasta qué nivel de detalle es conveniente subdividir los procesos?
- Cuando la especificación de la función pueda desarrollarse de forma adecuada y con un nivel de detalle conveniente al modelo.
- Cuando existan pocos flujos de entrada y salida,
- Cuando, si se descompone, se pierde el significado y se obtienen procesos excesivamente sencillos que no son representativos.

Desde abajo hacia arriba.

- Identificar transformaciones de datos de bajo nivel. Burbujas de bajo nivel.
- Identificar la información de entrada y de salida. Flujos.
- Identificar la información que debe almacenarse. Almacenes.
- Identificar los productores y/o receptores de información. Entidades Externas.
- Agrupar los procesos en otros que los contienen. Burbujas de nivel más alto.
- Mantener la consistencia.

Identificar los procesos del sistema y cómo pueden/requieren ser informatizados.

Los Hechos de Negocio son sucesos que se producen externamente al sistema.

- Se definen los procesos informatizados asociados a cada uno de ellos.
- Para cada proceso se indica:
- Qué datos de entrada son necesarios.
- Quién o qué proporciona dichos datos.
- Qué información se produce.
- Cuál es su destino.

Consistencia de los Diagramas de Flujo de Datos.

Una vez construidos los Diagramas de Flujo de Datos que componen el modelo de procesos del sistema de información, es necesario comprobar y asegurar su validez. Para ello, se debe estudiar cada diagrama comprobando que es legible, de poca complejidad y si los nombres asignados a sus elementos ayudan a su comprensión sin ambigüedades.

Además, los diagramas deben ser consistentes. En los diagramas hay que comprobar que en un DFD resultado de una explosión:

- No falten flujos de datos de entrada o salida que acompañaban al proceso del nivel superior
- No aparezca algún flujo que no estuviese ya asociado al proceso de nivel superior.
- Todos los elementos del DFD resultante deben estar conectados directa o indirectamente con los flujos del proceso origen.

Descripción de Procesos.

La descripción de procesos permitirá completar el modelo gráfico en el apartado de las transformaciones que sufren los datos y la información. Por sí solo el modelo puede dar una idea aproximada del programa que se ha diseñado pero necesitará añadir información detallada que facilite a analistas y programadores más detalles sobre los programas y funciones a desarrollar.

Características de la Descripción de Procesos.

Para cada uno de los procesos de más bajo nivel (procesos primitivos) representados en los diagramas de flujo de datos será necesario dar una descripción que permita obtener una completa comprensión del sistema y de sus funciones. Son descripciones de la lógica interna de los procesos de los DFDs de más bajo nivel. Y define qué debe hacerse para transformar las entradas de un proceso primitivo en salidas.

Para estas descripciones puede utilizarse el lenguaje natural o bien establecer ciertos estándares semejantes a algoritmos de alto nivel. Se detallará la secuencia de los pasos o acciones que han de llevarse a cabo para realizar una determinada función, así como las validaciones que el sistema realizará para los procesos, los pasos que un posible usuario habrá de realizar, etc.

La especificación de un proceso habrá de realizarse de manera que se pueda verificar tanto por el analista como por el usuario. En general la técnica más extendida es utilizar lenguaje natural pero si no se expresa correctamente puede dar lugar a ambigüedades y no es muy útil para describir determinadas situaciones como a acciones alternativas o repetitivas.

En cambio, si se opta por utilizar especificaciones semejantes a lenguajes de programación o algoritmos de alto nivel la comunidad de futuros usuarios implicada puede tener una cierta actitud poco inclinada a revisar dichas especificaciones.

Usar una herramienta u otra dependerá de los medios al alcance del analista (herramientas automatizadas), de las preferencias del usuario y de la naturaleza de los procesos. Además, una buena herramienta de especificación de procesos no debe influir sobre las decisiones de diseño o implantación del programa.

Técnicas para la Descripción de Procesos

Los diagramas de flujos de datos tienen que complementarse con documentación escrita que permita comprender totalmente las funciones representadas en el modelo gráfico. Se pueden utilizar diferentes métodos para describir los procesos, algunos de los cuales se describen a continuación.

Pero en cualquiera de los métodos seleccionados habrá que tener en cuenta que los destinatarios de la especificación pueden tener diferentes perfiles respecto del sistema, pueden ser usuarios directos, indirectos o programadores. Optar por un método u otro dependerá de la naturaleza y complejidad de los procesos a describir y del equipo de trabajo que participará en la actividad de diseño y de construcción del sistema.

EJEMPLO

Contexto del Sistema de Monitoreo, Evaluación y Diagnóstico de la Ciénaga Grande de Santa Marta

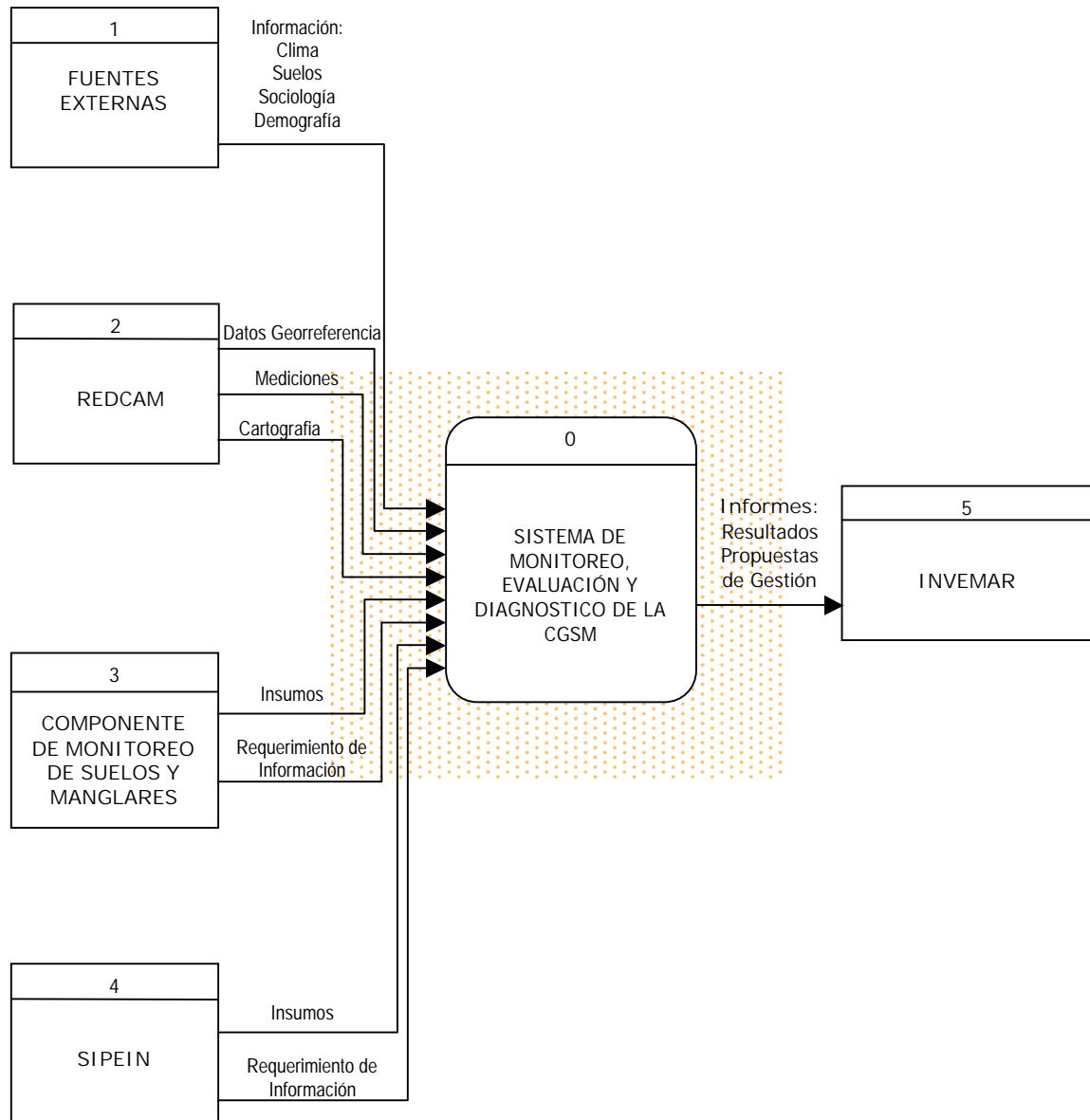
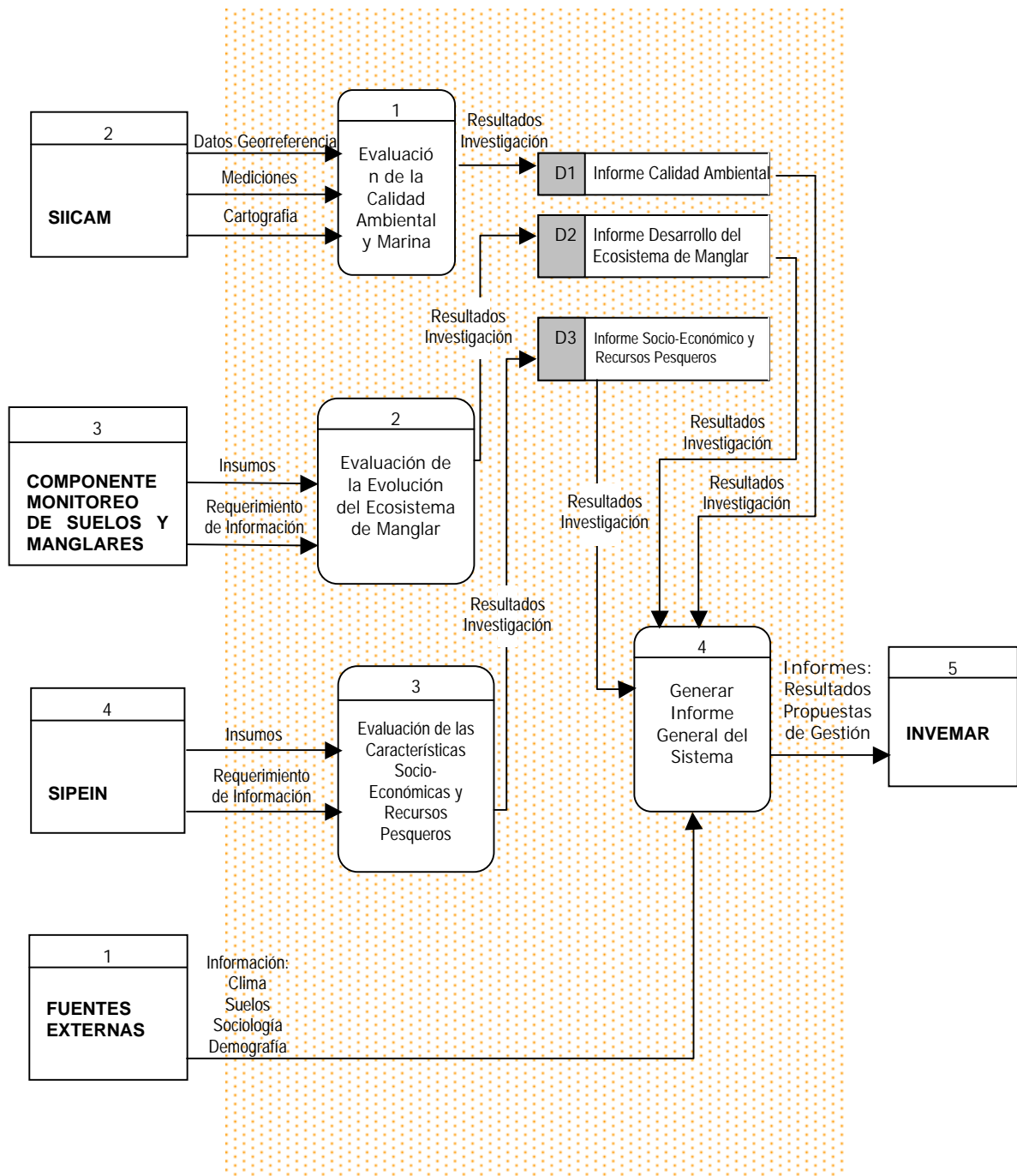


Diagrama 0. Diagrama de Procesos del Sistema de Monitoreo, Evaluación y Diagnóstico la Ciénaga Grande de Santa Marta



Definición de las entidades del diagrama de contexto

1. **Entidades Externas.** Se definen dentro de esta entidad el grupo de Instituciones que proveen al INVEMAR de información relacionada con líneas de investigación diferentes a las presentes dentro del Instituto. Encontramos en este grupo las siguientes Instituciones: El IGAC, el IDEAM, el DANE, INGEOMINAS.
2. **REDCAM.** El **Sistema Integrado de Información sobre Calidad Ambiental y Marina – REDCAM:** Apoya en la tarea de evaluación y vigilancia a los investigadores del Instituto pertenecientes al Programa de Calidad Ambiental y por consiguiente al personal vinculado al estudio de la CGSM. Este Sistema de Información opera en la actualidad e integra la información sobre calidad ambiental de las zonas de las costas Norte y Pacífica de Colombia, regido por políticas de normalización y estándares.
3. **Componente de Monitoreo de Suelos y Manglares.** Este componente hace parte del Programa de Calidad Ambiental y Marina – CAM, y es el encargado de realizar los estudios relacionados con el área de evaluación y monitoreo de los ecosistemas de Manglar en las costas Norte y Pacífica Colombiana, en donde se incluye la CGSM.
4. **SIPEIN.** Sistema encargado de la evaluación de los recursos pesqueros de la CGSM. Define su actividad de acuerdo a la necesidad de contar con información básica que permita principalmente profundizar en el conocimiento sobre Dinámica de la pesquería y su efecto sobre los principales recursos explotados en la CGSM.
5. **INVEMAR.** El Instituto interviene como entidad precursora de los proyectos de vigilancia y evaluación de estado de la CGSM. Integra la información y el conocimiento generado por cada uno de los proyectos de investigación y se encarga de difundir la información a la comunidad en general para que se tomen medidas en el manejo de los ecosistemas.

Flujos de entrada y salida del sistema

- § **Información: Clima, Suelos, Sociología, Demografía:** es la información relacionada con otras áreas de investigación, proveniente de las fuentes externas, y que entran a alimentar el sistema con datos que son tenidos en cuenta para la realización de análisis y evaluación del comportamiento del ecosistema.
- § **Requerimientos de Información:** es la información requerida por cada uno de los proyectos de investigación que son llevados a cabo por el Instituto, esto es:
- Información sobre Calidad Ambiental y Marina
 - Información sobre Aspectos Socio-Económicos y Recursos Pesqueros
 - Información sobre cobertura del Ecosistema de Manglar
- § **Insumos:** materiales y elementos necesarios para la realización de monitoreos, estudios e investigación. Encontramos dentro de estas entradas los elementos utilizados para la realización de mediciones en campo, así como los materiales de apoyo para la realización de análisis.
- § **Datos de Georreferencia:** entrada al sistema. Corresponde al conjunto de datos geográficos que identifican la ubicación de las estaciones. Esta información hace parte de la información preliminar que se ingresa al sistema con el objeto de hacer consulta georreferenciada de la información.
- § **Mediciones:** es una entrada al sistema. Representan el conjunto de datos resultante de la medición de las diferentes variables.
- § **Cartografía:** mapas vectoriales, en formatos shapefile (shp) o de cobertura de ArcINFO, de las zonas de estudio en diferentes escalas 1:25.000, 1:50.000 o 1:100.000, los cuales son utilizados básicamente para representar georreferenciadamente las condiciones ambientales

de las áreas de estudio, brindando un mayor grado de comprensión del problema ambiental.

- § **Informes: Resultados y Propuestas de Gestión:** es el resultado de la gestión del Instituto en cumplimiento de sus funciones como organismo productor de conocimiento científico útil para la vigilancia y preservación de los recursos marinos y costeros del país. Los análisis realizados en la labor de investigación llevada a cabo por cada uno de los proyectos es consignada en informes y documentos donde se diagnóstica el estado y comportamiento de los factores físicos, químicos, biológicos, ambientales, estructurales y ecológicos de los ecosistemas atendiendo a su responsabilidad de organizar y mantener actualizado un *Sistema de Información Ambiental* y la obligatoriedad de recopilar y suministrar sin costo alguno la información al sistema para que los organismos involucrados en el mantenimiento y preservación de estas zonas tomen las medidas y estrategias apropiadas de manejo y recuperación.

Para la generación de estos Informes Finales se recopilan los resultados particulares generados de la labor de investigación de cada uno de los proyectos:

- Reportes de cada uno de los proyectos y parámetros evaluados en forma tabular.
 - Reportes gráficos de cada uno de los proyectos y parámetros evaluados.
 - Cartografía digital e impresa.
 - Informes impresos y digitales donde se consignan los resultados de los parámetros evaluados, los procesos, las metodologías utilizadas en los estudios y una compilación del conocimiento producido.
- § **Resultados Investigación:** Hace referencia a los resultados obtenidos de los estudios realizados por un subsistema.
- § **Informes: Resultados /Propuestas de Gestión:** Informes de integran los resultados obtenidos por cada uno de los proyectos de Investigación, en las cuales se definen las sugerencias y estrategias a seguir para el mejoramiento y recuperación de la CGSM.

Definición de los procesos del sistema

1. **Evaluación de la Calidad Ambiental y Marina.** Definimos las actividades realizadas dentro de este proceso como un subsistema del Sistema de Evaluación y Diagnóstico del estado de la CGSM. Dentro de este subsistema se inscriben los proyectos llevados a cabo por el **Programa de Calidad Ambiental – CAM**, orientados a la determinación del estado ambiental de la CGSM, la incidencia de los factores contaminantes y el comportamiento de los diferentes parámetros del sistema a través del tiempo.

2. **Evaluación de la Evolución del Ecosistema de Manglar.** Se define también este proceso como un subsistema del Sistema de Evaluación y Diagnóstico del estado de la CGSM. Este subsistema trabaja bajo la dirección del **Programa de Calidad Ambiental – CAM**, y tiene a su cargo el desarrollo de estudios e investigaciones para proyectos que han sido aprobados por el Instituto en el área de Evaluación de la Evolución y Desarrollo del Ecosistema de manglar en la CGSM. Son funciones de este subsistema, pues, la realización de monitoreos, análisis y vigilancia del comportamiento de la vegetación y la determinación de la incidencia de la interacción de ciertos factores con el ecosistema.

3. **Evaluación de las Características Socio-Económicas y Recursos Pesqueros.** Considerado este proceso como subsistema. Hace parte del **Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos - VAR** Dentro de ese proceso se enmarcan las actividades propias para el monitoreo y evaluación del manejo de los Recursos Pesqueros de la CGSM, orientadas a generar las medidas y recomendaciones técnicas y científicas que contribuyan con el plan de ordenamiento y manejo de la pesca, teniendo en cuenta el conocimiento biológico y ecológico de las especies.

4. Generar Informe General del Sistema. En este proceso se realiza la consolidación de resultados obtenidos por cada uno de los subsistemas involucrados en el estudio y vigilancia de la CGSM, en un informe general donde se realizan las conclusiones pertinentes de los análisis realizados y se formulan las recomendaciones y prevenciones a tener en cuenta por lo organismos encargados del manejo y recuperación del ecosistema.

Definición de los almacenes de datos

D1-Informe Calidad Ambiental: archivos digitales y documentos impresos donde es recopilada la información generada en el proceso de análisis y evaluación de la **Calidad Ambiental**. Es integrada la información en forma tabulada, gráfica y cartografía digital e impresa. En este informe se consignan las recomendaciones necesarias para un adecuado manejo del ecosistema.

D2- Informe Desarrollo del Bosque de Manglar: archivos digitales y documentos impresos donde es recopilada la información generada en el proceso de **análisis y evaluación del desarrollo y evolución del bosque de manglar**. Es integrada la información en forma tabulada, gráfica y cartografía digital e impresa. En este informe se consignan las recomendaciones necesarias para un adecuado manejo del ecosistema.

D3- Informe Socio-Económico y Recursos Pesqueros: archivos digitales y documentos impresos donde es recopilada la información generada en el proceso de **análisis de los aspectos Socio-Económicos y sobre el manejo de los recursos pesqueros**. En este informe se consignan las recomendaciones necesarias para un adecuado manejo de los recursos pesqueros.

DESCRIPCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS

Sistema de Evaluación y Vigilancia de la Calidad Ambiental y Marina. El INVEMAR ejerce las funciones de gestión y evaluación ambiental de las zonas y ecosistemas marinos y costeros del país dentro de los cuales se encuentra la Ciénaga Grande de Santa Marta. Por una parte, con el objetivo de evaluar el comportamiento ambiental de la zona y por otra, con el fin de proponer estrategias de acción que contemplen las consecuencias implícitas de los factores que afectan el ecosistema.

Descripción del Subsistema. *La siguiente definición toma como referencia el Documento de Diseño del Sistema Integrado de Información sobre la Calidad Ambiental Marina y Costera del Programa de Calidad Ambiental CAM.*

El **Sistema Integrado de Información sobre Calidad Ambiental y Marina – REDCAM**, apoya en la tarea de evaluación y vigilancia a los investigadores del Instituto pertenecientes al Programa de Calidad Ambiental y por consiguiente al personal vinculado al estudio de la CGSM.

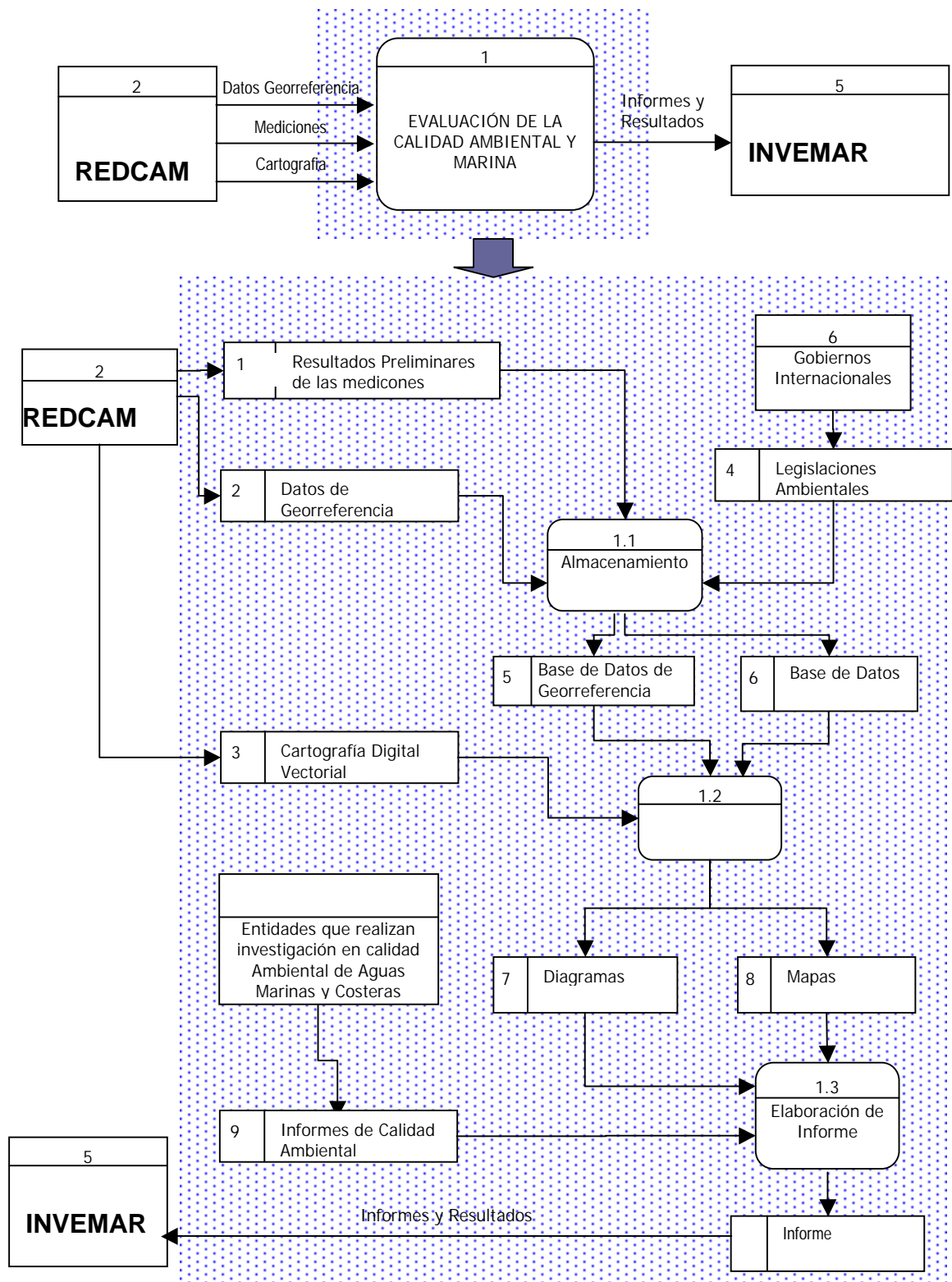
El **REDCAM** permite que los procesos de manejo de la información relacionada con la calidad ambiental y marina de las zonas ubicadas en las Costas Pacífica y Caribe colombianas, en donde se incluye la **CGSM**, se den de forma integrada sobre una misma base de datos y con estándares de manejo de la información, que logran proporcionar una visión global de la información.

En este sistema de información se gestiona la información tomada en los monitoreos sobre los factores claves que inciden en el comportamiento ambiental de estos tipos de ecosistemas:

Salinidad, Conductividad, pH, Oxígeno disuelto, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Temperatura y Turbidez (Secchi), y además los siguientes parámetros:

- § **Físico-químicos:** DB05, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Amonio, Nitritos, Nitratos, Fosfatos, Silicatos, Nitrógeno Total, NKT, Fosfatos totales, Clorofila.
- § **Tóxicos Orgánicos:** Hexaclorociclohexano total, Aldrín, Heptacloro, Organoclorados totales, Sumatoria de los DDT y sus metabolitos, Metabolito del DDE, Metabolito del DDD, Hidrocarburos totales, Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos.
- § **Microbiológicos:** Coliformes fecales, Coliformes totales, Enterococos, Clostridium sp., Pseudomona sp., Vibrio sp., Staphylococcus sp., Salmonella sp., Levaduras y Mohos.
- § **Elementos Traza:** Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeseo, Níquel, Plomo, Zinc, Aluminio, Mercurio.

Diagrama de flujo de datos del Sistema Integrado de Información sobre la Calidad Ambiental y Marina – REDCAM



Descripción de las entidades dentro del Sistema de adquisición y manejo de la información

2. Entidades del REDCAM. Conjunto de las Instituciones que hacen parte del REDCAM. Liderado por INVEMAR, está conformado por las Corporaciones Autónomas Regionales costeras del Caribe y Pacífico colombiano.

5. Gobiernos Internacionales. Son el conjunto de Instituciones Estatales de países con características geográficas y socioculturales parecidas. Estas Instituciones no influyen directamente sobre el sistema, pero son tenidas en cuenta debido a que en Colombia aún no existe una legislación ambiental que regule los niveles de concentración de los parámetros considerados contaminantes ambientales, se utilizan distintas legislaciones internacionales, como referencia para determinar la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras de Colombia, comparando con las regulaciones que ellos plantean.

6. Entidades que realizan investigación en Calidad Ambiental de Aguas Marinas y Costeras. Cubre el conjunto de instituciones nacionales e internacionales que hacen aportes en el campo de la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras. Los aportes que hacen, reflejados en libros, artículos o videos relacionados con la temática, son utilizados para realizar planos comparativos o planes operativos en las metodologías analíticas o en la toma de decisiones para rehabilitar, proteger y hacer seguimiento en áreas afectadas.

Procesos del sistema Sistema de adquisición y manejo de la información

1.1 Almacenamiento. Durante este proceso ingresan al sistema los datos arrojados de las mediciones de los diferentes parámetros, así como todos aquellos datos que se vayan produciendo por las actividades propias de los monitoreos, como son la ubicación de nuevas estaciones de muestreo, el conocimiento de una nueva legislación ambiental, entre otros.

1.2 Consulta. En este proceso se hacen las solicitudes sobre la información que se tenga almacenada en la Base de datos. Los resultados de las consultas son representados en forma tabular, Diagramas (Barras, Líneas o Pasteles) o mapas.

§ **Tabular:** se tienen como resultado tablas de datos según la información requerida.

§ **Diagramas:** los diagramas permiten hacer comparación del comportamiento de las variables en diferentes épocas y diferentes estaciones o regiones.

§ **Mapas:** los mapas dan una visión geográfica y más comprensible de los problemas de contaminación encontrados.

1.3 Elaboración de informe. Este es el proceso final. Se realiza con base a la información de las concentraciones encontradas, datos de concentraciones encontradas en muestreos previos y los gráficos generados durante los procesos previos. En esta fase se analizan y expresan las inquietudes de acuerdo a las comparaciones realizadas sobre los datos obtenidos y los datos encontrados en otras épocas u otras regiones, y los niveles óptimos o aceptables de concentración de las variables (emanados por las legislaciones ambientales o recomendaciones ambientales dadas por otras instituciones que trabajan con calidad ambiental de aguas). Recomendaciones son expresadas para el manejo y protección de las regiones estudiadas siempre que se encuentren afectadas por un nivel de contaminación alto o para la conservación de los medios en los que los niveles de concentración de contaminantes sea baja o nula.

Como resultado de este proceso se obtiene un informe escrito, digital e impreso, de la calidad ambiental de las regiones estudiadas, que va a servir para identificar factores que afectan la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras y lo que es más importante aún, servir como herramienta para evaluar el impacto que generan sobre los ecosistemas marinos y costeros las actividades humanas rindiendo conceptos sobre posibles medidas para rehabilitar, proteger o conservar las regiones estudiadas.

Entradas y salidas de los procesos del sistema

1. **Resultados preliminares:** es una entrada al sistema. Representan el conjunto de datos resultante de la medición de las diferentes variables.

2. **Datos de georreferencia:** entrada al sistema. Corresponde al conjunto de datos geográficos que identifican la ubicación de las estaciones. Esta información hace parte de la información preliminar que se ingresa al sistema con el objeto de hacer consulta georreferenciada de la información.

3. **Cartografía digital vectorial:** mapas vectoriales, en formatos shapefile (shp) o de cobertura de ArcINFO, de las zonas de estudio en diferentes escalas 1:25.000, 1:50.000 o 1:100.000, los cuales son utilizados básicamente para representar georreferenciadamente las condiciones ambientales de las áreas de estudio, brindando un mayor grado de comprensión del problema ambiental.

Esta información se almacena en otra base de datos y es utilizada para representar los datos geográficamente.

4. **Legislaciones ambientales:** información recopilada de las legislaciones ambientales de otros países cuyas características geográficas y ambientales son similares a las de Colombia. La información específica recopilada es aquella relacionada con los niveles aceptables de concentración de los parámetros medidos en regiones marino-costeras establecidos por cada país, y los niveles como estas legislaciones estratifican los grados de contaminación dependiendo de la concentración de los parámetros encontrados.

Esta información sirve de referencia en el proceso de evaluación de la calidad de las Aguas Marinas y Costeras colombianas y adicionalmente como punto de apoyo para la definición de planes de manejo de las regiones afectadas.

5. **Base de Datos Geográfica:** corresponde a la información de las regiones y estaciones de muestreo que es almacenada en la base de datos. Esta base de datos es la misma en que se almacenan los datos de la medición de los parámetros, pero en un esquema diferente que permite mantener la relación con ArcINFO y poder utilizar la información como datos geográficos en el SIG.

6. **Base de datos:** Luego de recopilar los datos de los resultados de las mediciones se obtiene la base de datos con información actualizada.

7. **Mapas:** Esta es una forma de obtener los resultados de las consultas. Estos mapas son editados y organizados como archivos del tipo servicios para la Web.

8. **Diagramas:** Esta es otra forma de obtener los resultados de las consultas. Las consultas y los diagramas son elaborados directamente con ayuda de las herramientas de Oracle, y además de consultadas pueden ser exportados para insertar dentro de los informes.

9. **Informes de Calidad Ambiental:** Conjunto de documentos, libros, informes, políticas ambientales relacionadas con la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras tanto nacionales como de países con características geográficas y ambientales similares, que por su contenido permiten generar comparaciones con las concentraciones encontrados en las diferentes zonas de estudio.

10. **Informe:** Documento digital e impreso resultante del análisis general de los datos obtenidos. Dentro de este documento además de presentarse los resultados, se hacen comparaciones con datos obtenidos en otras épocas y regiones, mostrando el cambio sufrido

por la influencia de los contaminantes o la creación de normas para regular el manejo, uso y protección de las áreas de estudio.

En el informe los resultados y comparaciones entre resultados se presentan con ayuda de gráficas de barras y pasteles, y con ayuda además de los mapas creados para identificar las áreas y estaciones de estudio, y mostrar el impacto o indicador de la calidad ambiental generado por los contaminantes.

Estudio de Caso de las salidas del Subsistema. Luego de esta breve descripción del sistema encontramos las siguientes salidas principales al Sistema Integrado de Información sobre la Calidad Marina y Costera, en relación a los estudios realizados en la CGSM.

§ Datos del comportamiento de uno o varios parámetros en una fecha dada, en una o varias estaciones de muestreo.

§ Datos del comportamiento de uno o varios parámetros en un rango de tiempo, en una o varias estaciones de muestreo.

§ Promedios de los valores medidos para uno o varios parámetros en un rango de tiempo, en una estación dada.

§ Datos acerca de las concentraciones de los parámetros evaluados en una fecha dada, y el nivel de contaminación al que corresponde según la tabla de indicadores.

§ Datos de los indicadores ambientales definidos para el sistema.

§ Comparación del comportamiento de un parámetro entre dos o más estaciones de muestreo.

§ Comparación del comportamiento de varios parámetros en una fecha dada.

§ Comparación de las concentraciones encontradas con las permitidas según las legislaciones ambientales estudiadas.

Subsistema de Monitoreo de Vegetación, Suelos y Manglares

Definición del Subsistema. A través del **Componente de Suelos y Manglares**, el **INVEMAR** lleva a cabo monitoreos y análisis del estado del Ecosistema de Manglar en la **CGSM** y en otros lugares geográficos de las costas Norte y Pacífica de Colombia con el objetivo de evaluar su evolución y comportamiento. Para estos efectos se establecen parcelas permanentes dentro de las estaciones de muestreo para medir las tasas de reclutamiento del manglar y para estimar los índices estructurales y ecológicos del ecosistema. Las parcelas y las unidades de bosques en cada una de estas parcelas, son etiquetadas con el fin de hacer un seguimiento de su evolución a través del tiempo. Las mediciones de variables de bosque medidas en las parcelas pueden ser:

1. Muestreos por parcelas ubicadas dentro de Transectos: en la actualidad se emplea la metodología de ubicación de transectos en cada una de las estaciones, sobre los cuales se ubican las parcelas permanentes, en la actualidad encontramos estaciones compuestas por tres transectos de 5 parcelas cada uno. Los transectos tienen una distancia de separación de 100 m. Y cada una de las parcelas ubicadas sobre un transecto tiene un área de 10 m². Se realizan muestreos para todos los árboles ubicados dentro de cada parcela.

2.

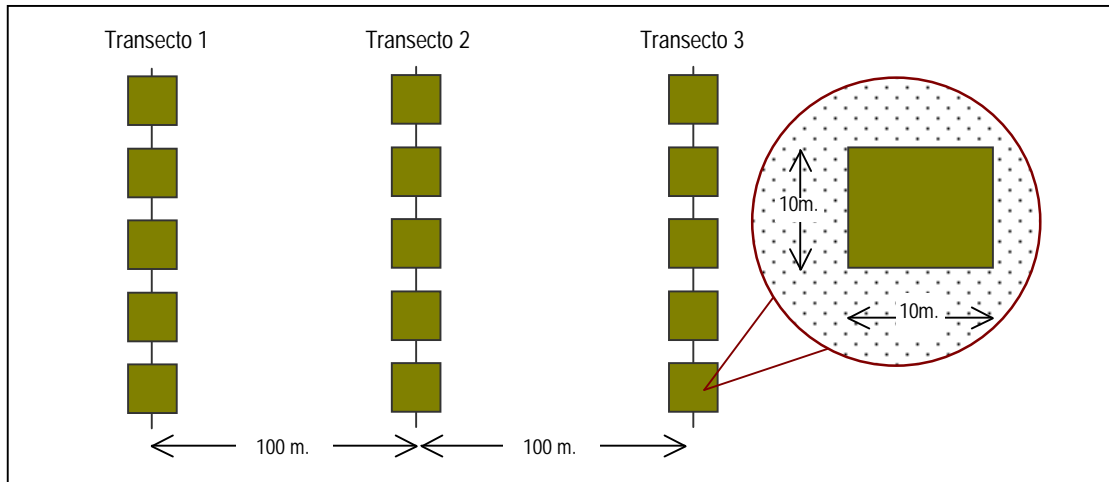


Figura 3. Ubicación de las parcelas dentro de las estaciones de muestreo

Distancia al punto central: es otra metodología que puede ser usada para la realización de este tipo de estudios. Se ubican puntos centrales dentro de cada parcela y se escogen árboles para cada una de las categorías diamétricas existentes: (brinzales, latizales y fustales). Se miden las distancias respectivas con cinta métrica, desde el punto central hasta el árbol, latizal y brinzal seleccionados y se hace la medición de las variables. En bosques donde la distancia al individuo más cercano supera los 20 m. Se omite el registro.

A través de las entrevistas realizadas a los investigadores vinculados al **Monitoreo de Suelos y Manglares** se encontró que para su funcionamiento el sistema recibe información general de las salidas de campo, información recolectada durante la preparación de los materiales de laboratorio para el análisis de las muestras, información de los resultados obtenidos de las mediciones por medio de métodos analíticos, información de los muestreos realizados en épocas anteriores y en regiones diferentes. Estos datos ingresan al sistema con el fin de ser observados y analizados para obtener resultados que permiten determinar los índices estructurales y ecológicos que influyen en el desarrollo del Manglar, los parámetros necesarios para hacer una adecuada Zonificación de los ecosistemas de Manglar y además los diferentes niveles de intervención de los agentes Físico Químicos en el ecosistema.

Para la recolección de la información, específicamente la resultante de las salidas de campo, se encontró que se utilizan algunos formatos para el almacenamiento y manejo temporal de la misma. Estos resultados son recolectados en formatos de papel y luego son organizados en Hojas de Cálculo de Excell, algunos, como es el caso de los agentes Físico-Químicos, después de ser analizados y procesados en los laboratorios.

Al final, los investigadores deben integrar sus resultados con los obtenidos por los otros miembros del equipo que realizan los estudios en las mismas zonas.

El ecosistema de manglar presenta variantes que se relacionan con las diferentes concentraciones de salinidad, así como la variación local y temporada de inundación, tipo de sustrato, topografía y temperatura superficial del agua, entre otros factores.

Definición de los parámetros evaluados dentro del subsistema

Las características generales que se recogen en los monitoreos realizados hasta el momento son:

§ Información general del muestreo: Fecha, Hora, Localidad, Temporada Climática, Nombre del Investigador, Nombre del proyecto, Metodología utilizada para el muestreo.

§ Información de geoposición que hace referencia al lugar geográfico donde se toma la muestra.

§ Datos de identificación para cada parcela, transecto y/o árbol muestreados.

§ Datos de identificación y categorización taxonómica de los árboles.

§ Se recogen datos básicos acerca de las características estructurales para la evaluación de la evolución del ecosistema de manglar. Para cada árbol se registra:

1. Distancia del observador al árbol: el investigador se ubica a una determinada distancia del árbol y se mide la longitud horizontal que los separa.

2. Distancia oblicua hacia la copa del árbol: desde el mismo sitio de donde se midió la distancia horizontal hacia el árbol se hace una medición de la distancia oblicua del investigador hacia la copa del árbol.

3. Altura del investigador: este dato es medido para el cálculo posterior de la altura del árbol muestreado en conjunto con los datos de Distancia del observador al árbol y distancia oblicua del observador hacia el árbol.

4. Diámetro a la altura del pecho: Se registra el diámetro del tronco del árbol a la altura del pecho del investigador.

5. Otras variables: para efectos de proyectos particulares pueden ser tenidas en cuenta la medición de otras variables sobre el árbol para la realización de estudios específicos. Como por ejemplo: medición de Altura de raíz zanco, Altura de ramificación, Cobertura y presencia de Raíces Fúlcreas para estudios de Perfiles de Vegetación; entre otros parámetros.

- Medición de las características físico-químicas del agua en el ecosistema de manglar.
- Medición de datos continuos para evaluar la distribución espacial de la salinidad del agua.
- Medición de las clorofilas en las columnas de agua con Data Flow.
- Medición de Nutrientes (NO₂, NO₃, NH₄, PO₄), presentes en el ecosistema.
- Información sobre características físicas del suelo.
- Información secundaria relacionada con las características cualitativas del área geográfica donde es realizado el muestreo como son: clima, características geográficas, presencia de asentamientos humanos, niveles de intervención.

Criterios para el análisis de la información

Para el análisis de la información recogida en los muestreos se evalúan los siguientes criterios:

1. Índices estructurales y ecológicos: A través del análisis y recolección de muestras se determinan los siguientes índices estructurales y ecológicos tomando como base la información básica recolectada para cada unidad de bosque dentro de una parcela: Distancia Horizontal del Observador al árbol (DH), Distancia Oblicua del observador al árbol (DO) y altura del observador (HO), Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), calculados por categoría (brinjal, latizal y fustal) por especie.

§ **Altura del árbol (hArbol):** Para fustales, latizales y brinzales. Corresponde a la medición de la altura del árbol medido y se calcula así:

$$HArbol = \sqrt{DO^2 - DH^2} + HO$$

§ **Área basal (AB):** Este criterio ayuda a determinar el desarrollo del árbol, se calcula así:
Área Basal = 0,00007854 * DAP²

§ **Área basal por especie por estación (ABE):** el área basal es un criterio que ayuda a determinar el desarrollo del bosque, es calculado así:

$$\text{Área basal por especie por estación} = \sum \text{Área Basal} / 0.15 \text{ ha}$$

§ **Densidad de población (D):** la densidad absoluta de la población (esto es, sin diferenciar especies) corresponde al número de individuos presentes por unidad de superficie. Particularizada por especie, permite analizar en qué porción una especie influye en el ecosistema y cómo un valor alto o bajo de dicho índice unido a los niveles de intervención, muestra una condición específica.

§ **Otros parámetros:** con la recolección de los datos fundamentales es posible determinar además: **Abundancia absoluta y relativa, Frecuencia absoluta y relativa, Dominancia absoluta y relativa**, entre otros parámetros para las especies presentes en las estaciones estudiadas.

§ **Regeneración natural:** se efectúa un promedio del número de individuos presentes en cada estación. Se cuenta el número de individuos presentes en cada parcela y el promedio de esta información es el dato que se incluye en el formulario. El conteo se realiza por especie, e igualmente se consigna la altura promedio.

2. Información sobre suelos: se realizan análisis de Acreción y Subsistencia en el suelo teniendo en cuenta las diferencias de altura en diferentes puntos de la estación muestreada.

3. Información sobre parámetros físico químicos y nutrientes: para las variables físico químicas y nutrientes medidos en campo, se realizan mediciones y análisis de laboratorio. El proceso de análisis de muestras es dependiente del tipo de parámetro que se vaya a medir e implica todos los procedimientos a que es sometida la muestra para la obtención de una medición o lectura de un resultado arrojado por el equipo en el que se realice la medición.

Estudio de Caso de las salidas del Subsistema

Producto de la investigación realizada, los estudios y análisis desarrollados el componente produce información base para:

§ Determinación de la productividad y estructura del manglar, teniendo en cuenta la altura promedio de los árboles y el área basal para cada árbol por especie por estación.

§ Evaluación de los índices estructurales y ecológicos del ecosistema. Determinación de la densidad de la vegetación por especie por estación.

§ Evaluación de los niveles de intervención de los parámetros físico-químicos dentro del subsistema.

§ Determinación de la distribución espacial de la salinidad en el ecosistema.

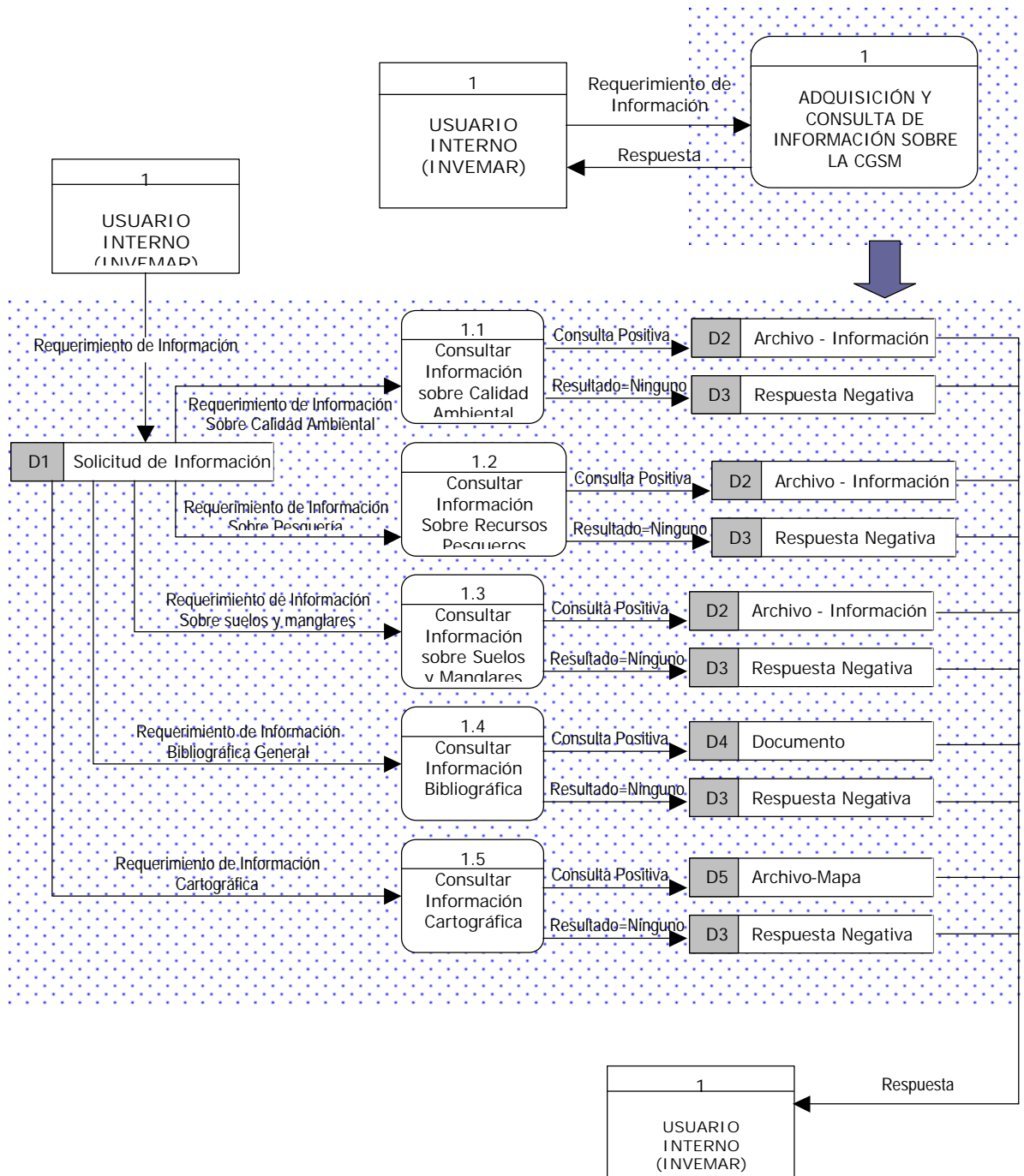
§ Evaluación del intercambio de nutrientes y materia orgánica entre los pantanos de manglar y aguas adyacentes.

§ Evaluación de la erosión y fertilización del suelo, comparación de áreas bajo diferentes condiciones.

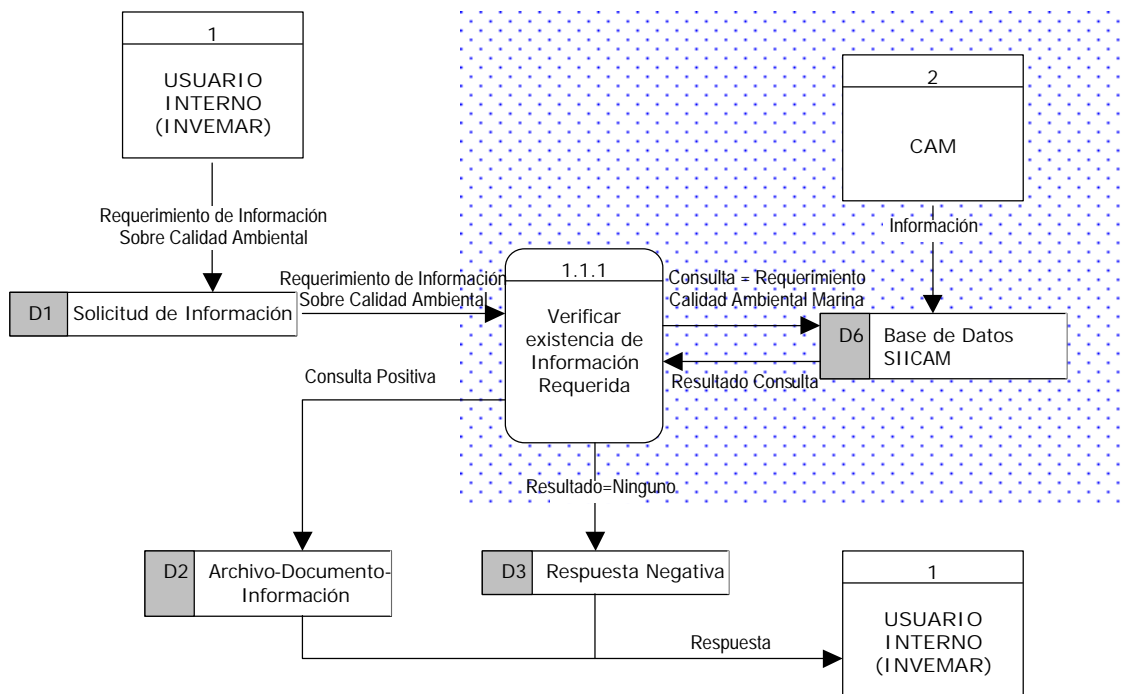
§ Cálculos de acreción y subsidencia (sedimentación).

Procesos del Subsistema de Promoción, Distribución y Divulgación de la información sobre la CGSM

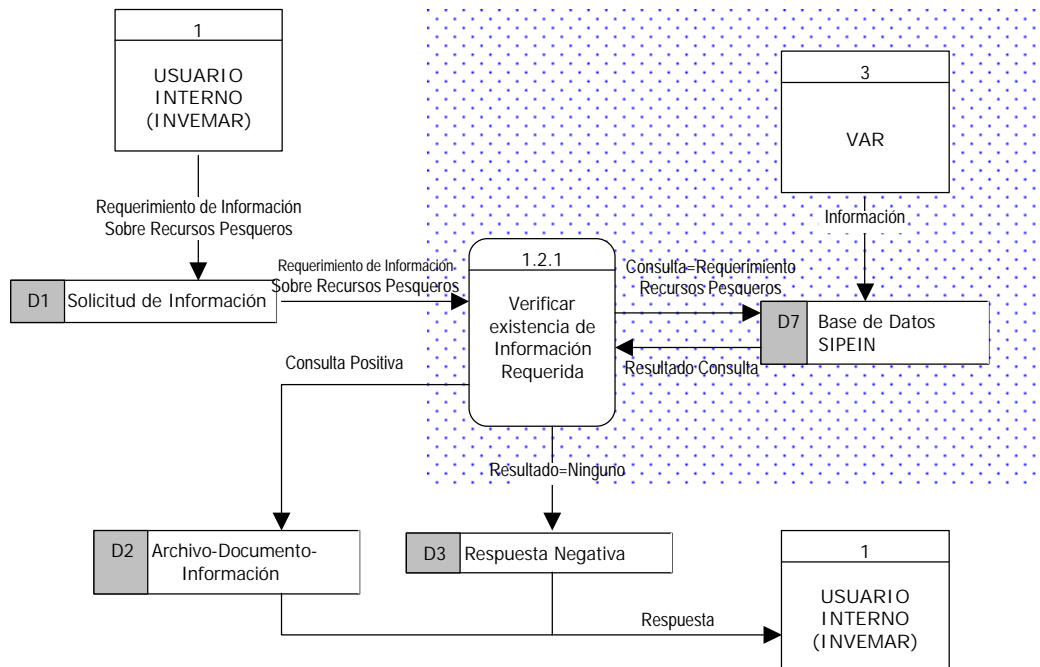
1- Proceso de adquisición y consulta interna de información sobre la CGSM



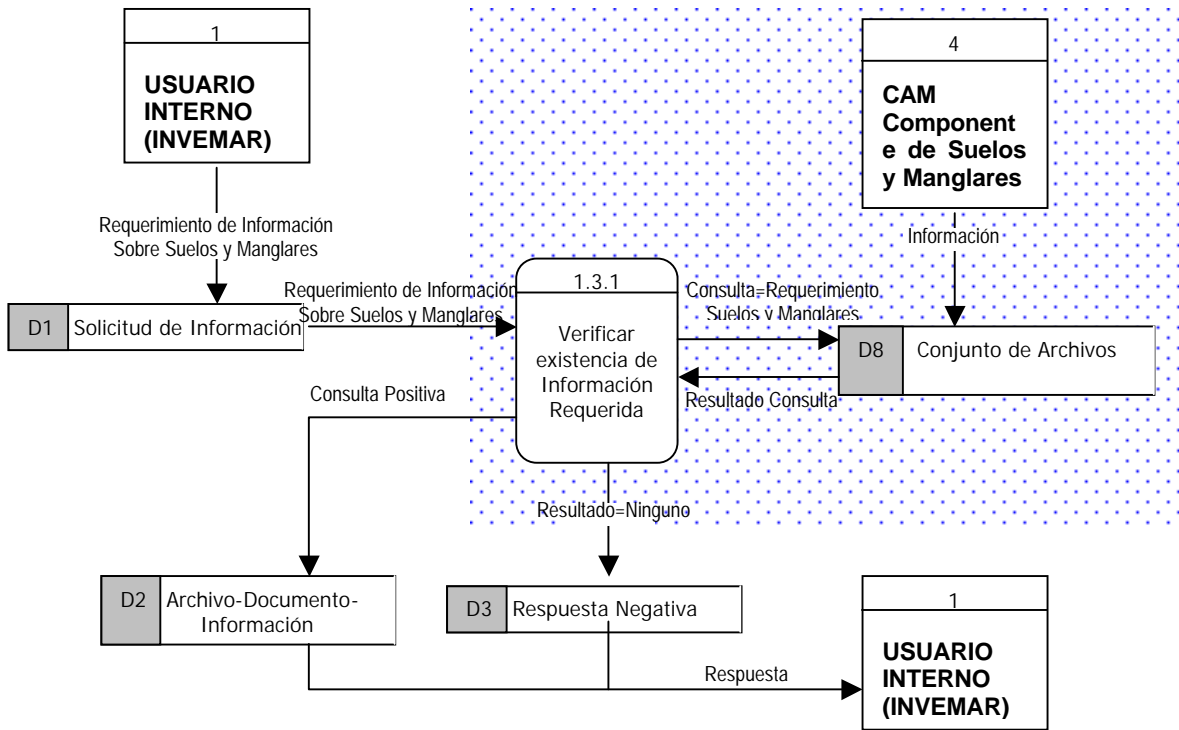
1.1 Proceso de consulta de información sobre Calidad Ambiental Marina



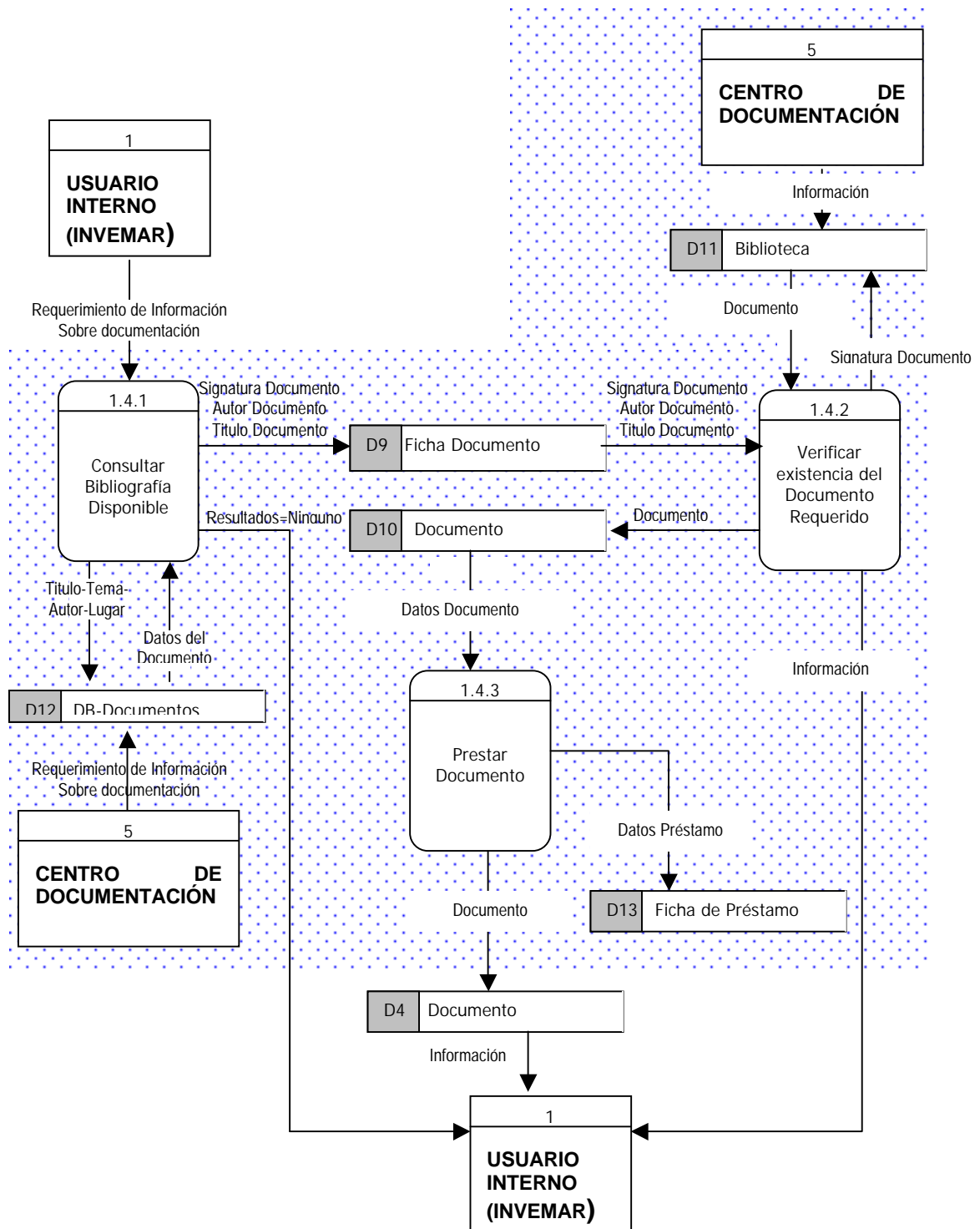
1.2 Proceso de consulta de información sobre Actividad y Recursos Pesqueros



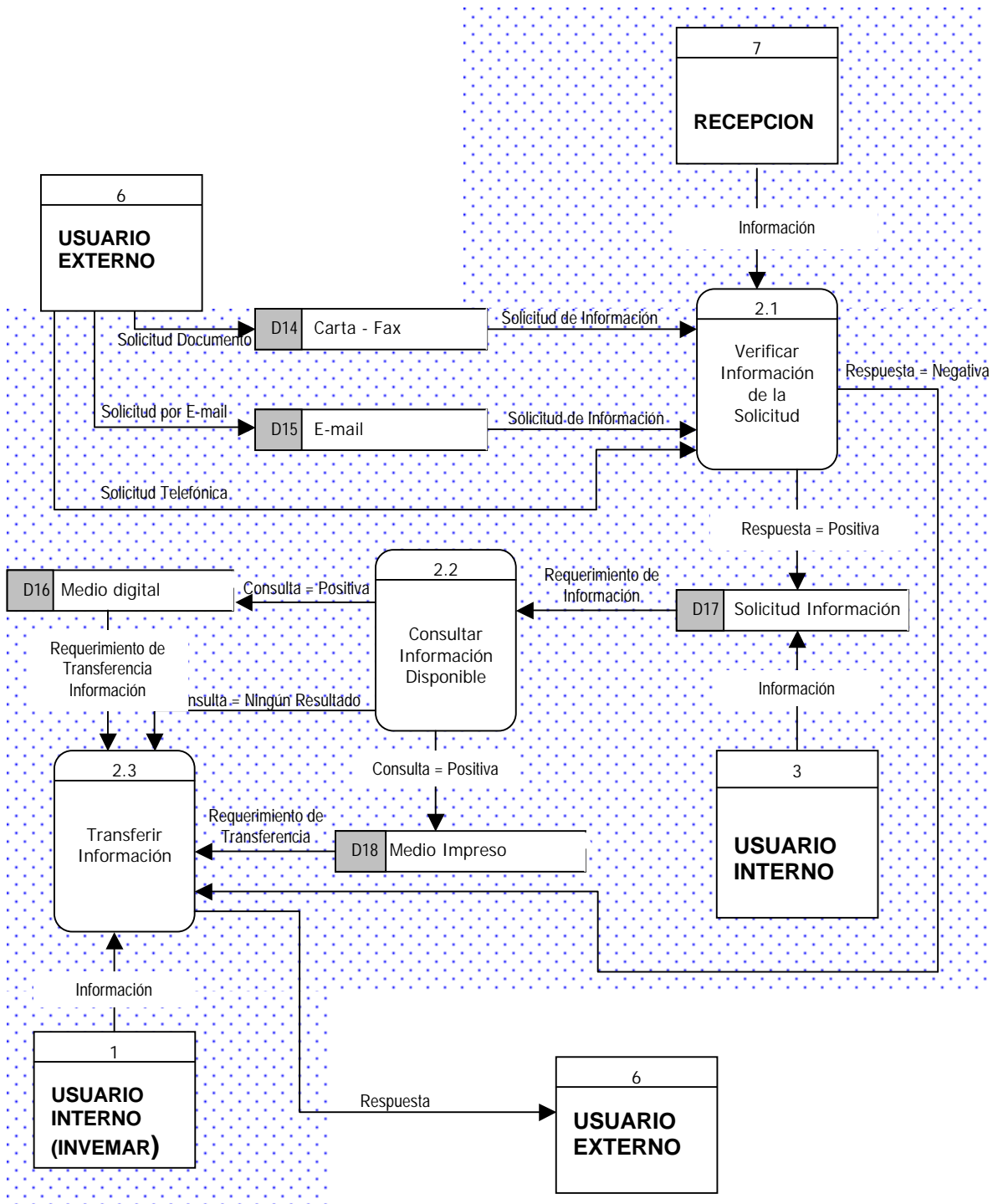
1.3 Proceso de consulta de información sobre Cobertura y Desarrollo del Bosque de Manglar



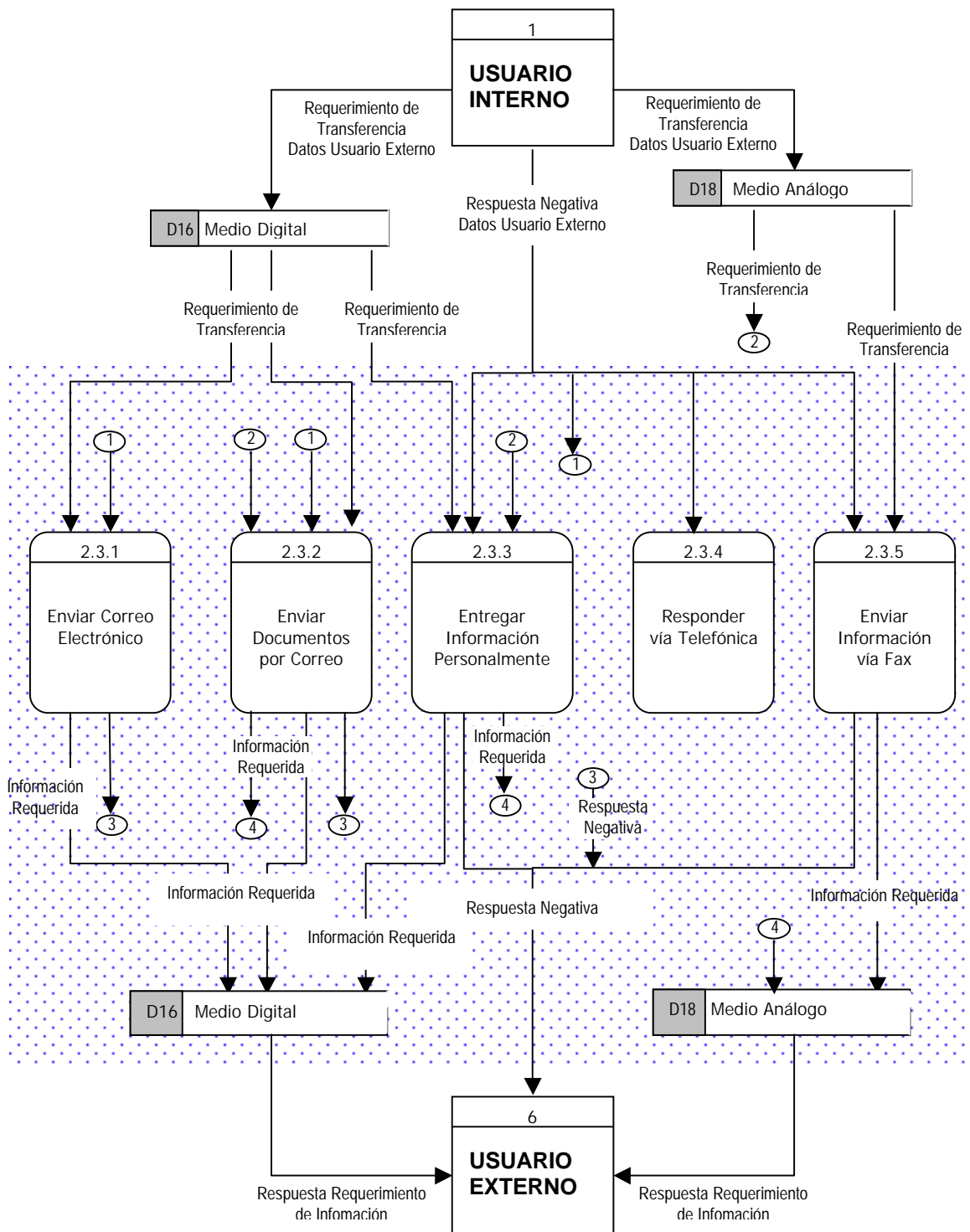
1.4 Proceso de consulta de información sobre documentos disponibles en el Centro de Documentación



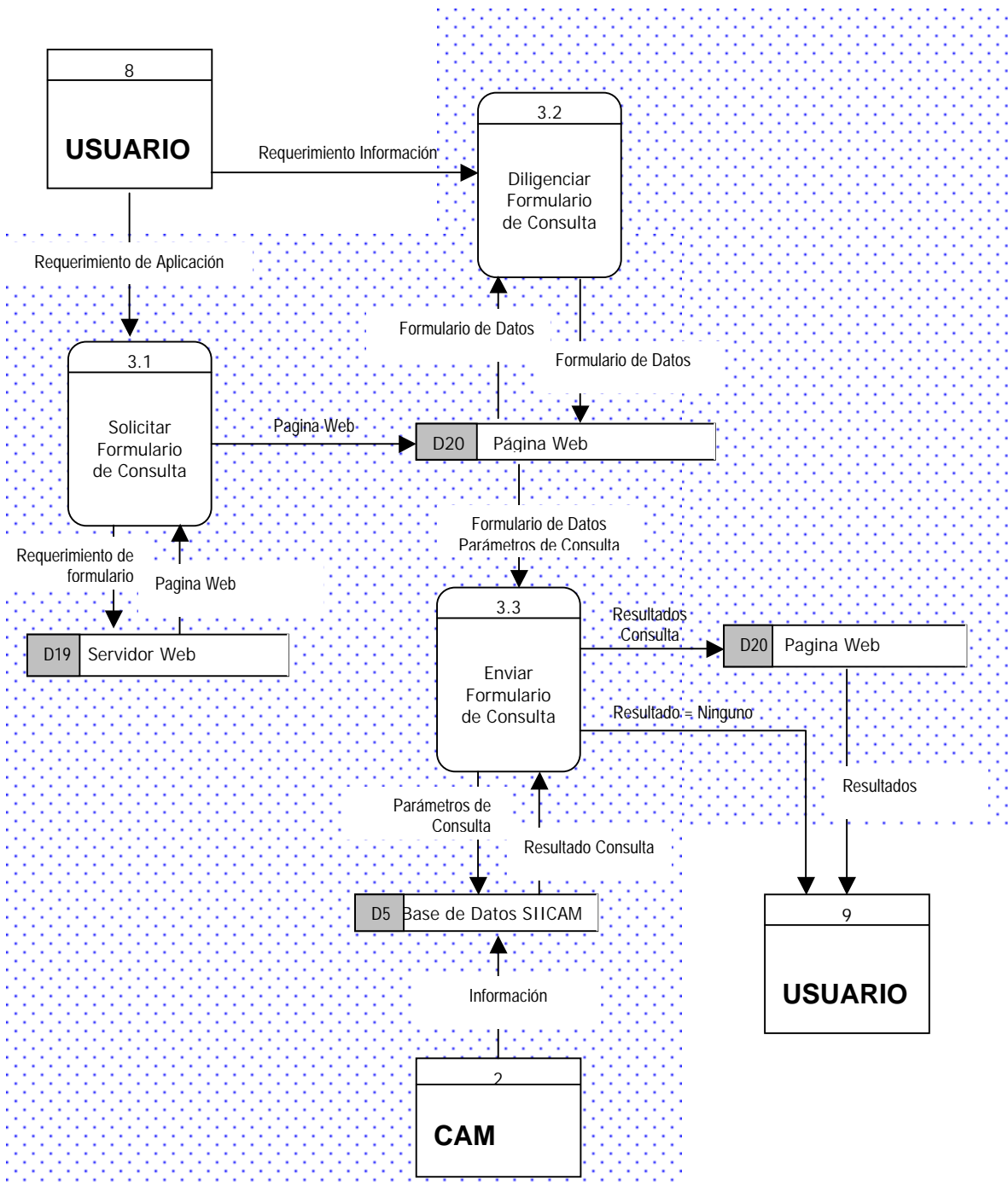
2. Proceso de adquisición y consulta de información de usuarios externos al Instituto



2.3 Proceso de transferencia de Información a Usuarios Externos



3. Proceso de consulta de información sobre Calidad Ambiental a través de Internet



Definición de Entidades del Subsistema de Promoción, Distribución y Divulgación de la información sobre la CGSM

1. Usuario Interno (Invemar). Se define dentro de esta entidad al personal perteneciente a cada uno de los grupos de investigación del **Invemar** que se encuentra vinculado al estudio de la CGSM. Este personal hace uso de la información disponible en los diferentes sistemas de bases de datos y en otros mecanismos de gestión de información dentro del Instituto, para integrarlas a sus estudios, análisis y evaluaciones. Pertenecen a este tipo de entidad:

- § Jefes de Programa del Instituto.
- § Investigadores vinculados a cada uno de los Programas.
- § Investigadores encargados de la realización de análisis y evaluación de los diferentes aspectos o temas de estudio sobre la CGSM.
- § Estudiantes Pasantes o Tesistas vinculados al Instituto.

2. CAM. Programa de Calidad Ambiental Marina de INVEMAR, encargado de atender las necesidades de conocimiento sobre el impacto de los fenómenos originados por las actividades humanas en la estructura y dinámica de los ecosistemas marinos, investigando las causas, efectos y posibles soluciones a aquellos problemas relacionados con la contaminación marina. Tiene como líneas de investigación la Prevención y protección de ecosistemas Marinos y Costeros, El Monitoreo de efectos y Rehabilitación de ecosistemas.

3. VAR. El programa Valoración y Aprovechamiento de los Recursos Marinos Vivos (VAR) está orientado a establecer las bases científicas para el uso sostenible de los recursos marinos y costeros de Colombia. Su misión es investigar y valorar el potencial económico y social de los recursos naturales marinos y costeros para su protección y aprovechamiento sostenible. Busca ampliar la base estadística disponible de manera que el país se encuentre cada vez mas cerca de la realidad del uso de sus recursos vivos y marinos.

4. CAM – Componente de Suelos y Manglares. Conjunto de proyectos, procesos e investigadores vinculados al Sistema de Evaluación y Monitoreo del Ecosistema de Manglar. Este componente pertenece al programa de Calidad Ambiental Marina (CAM), y está integrado por un grupo de investigadores y colaboradores encargados de realizar los muestreos y el proceso de mantenimiento, procesamiento y análisis de muestras. Esta entidad se encarga de la administración de la información generada en el proceso de investigación de la evolución del bosque de Manglar en la CGSM y de atender las necesidades de conocimiento sobre este tema.

5. Centro de Documentación “Iván Enrique Caycedo Lara”. El Centro de Documentación "Iván Enrique Caycedo Lara" es la dependencia encargada de seleccionar, adquirir, organizar y clasificar el material bibliográfico requerido por los usuarios, como apoyo a las actividades de investigación que se desarrollan en el INVEMAR, según los objetivos de los diferentes programas que se ejecutan al interior del Instituto.

6. Usuario Externo. Se define un usuario externo, a toda persona, entidad, institución u organización que establezca un vínculo de colaboración con el INVEMAR, con el fin de que este último proporcione información sobre la CGSM producto de las investigaciones realizadas por cada una de sus líneas de investigación a lo largo del tiempo. Un usuario externo es una entidad que hace requerimientos de información al Instituto sobre aspectos relacionados con la CGSM. En la actualidad los usuarios externos de esta información son:

- § Comunidad en general
- § CORPAMAG
- § Ministerio del Medio Ambiente
- § INPA
- § Centros universitarios

7. Recepción. Esta entidad está conformada por las personas encargadas de atender las solicitudes de información de la comunidad y de las Instituciones vinculadas al área de la investigación.

8. Usuario. Se define como usuario a la entidad que describe cualquier persona, organismo ó institución, vinculada o no al INVEMAR que hace solicitud y uso de la información producida por el Instituto.

Definición de Procesos del Subsistema de Promoción, Distribución y Divulgación de la información sobre la CGSM

1. Adquisición y consulta de información sobre la CGSM. Este proceso define la actividad general de búsqueda y adquisición de información disponible sobre la CGSM por parte de los usuarios del sistema. Este proceso es alimentado por los requerimientos de información que hacen los *Usuarios Internos* de la Información sobre diferentes aspectos, parámetros y factores que se evalúan sobre la CGSM: *Calidad Ambiental Marina, Actividad Pesquera, Desarrollo del Ecosistema de Manglar, Información Histórica y Cartografía*. En este proceso se identifica la fuente de información que responde a los requerimientos del usuario, se realiza la consulta de información indicada y finalmente se emite una respuesta al Usuario con los datos y la información encontrada o con una respuesta negativa en el caso de no encontrarse información que satisfaga las necesidades del Usuario.

1.1 Consultar información sobre Calidad Ambiental. Este proceso recibe los *requerimientos de información sobre Calidad Ambiental y Marina* en la CGSM que tiene el usuario. Se realizan consultas a los encargados del **Programa de Calidad Ambiental y Marina - CAM** sobre la información disponible y que es acorde con los requerimientos del usuario. Como resultado de las consultas se emiten los resultados obtenidos en medios digitales y/o impresos, los cuales constituyen la salida de información del proceso. Este proceso puede emitir también una notificación de *consulta sin resultados* o una "*respuesta negativa*" en el caso de no encontrarse información que coincida con las necesidades del usuario.

1.1.1 Verificar existencia de información requerida. Este proceso recibe los requerimientos de información sobre Calidad Ambiental y Marina hechos por un usuario, el investigador encargado del *Sistema Integrado de Información sobre Calidad Ambiental y Marina – REDCAM*, recibe esta solicitud de información y realiza una consulta a la Base de datos de acuerdo a los criterios establecidos por el usuario. Dentro del Sistema de Información se gestiona la petición de información y se retornan los resultados obtenidos. La consulta se realiza a través de la interfaz de consulta de la aplicación, y se especifica el modo en el que se generarán el reporte con los resultados, cómo los mostrará y qué características adicionales (diagramas y gráficos) se añadirán a la información. Como resultado de este proceso se obtienen los archivos que almacenan la información encontrada o una respuesta negativa en caso de existir ausencia de resultados.

1.2 Consultar información sobre Recursos Pesqueros. Este proceso recibe los *requerimientos de información sobre la Actividad de la Pesca y los Recursos Pesqueros* en la CGSM, que tiene un usuario. Estos requerimientos son recibidos por los investigadores del **Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos – VAR** los cuales realizan las consultas necesarias, identifican la información disponible y que es acorde con los requerimientos del usuario y emiten los resultados obtenidos en medios digitales y/o impresos, los cuales constituyen la salida de información del proceso. Este proceso puede emitir también una notificación de *consulta sin resultados* o una "*respuesta negativa*" en el caso de no encontrarse información que coincida con las necesidades del usuario.

1.2.1 Verificar existencia de información requerida. Este proceso recibe los requerimientos de información sobre el desarrollo de la Pesquería y la evaluación de los Recursos Pesqueros presentes en la zona, hechos por un usuario, el investigador encargado del *Sistema de Información para la Evaluación de los Recursos pesqueros – SIPEIN*, recibe esta solicitud de información y realiza una consulta a la Base de datos de acuerdo a los criterios establecidos por el usuario. Dentro del Sistema de Información se gestiona la petición de información y se retornan los resultados obtenidos. La consulta se realiza a través de la interfaz de consulta de la aplicación, y se especifica el modo en el que se generarán el reporte

con los resultados y cómo los mostrará. Como resultado de este proceso se obtienen los archivos que almacenan la información encontrada o una respuesta negativa en caso de existir ausencia de resultados.

1.3 Consultar información sobre Suelos y Manglares. Este proceso recibe los *requerimientos de información sobre el estado y desarrollo del Ecosistema de Manglar* en la CGSM que tiene el usuario. Se realizan consultas a los investigadores vinculados al Componente de Suelos y Manglares que pertenecen al **Programa de Calidad Ambiental y Marina - CAM** sobre la información disponible y que es acorde con los requerimientos del usuario. Como resultado de las consultas se emiten los resultados obtenidos en medios digitales y/o impresos, los cuales constituyen la salida de información del proceso. Este proceso puede emitir también una notificación de *consulta sin resultados* o una *“respuesta negativa”* en el caso de no encontrarse información que coincida con las necesidades del usuario.

1.3.1 Verificar existencia de información requerida. Este proceso recibe los requerimientos de información de un usuario sobre algunos de los parámetros y variables relacionados con la estructura y desarrollo del bosque de Manglar en la CGSM. Los investigadores que pertenecen al Componente de Monitoreo de Suelos y Manglares reciben esta solicitud de información, identifican los criterios de búsqueda y proceden a examinar sus fuentes de datos (Hojas de Cálculo de Microsoft Excel) donde tienen la información que han almacenado a través del tiempo. Una vez ubicada la información se procede a generar cálculos, gráficos o diagramas, utilizando las herramientas que este paquete brinda, según sean las necesidades del usuario. Como resultado de este proceso se obtienen los archivos que almacenan la información encontrada o una respuesta negativa en caso de existir ausencia de resultados.

1.4 Consultar información bibliográfica. Este proceso de consulta se hace en el **Centro de Documentación “Ivan Enrique Lara”** del Instituto, donde es posible encontrar los documentos y material en general resultado del trabajo del Instituto en la CGSM desde la década de los 70's. Recibe como entrada las necesidades de información del Usuario con relación a una temática especial estudiada por el Invemar sobre la CGSM. En este proceso se realiza la búsqueda y ubicación de documentación bibliográfica o visual (videos) acorde con los requerimientos de información del usuario y se pone a su disposición para adquisición y consulta.

1.4.1 Consultar bibliografía disponible. Este proceso recibe como entrada los requerimientos de información de un usuario, sobre una temática, un lugar o un aspecto particular de estudio sobre la CGSM. En este proceso el usuario realiza una búsqueda por el tema, lugar, autor o aspecto particular según sus necesidades de información, a la base de datos bibliográfica (BINVE), a través de una de las terminales ubicadas dentro del Centro de Documentación. Producto de la interacción del usuario con este sistema es producida una salida que se traduce en la ficha o fichas bibliográficas de los libros, documentos, artículos u otros materiales de consulta relacionados con los criterios de consulta del usuario. O en caso de no encontrarse un documento o material que satisfaga las necesidades de este es emitida una *Respuesta negativa*.

1.4.2 Verificar existencia del documento requerido. Este proceso recibe como entrada los datos generales de un documento o material de consulta. Estos datos son recibidos por el personal encargado de la atención al usuario el cual realiza la búsqueda física del documento en la biblioteca. En caso de encontrarse el documento, el proceso produce como salida el documento solicitado. En caso de que el documento no se encuentre en ese momento disponible se produce una respuesta negativa a la consulta de información.

1.4.3 Prestar documento. Este proceso recibe como entrada el documento que ha sido solicitado por el usuario. En este proceso se realiza el diligenciamiento de la ficha de préstamo con los datos del documento y los datos del usuario. Se produce como salida del proceso la entrega del documento al usuario y la ficha de préstamo.

1.5 Consultar información cartográfica. Este proceso recibe como entrada los requerimientos de información del usuario sobre *el material Cartográfico e imágenes* disponibles sobre diferentes temáticas producto de los datos recogidos en los proyectos y monitoreos relacionados con el estudio de la CGSM. En este proceso se consulta sobre la información disponible en el **Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica – SIG** del Invemar, y se obtiene la información necesaria para satisfacer las necesidades del Usuario.

2. Adquisición y consulta de información de Usuarios Externos al Instituto. Este proceso define la actividad general de búsqueda y adquisición de información disponible sobre la CGSM por parte de los usuarios del sistema. Este proceso es alimentado por los requerimientos de información que hacen los *Usuarios Internos* de la Información sobre diferentes aspectos, parámetros y factores que se evalúan sobre la CGSM: *Calidad Ambiental Marina, Actividad Pesquera, Desarrollo del Ecosistema de Manglar, Información Histórica y Cartografía*. En este proceso se identifica la fuente de información que responde a los requerimientos del usuario, se realiza la consulta de información indicada y finalmente se emite una respuesta al Usuario con los datos y la información encontrada o con una respuesta negativa en el caso de no encontrarse información que satisfaga las necesidades del Usuario.

2.1 Verificar información de la solicitud. Este proceso recibe como entrada una solicitud de información hecha por un *Usuario Externo*. Esta información es recepcionada y los datos son verificados con el fin de identificar qué tipo de usuario es (si pertenece a la comunidad en general o a algún organismo o institución que establece vínculos de colaboración con el Instituto), y además si la información solicitada puede ser transferida o no a este usuario, teniendo en cuenta las políticas del Instituto para la distribución de la información que produce.

2.2 Consultar información disponible. Este proceso encierra todas las actividades, personas y entidades descritas dentro del proceso de **ADQUISICIÓN Y CONSULTA INTERNA DE INFORMACIÓN DISPONIBLE SOBRE LA CGSM**.

2.3 Transferir información. Recibe como entrada el requerimiento de transferencia de información ó una respuesta negativa a la consulta de información. En caso de recibir un requerimiento de información, en este proceso el personal del Instituto encargado de la difusión y distribución de información hace llegar al usuario la información encontrada que coincide con sus necesidades, y que es almacenada en documentos impresos, en medio digital, reportes en papel o cualquier otro material. Si el flujo de información de entrada es una respuesta negativa a la consulta, entonces esta respuesta es transferida de igual manera al usuario.

2.3.1 Enviar correo electrónico. Este proceso recibe como entrada información en medio digital, y la dirección de correo electrónico del usuario destinatario (usuario externo). A través de un servicio de correo esta información es transferida al usuario externo. La salida de este proceso es la respuesta de transferencia exitosa o no de información a un usuario externo.

2.3.2 Enviar documentos por correo. Recibe como entrada información en medio digital, y la dirección de correo electrónico del usuario destinatario (usuario externo). En este proceso se utiliza el servicio tradicional de correo para enviar al usuario externo la información encontrada (ya sea en un medio digital o análogo).

2.3.3 Entregar información personalmente. Este proceso recibe como entrada información en medio digital, y la dirección de correo electrónico del usuario destinatario (usuario externo). En este proceso se realiza la entrega directa y de forma personal de la información encontrada (ya sea en un medio digital o análogo) al usuario externo.

2.3.4 Responder vía telefónica. Recibe como entrada una respuesta negativa de información, esto es, que la consulta de información realizada no arrojó resultados. En este proceso se realiza la notificación de esta información al usuario externo a través de vía telefónica.

2.3.5 Enviar información vía fax. Recibe información almacenada en papel impreso, esta información puede ser el resultado de una consulta realizada (documento, informe, tablas de datos, entre otra información), o una notificación de respuesta negativa frente a la solicitud

realizada por el usuario. En este proceso se realiza la transferencia de esta información al usuario externo vía fax.

3. Proceso de consulta de información sobre Calidad Ambiental a través de Internet.

En la actualidad el Sistema de Información sobre Calidad Ambiental y Marina cuenta con el servicio de consulta de información a través de Internet. En este proceso se detallan los procedimientos que se llevan a cabo para el acceso a la información a través de Internet.

3.1 Solicitar formulario de consulta. Este proceso recibe como entrada los requerimientos de información de un Usuario. En este proceso el Usuario descarga en su navegador de Internet la página web del Instituto y navega dentro de la página solicitando el formulario de consulta sobre Calidad Ambiental y Marina ubicada dentro de la sección del Sistema de Información Nacional Ambiental. En este proceso, el navegador se comunica con el servidor Web del Instituto y se solicita la descarga de las páginas web requeridas. La salida de este proceso es el formulario (Página Web) devuelto por el Servidor web.

3.2 Diligenciar formulario de consulta. Este proceso recibe como entradas los requerimientos de información del Usuario y el formulario (Página Web) de consulta del REDCAM. En los requerimientos de información del Usuario se especifica como área geográfica de consulta la CGSM o alguna localidad específica dentro de ella, y los parámetros, períodos de tiempo y variables a consultar. En este proceso el Usuario diligencia el formulario descargado con estos requerimientos de información. La salida de este proceso es el formulario diligenciado con la información que solicita el usuario.

3.3 Enviar formulario de consulta. Este proceso recibe como entrada el formulario de consulta sobre Calidad Ambiental y Marina del REDCAM, diligenciado por el usuario con sus requerimientos de información. En este proceso el usuario solicita que estos datos sean consultados, entonces a través de su navegador el usuario se conecta a la Base de Datos del REDCAM y se realiza la consulta. Luego de realizada la consulta se produce un conjunto de registros que son procesados en el Servidor Web del Instituto que formatea los resultados en una página web, la cual es devuelta al navegador de Internet del Usuario. La salida de este proceso es, pues, una página web con los resultados de la consulta realizada por el usuario. Este resultado puede ser el conjunto de registros devueltos por la Base de Datos, o una respuesta negativa en caso de no encontrarse resultados.

Definición de Almacenes de Datos del Subsistema de Promoción, Distribución Divulgación de la información sobre la CGSM

D1 - Solicitud de información. Las solicitudes de información hechas por un Usuario Interno son diligenciadas en formatos impresos: cartas o memorandos, o a través de medios digitales: correos electrónicos enviados a través de la red interna del Instituto, en los cuales se especifican los criterios específicos de consulta de información.

D2- Archivo / Información. Los resultados obtenidos de los procesos de consulta de información son presentados en informes escritos, tablas de datos, gráficos, diagramas e imágenes. Estos resultados son almacenados en medios digitales en archivos de texto (.txt, .dat), hojas de cálculo de Excel (.xls) o en páginas web (.htm, .html), y son generados por los diferentes sistemas de bases de datos (REDCAM y SIPEIN) y demás mecanismos de gestión de la información (Microsoft Excell).

D3- Respuesta negativa. Cuando las consultas de información no devuelven información disponible acerca del tema requerido, se emite una *respuesta negativa* de información la cual puede ser almacenada en un documento impreso (carta, memorando), o en forma digital como el correo electrónico, donde se notifica al solicitante los resultados de la búsqueda. Una respuesta negativa puede ser dada a conocer de forma personal al solicitante y no ser almacenada en un formato específico.

D4- Documento. Formato análogo o impreso en donde se encuentra consignado el conocimiento producto del análisis y evaluación de la información recogida en los estudios y monitoreos realizados en la CGSM.

D5- Cartografía/Imágenes. Archivos en formatos de mapa de bits (BMP) y JPEG (JPG), entre muchos otros tipos de archivos de imágenes existentes, sin embargo estos son los más comunes y de más fácil portabilidad, en los cuales es almacenada la información cartográfica requerida por el usuario. Estos resultados son obtenidos de las cartografías generadas en las herramientas ArcView o ArcINFO.

D6- Base de Datos/REDCAM. Apoya en la tarea de evaluación y vigilancia a los investigadores del Instituto pertenecientes al Programa de Calidad Ambiental y por consiguiente al personal vinculado al estudio de la CGSM. Este Sistema de Información opera en la actualidad e integra la información sobre calidad ambiental de las zonas de las costas Norte y Pacífica de Colombia, regido por políticas de normalización y estándares.

D7- Base de Datos / SIPEIN. Dentro de este sistema es almacenada la información básica que se ha recogido a través del tiempo en las localidades donde se lleva a cabo la actividad de pesca. La información contenida en esta base de datos sustenta la dinámica de la pesquería y su efecto sobre los principales recursos explotados en la CGSM.

D8- Conjunto de archivos. Conjunto de Archivos en formato de Hojas de Cálculo de Microsoft Excel (.xls), donde se encuentra almacenada la información recogida en los procesos de monitoreo de la CGSM sobre estructura, desarrollo y evolución del bosque de Manglar por parte del Componente de Suelos y Manglares del Instituto.

D9- Ficha documento. Hace referencia a la ficha que almacena los datos generales de un documento: autor, título, tema, identificador.

D10- Documento. Hace referencia a cualquier artículo, libro, revista, documento, video u otro material físico de consulta donde se encuentra almacenado conocimiento relacionado con los estudios realizados en la CGSM.

D11- Biblioteca. Infraestructura física donde se encuentran almacenados los documentos y el material de consulta dentro del Centro de Documentación.

D12-DB Documentos. Sistema de Base de datos en WinISIS, donde se encuentran almacenados y registrados todos los documentos disponibles en el Centro de Documentación del Instituto disponibles para consulta.

D13- Ficha de préstamo. Tarjeta donde se registra el préstamo que un usuario hace al Centro de documentación. En esta tarjeta se almacenan los datos del usuario que solicita el préstamo del documento y los datos de este último.

D14- Carta / fax. Documento en papel donde se consigna una respuesta de información.

D15- E-mail. Correo electrónico donde se almacena información acerca de los resultados obtenidos en el proceso de búsqueda y consulta de información.

D16- Medio digital. Medio digital donde se almacenan los resultados obtenidos en el proceso de búsqueda y consulta de información.

D17- Solicitud información. Documento donde es diligenciado el requerimiento o necesidad de información de un usuario.

D18- Medio impreso. Documento en papel donde se encuentran consignados los resultados de los estudios realizados en la CGSM. Un documento impreso puede ser el resultado escrito de un proyecto o estudio, gráficas, tablas, diagramas o mapas.