CM

CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

SECCION DE COMPUTACION

ENSAMBLAJE DE ARNESES ASISTIDO POR COMPUTADORA

Tesis que presenta Luis Eduardo Quiroz Arrunátegui para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS en la especialidad de INGENIERIA ELECTRICA con opción en COMPUTACION.

Trabajo dirigido por el M. en C. Feliu Sagols Troncoso.

BECARIO DE UNESCO

México, D.F., junio de 1990.

"El progreso será bueno cuando sus beneficios
estén al alcance de todos. En otros términos,
la comodidad y bienestar de los hombres
no depende tanto del progreso industrial y científico,
sino de la justicia social.

..., de nada servirá que el hombre vaya a la luna,
o como estrellas fritas,
o escuche por inalambrama
las músicas serráficas en cuerda viva"

César Vallejo

a mis padres Angel y Clorinda

a race

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a la **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura** *y al* **Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.**, *por el apoyo que me brindaron durante la realización de mis estudios de maestría.*

Debo gratitud también al **Centro de Investigación y Desarrollo de la División Autopartes de Condumex**, *a todas las personas allí laboran, pero en particular a* **J. Antonio Gonzalez Rodriguez** *y* **Angel Garcia Rangel**, *por el interès y entusiasmo que han mostrado para con el proyecto ICIC.*

Finalmente hago patente un reconocimiento a todos mis profesores y compañeros del CINVESTAV, en especial al M.en C. Feliu Sagols Troncoso, por la dirección de este trabajo y por sus valiosos comentarios críticos.

C O N T E N I D O

I N T R O D U C C I O N

La *sociedad de información* como desideratum de la mayoría de países industrializados, ha conllevado al replanteamiento de casi todas las relaciones de producción. Propiciando de esta manera, una cada vez mayor automatización de las actividades rutinarias desarolladas por el hombre en su quehacer cotidiano, por lo que resulta inadmisible, concebir tareas en las que se pueda prescindir del epíteto **automatizar** y **optimizar**. Cabe resaltar aquí la *ubiquitud* de los sistemas CAD/CAM, pues su aplicación ha impactado en todas las ramas de actividad industrial, a tal grado que en el mediano plazo, no habrá una sola empresa manufacturera que deba (pueda) permanecer al margen de las ventajas potenciales derivadas de su aplicación.

El caso de las empresas mexicanas no constituye excepción alguna, pues en el marco coyuntural de la economía internacional, caracterizada por una intensiva dinámica industrial, es primordial la adopción de nuevas estrategias de producción como condición *sinequanon* para lograr niveles de competitividad aceptables en el concierto del intercambio comercial con países

que cuentan con mayores niveles de desarrollo industrial. Entre esas nuevas estrategias, se puede resaltar la creación de medios con los que se logre explotar la computadora de manera favorable a nuestras necesidades.

La aplicación de los sistemas CAD/CAM constituye *per se* una nueva filosofía de producción que rompe con los esquemas anacrónicos de producción. La mayor preocupación de la gestión empresarial consiste ahora en adoptar cambios de actualización y modernización en la industria manufacturera. Bajo esta perspectiva unicamente, se puede admitir la posibilidad de que las empresas *sobrevivan* a las macrotendencias derivadas de la -así denominada- revolución computacional.

En este contexto, el objeto de estudio del presente trabajo de tesis, corresponde al diseño e implantación de un Sistema de Ayuda en las etapas de diseño y de manufactura que se llevan a cabo en una empresa arnesera mexicana. La magnitud y tiempo de madurez asociado al desarrollo de ese sistema, no nos ha permitido un estudio exhaustivo del mismo; en el mejor de los casos, hemos volcado nuestra atención a dos módulos (relativos a la Separación de Planos Carta, por un lado y a la Edición de Subensambles de arnés, por el otro) primordiales para la implantación del Sistema de Ingeniería Central Integrada por Computadora (ICIC).

La organización de este documento, atiende un enfoque deductivo, partiendo del contexto general de los sistemas CAD/CAM hasta abordar las partes medulares del sistema ICIC. Amén del marco teórico conceptual -capitulo 1- se pueden distinguir cuatro

partes : *a*) Planteamiento del problema -cap. 2- en donde nos avocamos a la descripción de puntos relevantes sobre los que tenemos que buscar y adoptar soluciones satisfactorias; *b*) Separación Automática de Planos Carta. La forma como hemos planteado el problema, conduce al desarrollo de dos subsistemas íntimamente relacionados, en esta parte del trabajo nos ocupamos de las características del primer subsistema en cuestión al cual denominamos SEPACA *c*) El segundo subsistema, utilizado en la Edición de diagramas de Subensamble -SES- es abordado en el capitulo cuarto. *d*) Finalmente en el capitulo 5 se postula una representación generalizada de entidades, mediante la cual los módulos anteriores puedan ser utilizados en distintas aplicaciones de diseño y manufactura.

LOS SISTEMAS CAD/CAM

1.1. GENERALIDADES

Tradicionalmente las actividades de diseño se han llevado a cabo practicamente, de manera separada respecto a aquellas relacionadas con la manufactura. Así, los productos a fabricar eran diseñados por grupos de personas que interactuaban en lo mínimo con los que se encargarían de fabricar el o los productos previamente diseñados.

Huelgan comentarios acerca de las posibles contingencias derivadas por la falta de integración entre las funciones de diseño y las de manufactura o en el mejor de los casos, por la inapropiada interpretación de información originada al momento en que ésta pasa a una siguiente etapa del proceso de producción.

Con el advenimiento de la computadora y su consiguiente utilización en las diferentes ramas de la industria, la etapa de diseño observó una mejora significativa en cuanto a eficiencia se

refiere. Ahora el diseño de los productos a manufacturar se puede obtener haciendo un uso cada vez más óptimo de los recursos empleados para tales propósitos, prueba de ello es la mayor rapidez de generación y reproducción de dibujos, inclusive hay que resaltar la eficacia alcanzada por una mejor calidad de diseño.

La conjunción de estos factores: eficiencia y eficacia constituyen un criterio suficiente a considerar para inclinarse por un uso cada vez más intensivo de las computadoras en las distintas etapas del proceso de producción. De esta manera, los diseñadores pueden contar con los medios necesarios para automatizar muchas de las tareas de dibujo.

Empero, si bien es cierto que con la automatización de algunas funciones de diseño se abaten notablemente los tiempos dedicados a éstas, también lo es el hecho de que, la automatización por si sola no constituye, estrictamente hablando, una nueva estrategia de producción; para ello es indispensable integrar en la mayor medida posible, las funciones de diseño con las de manufactura. En este contexto, se concibe la utilización de sistemas de Diseño Asistido por Computadora y de Manufactura Asistida por Computadora (CAD/CAM)[1] con los cuales se persigue satisfacer las necesidades de automatización e integración a las que hemos hecho referencia anteriormente.

---

[1] El concepto de *Computer Aided Design* se empezó a utilizar a finales de la década de los *'50*, a partir de algunos trabajos desarrollados en el Instituto Tecnológico de Massachusets.

Los sistemas CAD, así como los sistemas de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) empezaron a ser utilizados por varias corporaciones internacionales i.e. General Motors, I.B.M., Lockheed, las cuales dedicaron recursos en distintos proyectos de investigación destinados al desarrollo de sistema CAD/CAM aplicables a distintas áreas de la ingeniería.

1.2. DEFINICION DE SISTEMAS CAD/CAM

Tal como se mencionó anteriormnete, la carecteristica fundamental de los sistemas CAD es la automatización e integración de tareas involucradas en las etapas de diseño y de producción de un bien manufacturable. De allí podemos definir a los sistemas CAD como el "uso sistemático de la computadora para la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño"[2]. Más adelante nos ocuparemos en detalle de las tareas implicitas al proceso de diseño.

Por otro lado, los sistemas CAM pueden definirse como la aplicación de la computadora en actividades de planeación, manejo y control de operaciones de una planta manufacturera. Pese a que no nos detendremos a describir los sistemas CAM, mencionaremos que éstos se dividen en dos grandes grupos de actividades[3] :

---

[2]Groover & Zimers [1984].

[3]*Ibidem.*

1. Monitoreo y control por computadora, y
2. Aplicaciones de ayuda para manufactura.

Resulta importante resaltar aquí la confusión casi generalizada de concebir indistintamente los sistemas Interactivos de Gráficas por Computadora (IGC) y los sistemas CAD. Desde el punto de vista práctico, en ambos casos existen facilidades para trabajar en ambientes gráficos, sin embargo, la diferencia principal radica en que los primeros no necesariamente son herramientas de diseño, pues su uso generalmente está restringido a la creación y manipulación de elementos gráficos, mientras que los sistemas CAD cuentan además con la facilidad de traducir información de diseño en información de producción, la cual es requerida durante el proceso de manufactura.

Este es un punto importante a considerar pues como se verá más adelante el planteamiento de nuestro problema gira en rededor a la adopción de mecanismos que permiten llevar a cabo esa traducción de información.

1.3. LOS SISTEMAS CAD/CAM Y EL CICLO DE UN PRODUCTO

Todo proceso de diseño y manufactura está enmarcado en un ciclo que consta de cuatro etapas principales, fig. 1.1. a saber: diseño, planeación, secuenciación y producción, la descripción de cada una de éstas puede facilitarse con el esquema mostrado en la *fig. 1.2.*

CICLO GENERALIZADO DE UN PRODUCTO

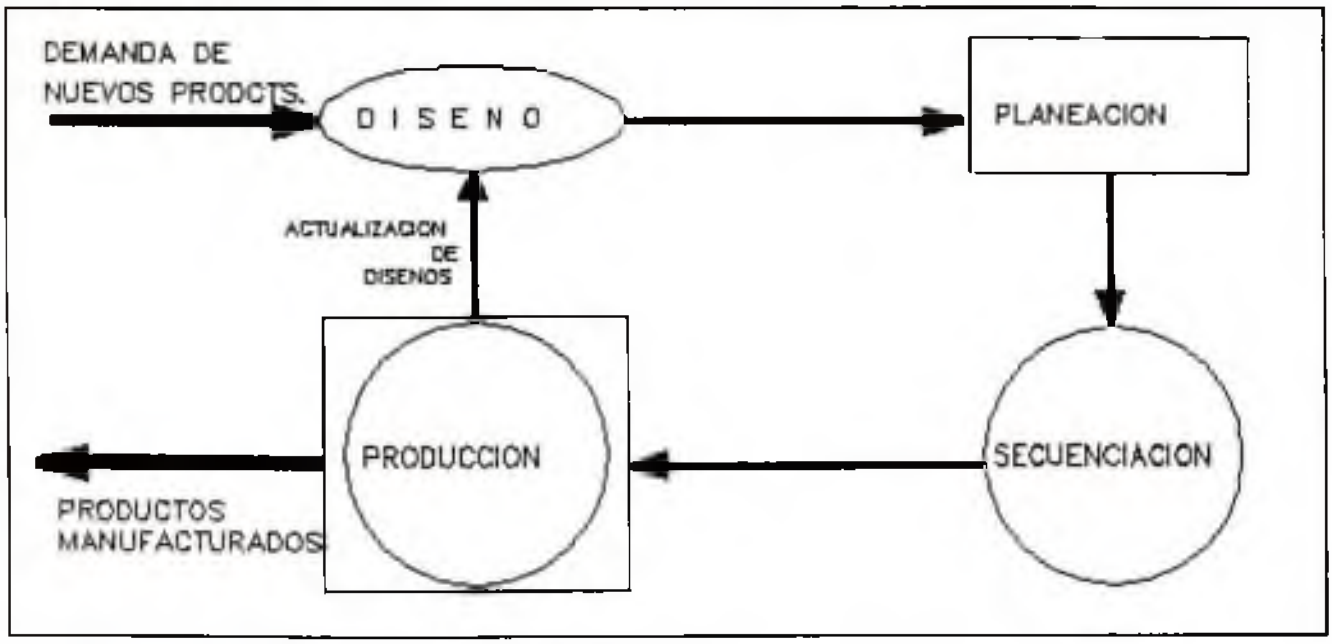


FIG. 1–1

CICLO DETALLADO DE UN PRODUCTO

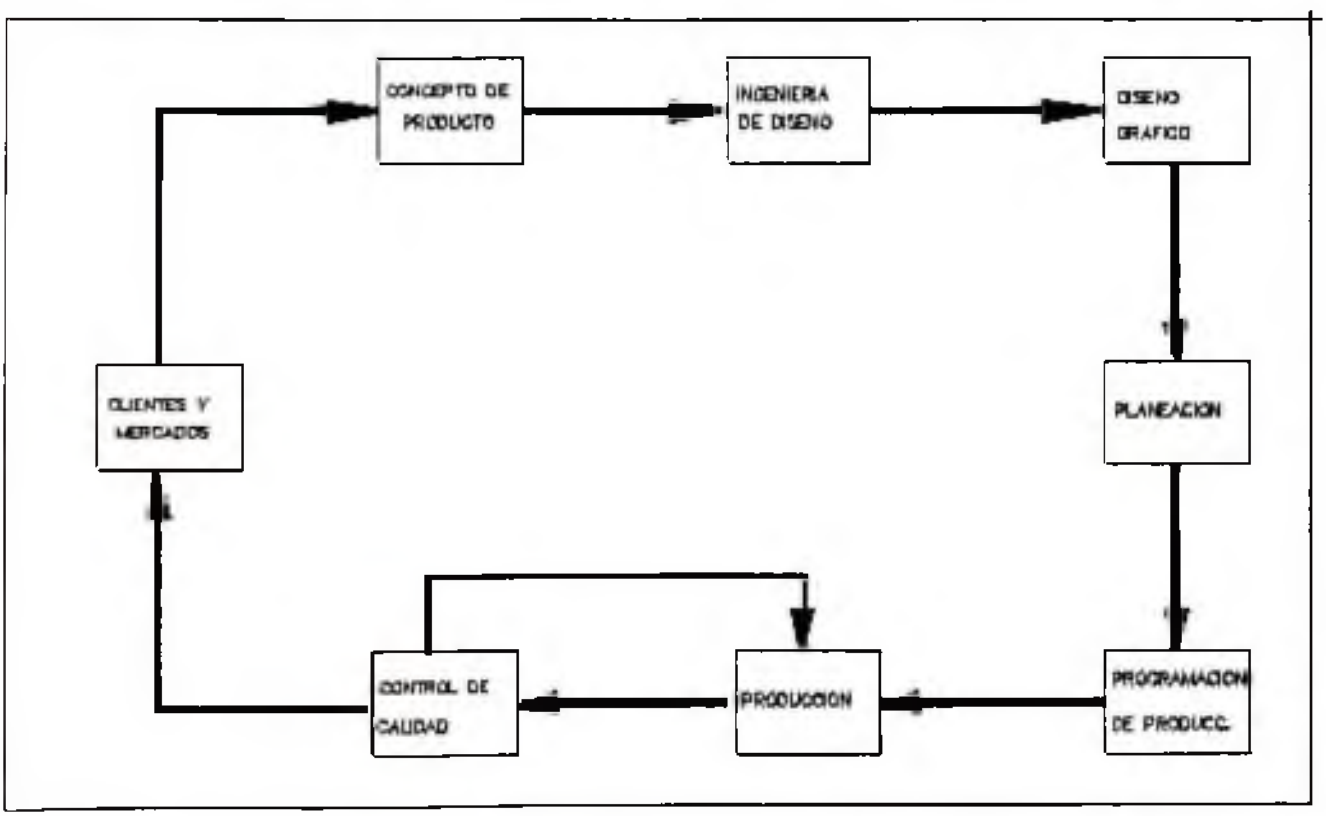


FIGURA 1–2

La etapa de diseño se inicia en el momento en que un conjunto de consumidores (mercado) demanda un producto específico. El concepto del producto se obtiene a partir de la definición de requerimientos, restricciones y condiciones de desempeño que deberá satisfacer el producto en cuestión. La fase de diseño de ingeniería se inicia con un proceso heurístico que debe conllevar a la elección de un modelo apropiado, que teóricamente satisface las necesidades de los consumidores potenciales.

En la etapa de planeación se definen las actividades de manufactura, necesarias para obtener los subproductos o productos intermedios que una vez conjuntados conforman el producto terminado. Aquí también se especifican los requerimientos de maquinaria, equipo, mano de obra, materia prima, etc. necesarios para llevar a cabo el proceso de manufactura bajo condiciones normales.

El resultado que se obtiene del proceso de planeación constituye una red de actividades que conduce de un estado inicial E_i, diseño de producto a un estado final E_f, producto terminado. La etapa de secuenciación consiste precisamente en llevar a cabo todo lo establecido en los planes y programas previamente elaborados.

Con la culminación de la etapa de secuenciación se cierra el ciclo de un producto, y a partir de ese momente se establece una dinámica caracterizada por una permanente actualización y mejoras de diseños sobre productos ya existentes en el mercado.

Este es otro punto de relevancia en nuestro trabajo puesto que constantemente los diseños están siendo modificados para satisfacer los requerimientos de mercado. Más adelante retomamos este punto al abordar los Cambios de Nivel de Ingeniería.

CICLO DE UN PRODUCTO Y LOS SISTEMAS CAD/CAM

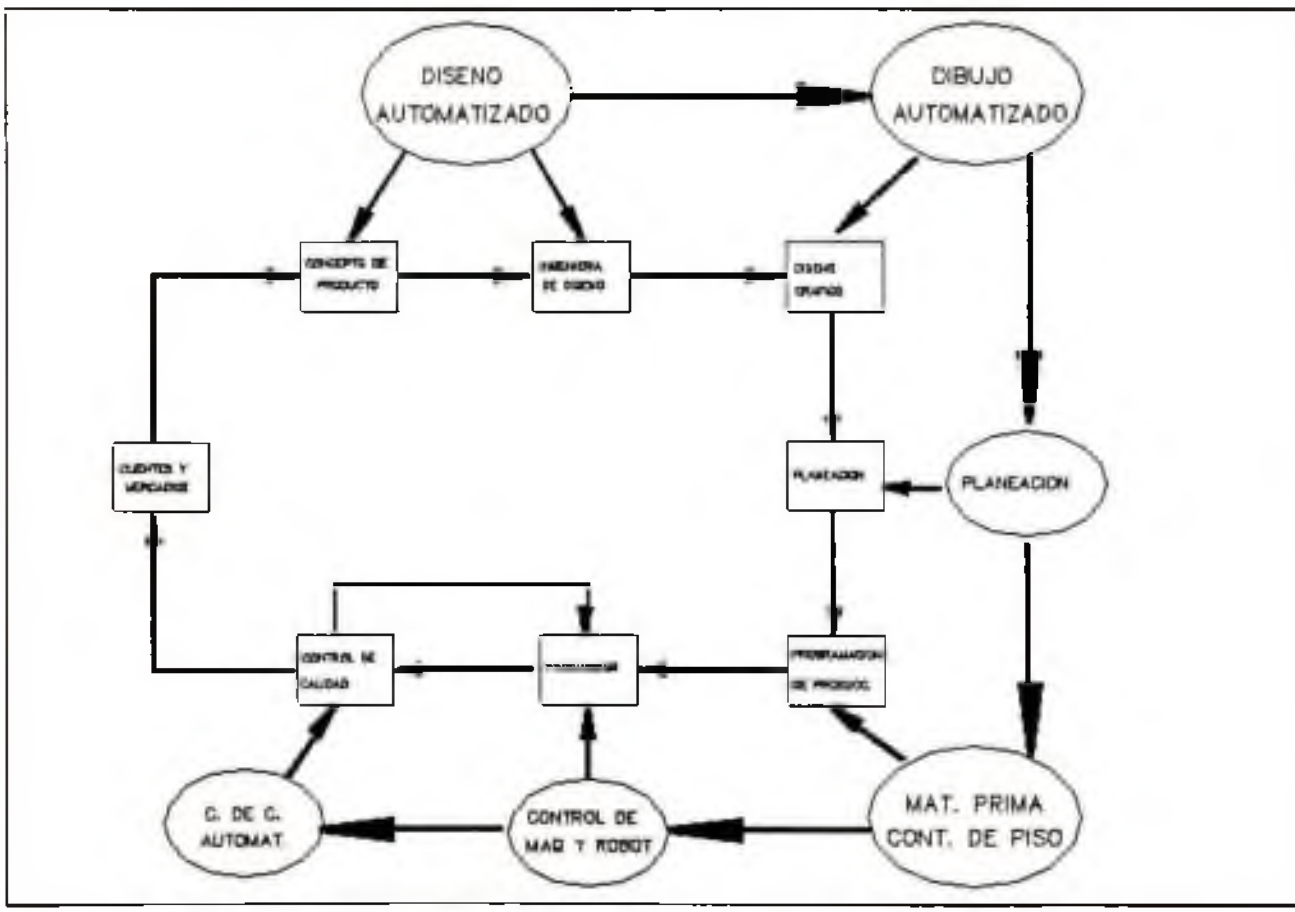


FIGURA 1-3

Tal como se muestra en la figura 1.3. la aplicación de los sistemas CAD/CAM se hace manifiesta a través de todas las fases del ciclo de un producto, en el cual se distinguen ocho módulos, que aún cuando están representados uno tras otro, dificilmente los podemos concebir de manera aislada, esto se debe a la gran interrelación que existe entre ellos.

A partir de lo anteriormente señalado, podemos esgrimir la necesidad de conjuntar (integrar) todas las etapas implícitas en el ciclo de un producto. Así, en la medida en que logremos una mayor integración de actividades de diseño y de producción estaremos dejando de lado los esquemas convencionales de manufactura, dando paso a nuevas y plausibles estrategias de producción.

Un sistema CAD/CAM convenientemente integrado requiere del uso la aplicación de procesos (módulos) representados como subsistemas del primero, en donde la salida de uno de éstos generalmente representa la entrada a otro módulo.

Lo anterior se puede explicar mediante el siguiente ejemplo: a nivel de mercadotecnia, las órdenes de producción se pueden recibir a través de las personas encargadas de ventas, quienes se encargan de describir un producto. Esta descripción sirve como entrada al sistema de la función de ingeniería de diseño. Si el producto tiene componentes previamente diseñados, un sistema de dibujo asistido por computadora proporcionará información gráfica a las funciones de planeación. La descripción del producto, si éste contiene nuevos componentes,

servirá como entrada al sistema de diseño asistido por computadora y éste a su vez deberá proporcionar información técnica requerida para el proceso de manufactura.

Los sistemas CAD pueden dividirse en dos partes funcionales estrechamente vinculadas. La primera de ellas se refiere precisamente al proceso de diseño, por medios no convencionales, p.ej. medios electrónicos, mientras que la segunda está enmarcada en la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), a través de la cual se pueden "simular" distintas pruebas de ingeniería que bajo otras circunstancias necesitarían de la construcción de prototipos[4].

1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS CAD

Resulta obvio pensar que con la adopción de nuevas estrategias de producción se consiguen mejores resultados que los obtenidos bajo método convencionales. En este contexto, y sin el propósito de analizar exhaustivamente las ventajas comparativas de éstos *vs.* los sistemas de diseño asistido por comptadora, nos remitimos sólo a los principales beneficios derivados de la aplicación de sistemas CAD[5] :

---

[4] Edmon Chan [1983] describe detalladamente esos componentes funcionales de los sistemas CAD.

[5] *Ibidem*

1. Flexibilidad en el análisis de diseño. Cálculos de área, volumen, peso, momentos de inercia, deformación por flujo térmico, entre otros, se obtienen de manera rápida y confiable.

2. Disminución de los errores de diseño. Los sistemas CAD generalmente están dotados de ayudas con las que se puede validar información técnica de acuerdo a rangos o valores preestablecidos.

3. Estandarización de diseños, dibujos y documentación de procedimientos. La pre-programación de procedimientos para la consecución de tareas comunes de diseño y de dibujo, reducen la tendencia a *reinventar la rueda* enfocando la creatividad de los diseñadores a la obtención de nuevos elementos de diseño. En adición, los métodos estándar permiten una revisión más rápida y una correcta interpretación de esos diseños.

4. Mayor legibilidad de los dibujos. Los problemas de legibilidad son eliminados casi por completo desde el momento en que la exactitud en los trazos es independiente de la habilidad o destreza del operador o diseñador, asimismo se cuenta con la facilidad de obtener originales de dibujos después de efectuar modificaciones sobre el diseño original.

5. Mejoras en la productividad del diseño. La productividad del diseño mejora notablemente como consecuencia de los cuatro puntos antes mencionados, pero también porque las representaciones con características gráficas recurrentes o los diseños que requieren ser actualizados permanentemente se obtienen de manera más fácil con un sistema CAD, y

6. Mejoras en los procedimientos para cambios de ingeniería. La capacidad de respuesta de la planta productiva mejora notablemente desde el momento en que los tiempos de respuesta originados por cualquier cambio en los diseños se reducen de manera significativa.

En resumen, podemos afirmar que las ventajas de los sistemas CAD/CAM son reconocidas en el sentido de que su utilización se refleja en los mejores niveles de competitividad alcanzados y con mayor razón, si se trata de un sistema de Manufactura Integrada por Computadora (CIM) el cual tiene como finalidad proporcionar asistencia computacional en todos los niveles funcionales de una empresa, desde los estudios de mercadotecnia de un producto, hasta la distribución del mismo[6] -enfoque *start finish.*

Por otro lado, al ocuparnos de las desventajas de los sitemas CAD, podemos mencionar los siguientes puntos[7] :

1. Elevada inversión inicial. Esta característica se manifiesta tanto en la adquisición del equipo de cómputo como en la necesidad de utilizar algunos "paquetes" gráficos y en general de *software* de soporte.

---

[6] Desde el punto de vista sistémico, CIM es un todo en el que están comprendidos tres módulos principales, a saber: *Computer Aided Disisgn* (CAD) *Computer Aided Manufacturing* (CAM) y *Manufacturing Resource Planning* (MRP). Edmon Chan, *op.cit.*

[7] Carlos Siska A. [1986]

2. Tiempos muertos por caída del sistema computacional. Este punto, más que una desventaja de los sistemas CAD, representa un factor aleatorio.

3. Necesidad de contar con recursos humanos capacitados para el manejo del sistema de CAD que se vaya a implantar. Sin embargo, dado el *boom* computacional observado en los últimos años, esta variante constituye una característica insoslayable que no necesariamente está en función de la aplicación de los sistemas CAD/CAM.

4. Mayor dependencia de tecnologías extranjeras. Esta variante difícilmente se puede parametrizar *a priori*, su determinación implica un análisis comparativo entre esta dependencia tecnológica *vs.* los mayores niveles de productividad que presumiblemente se obtengan con la tecnología en cuestión.

Posiblemente existan otros inconvenientes de importancia relativa, sin embargo, de acuerdo a lo señalado en las dos primeras desvantajas podemos esgrimir el hecho de que éstos inconvenientes son mejor ubicados en el contexto de la planeación empresarial. De manera similar los puntos 3 y 4 están enmarcados en una problemática de carácter macroeconómico, en la que el contar con tecnologías propias y con recursos humanos mejor capacitados no es una variante dependiente de la aplicación de los sistemas CAD.

De cualquier manera, podemos afirmar que existen más puntos a favor que en contra para inclinarnos por un uso intensivo y adecuado de sistemas CAD/CAM, sin que ésto signifique la adopción desmedida y acrítica de tecnologías inapropiadas para la planta productiva nacional.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La manufactura de un arnés[1] y en general de cualquier producto que se obtenga bajo enfoques de fabricación en serie requiere del montaje de una línea de producción. Antes de que ésta sea puesta en marcha, se debe elaborar un plan de trabajo en el que por lo menos se definan los siguientes puntos :

a) relación de actividades y tiempos asociados a cada tarea de producción,
b) relación de materiales, maquinaria y herramental necesarios para obtener una unidad de producción,
c) establecimiento de actividades de precedencia y
d) asignación de estándares de producción.

Elaborar un plan de trabajo implica pues, entre otras cosas, analizar y revisar rigurosamente el diseño del producto a manufacturar. Este proceso conlleva al desarrollo de tareas que demandan, dedicar considerable tiempo (medido en horas-hombre), amén de que el análisis en mención debe llevarse a cabo por

---

1 Más adelante dedicamos espacio a la dfinición y descripción de arnés.

personas previamente capacitadas para tal propósito; a esto hay que agregar el riesgo de "error humano" derivado, por ejemplo, de la incorrecta interpretación de alguno o varios elementos de diseño.

En este contexto, asumiendo las ventajas proporcionadas por los sistemas CIM, surge la necesidad impostergable de diseñar e implantar un sistema CAD/CAM con el que se facilite la obtención -a partir de especificaciones de diseño- de información de producción, necesaria para elaborar los programas de trabajo implicados en la manufactura de un producto particular.

Actualmente, el Centro de Investigación y Desarrollo de una importante empresa arnesera mexicana[2] ha puesto en marcha un proyecto cuyo propósito principal es diseñar e implantar un sistema que sea capaz de automatizar la generación de información de producción a partir de la información de diseño proporcionada por los clientes de la misma. Atendiendo el giro industrial de la empresa (manufactura de arneses automotrices), sus clientes son las distintas plantas armadoras de vehiculos automotores: General Motors de México, Nissan de México, Chrysler de México, Ford de México, Carplastic, etc.

El proyecto en mención no es otra cosa que un sistema de CAD, denominado Ingeniería Central Integrada por Computadora (I.C.I.C.) en el que están contemplados distintos módulos que bien pueden ser clasificados dentro de las actividades de CAD

---

[2] De hecho no se trata de una sola empresa sino de varias de éstas pertenecientes al Grupo Condumex.

tanto como las de CAM. Como es de esperarse, la culminación del proyecto debe contemplar no sólo la generación automática de información de producción, sino que también debe considerar una correcta integración de todos los módulos comprendidos en él.

La generación automática de información está enmarcada en el contexto de varias etapas funcionales, de las cuales podemos mencionar: *a*) captura y dibujo de planos y de diagramas de ensamble *b*) lectura e interpretación de entidades gráficas predefinidas y *c*) generación de información en un formato convencional a partir de la etapa anterior.

Mientras que por otro lado, al hablar de integración nos referimos a la completitud funcional del sistema en el contexto cliente-fabricante. En otras palabras, ICIC debe conformar un canal de comunicación entre el ensamblador de automóviles, por un lado y la planta arnesera por el otro; de forma tal que se pueda obtener mayor fluidez en el intercambio de información, adoptando mecanismos con los que se consiga una mayor vinculación entre el cliente y el fabricante. De esta manera, el primero no se limitará a efectuar órdenes de producción y el segundo a cumplir con éstas. A través de ICIC, se pretende que tanto el cliente como el fabricante estén ampliamente comprometidos (integrados) con el diseño y manufactura de los arneses.

De esta manera, en un contexto general, el objeto de estudio de ICIC comprende etapas tales como: revisión de diseño del producto, planeación de la producción, definición y optimización de métodos de ensamble, asignación de maquinaria y equipo, diseño de herramental especial, etc. La figura *2-1* presenta una visión

global del sistema ICIC, de donde podemos establecer que en términos sucintos, este sistema tiene como finalidad la **transformación automática de información de diseño** (proporcionada por el cliente) en **información de producción** (requerida por el fabricante de arneses) consiguiendo con esto los siguientes efectos colaterales:

a) Reducir la posibilidad de fallas de ingenieria y de diseño, lo cual se refleja en mejores niveles de calidad de los arneses,

b) Agilizar y facilitar el manejo de información de diseño y de producción. Esto es, mejorar la capacidad de respuesta de las plantas arneseras, y

c) Mejorar los niveles de productividad de las plantas arneseras en la medida en que se pueda obtener distintas opciones de diseño, tanto del producto como del herramental necesario.

ENTORNO DEL SISTEMA I.C.I.C.

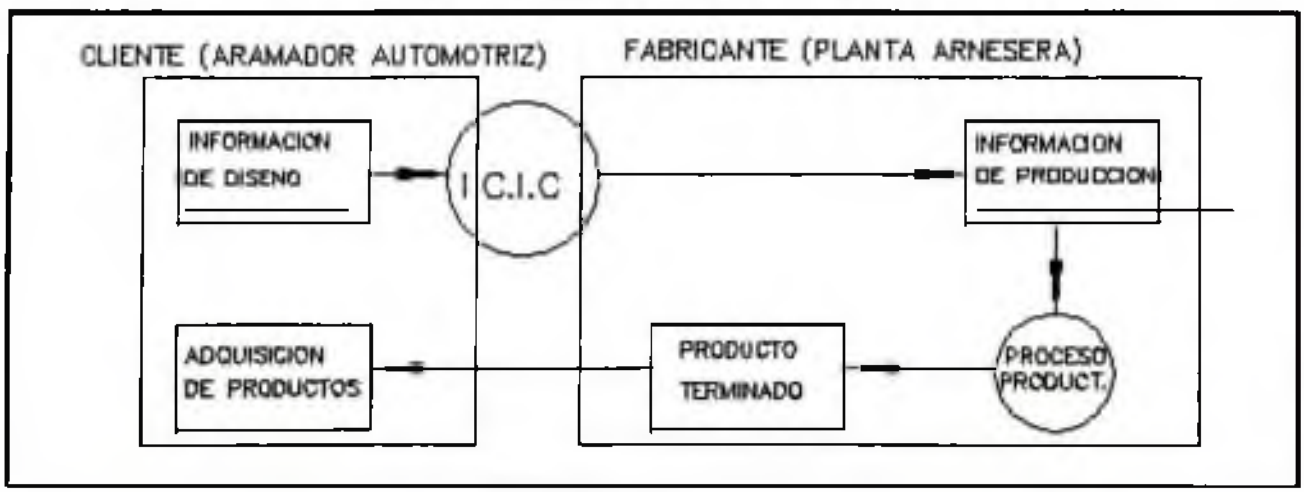


FIGURA 2–1

DIAGRAMA DEL SISTEMA I.C.I.C

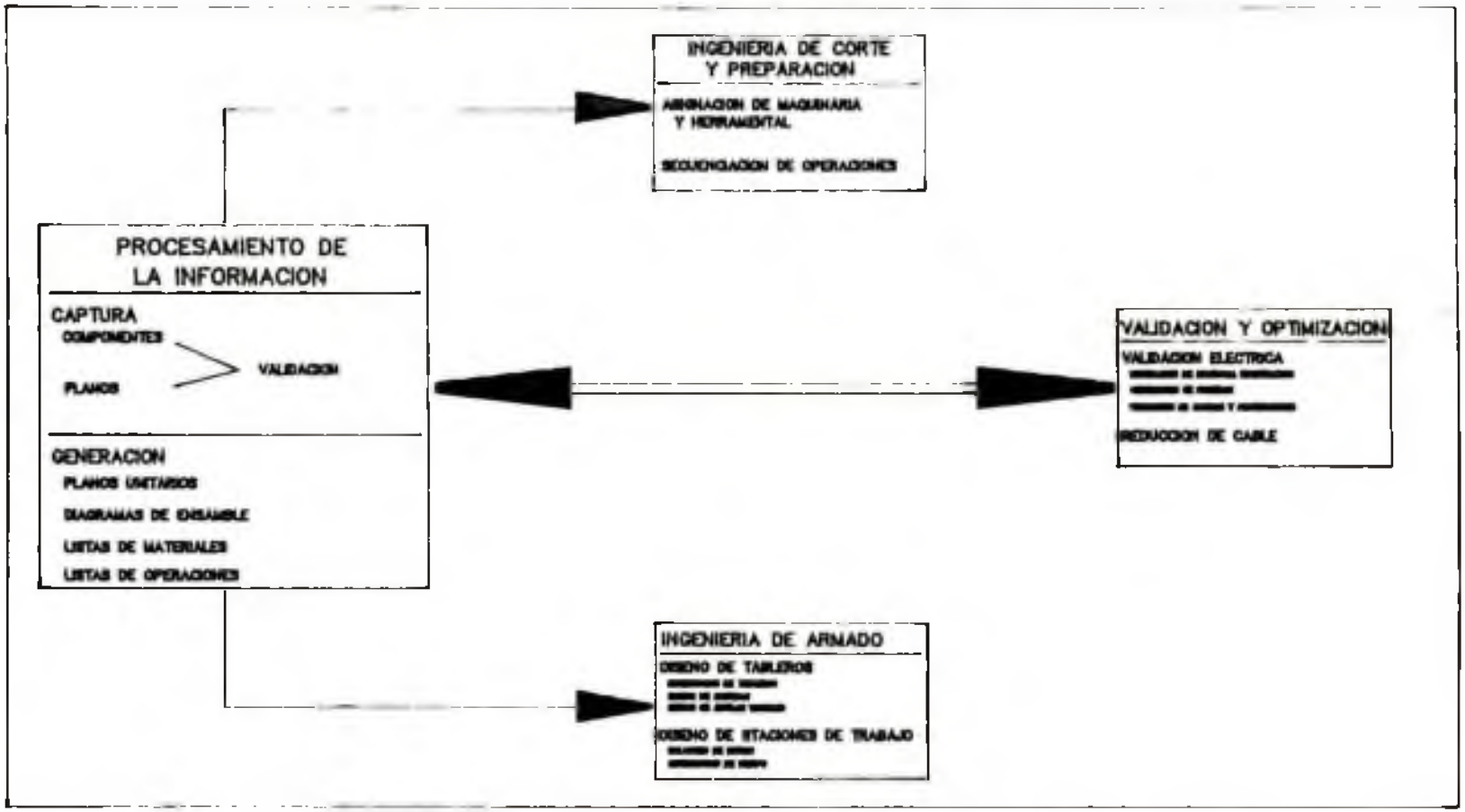


FIGURA 2–2

2.1. EL PROBLEMA DE GENERACION

A partir de la gráfica *2-2* podemos percatarnos de los módulos comprendidos en ICIC, los cuatro bloques principales corresponden a: Procesamiento de la información, Ingeniería de Corte y Preparación, Validación y Optimización e Ingeniería de Armado.

Es importante resaltar aquí el hecho de que en términos estrictos, el diagrama presentado no aplica directamente al enfoque actual del sistema ICIC; esto se debe a que los diagrams de ensamble son capturados mas no generados automáticamente (*vid. fig. 2-3*) Esta modificación del esquema original se explica por la necesidad de las arneseras de contar con una herramienta de ingeniería independientemente de la integración de diseño con el cliente, lo cual no depende de nosostros.

Amén de lo indicado en el párrafo anterior, debemos aclarar que el diseño e implantación en cada una de las etapas que integran ICIC requiere tareas de programación de mucha elaboración. En lo que respecta al presente trabajo de tesis, nos avocamos a la parte correspondiente al Procesamiento de Información y en particular al módulo de Generación, del cual nos ocupamos a continuación.

Generar significa para nosotros obtener o transformar información en un contexto específico, por lo cual se puede generar : uno o más Planos Unitarios (PU) de arnés a partir de

un Plano Carta (PC) también se puede obtener una lista de materiales (identada o resumida) a partir de los diagramas de ensamble de un PU[3].

En virtud de lo anterior si se nos presenta un PC debemos estar en posibilidad de leer, interpretar y manipular convenientemente su información de tal modo que a la postre obtengamos los PU allí contenidos. De manera similar, cada vez que se desee representar un arnés en función de los elementos que lo integran, debemos organizar convenientemente los diagramas de ensamble representativos del arnés en cuestión y posteriormente generar archivos de texto en los que se incluya la lista de materiales del producto a manufacturar. Una visión más o menos detallada del problema de generación se obtiene a partir de la figura *2-3*[4].

2.2. DESCRIPCION DE UN ARNES

Un arnés se puede definir como el sistema de cableado eléctrico de un vehículo automotriz o de cualquier aparato electromecánico. En él se distingue una gran variedad y cantidad

---

[3] Más adelante dedicamos espacio al concepto de Plano Unitario y de Plano Carta. *vid. secc. 2.3, 2.4.*

[4] Una situación ideal es aquella que permite obtener automáticamente los diagramas de ensamble de manera directa de un PU. Esta situación no está contemplada en ICIC, por lo que la representación de un arnés en sus constitutivos siempre implica un análisis previo por parte del usuario.

MODULOS "SEPACA"

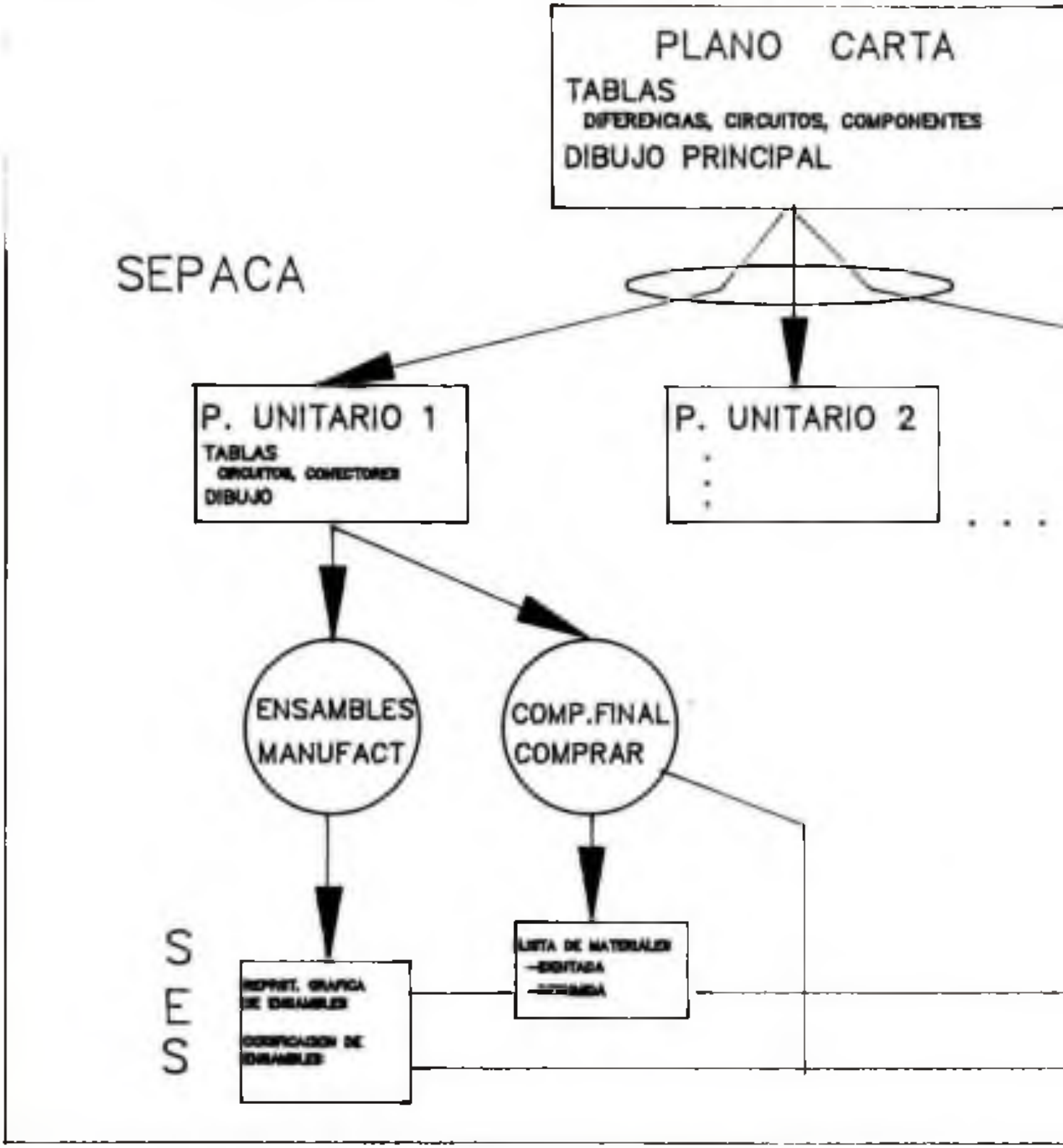
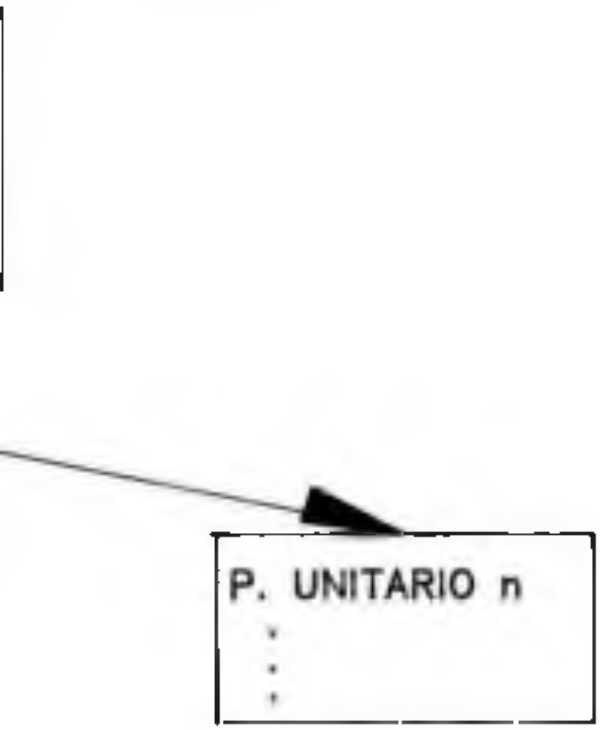


FIGURA 2-3

Y "SES"



SISTEMA MM-3000

LISTAS DE OPERACIONES

de constitutivos, es decir de ensambles y componentes que pueden ser agrupados en familias de elementos tales como: circuitos, terminales, conectores, molduras, tubos, cintas, splices o grapas. A partir de esos grupos de elementos, podemos establecer distintas pautas o criterios de descripción de arnés :

a. APARIENCIA FISICA

De acuerdo a este primer criterio, un arnés se puede describir como un sistema de cableado que consta de un **cuerpo principal**, del que se desprenden varios **ramales** que contienen otros tramos de distintos circuitos. Estos **circuitos** a su vez están conectados en sus extremos con **splices** o **terminales**, las cuales pueden unirse con **conectores** u otros elementos individuales.

b. CONEXIONES ELECTRICAS

Desde este punto de vista, la descripción de un arnés corresponde al conjunto de circuitos que por medio de terminales y conectores pueden estar **unidos eléctricamente** a otro conjunto de circuitos y componentes eléctricos.

c. ESTRUCTURA DE MANUFACTURA

Este enfoque hace énfasis en el **orden jerárquico** que integra el producto manufacturado. De esta manera un arnés se concibe como la conjunción de varios ensambles que pueden estar conformados a partir de subensambles, cada subensamble por componentes individuales, y asi sucesivamente hasta llegar a la materia prima con que se fabricaron las partes más elementales.

d. PARTES QUE LO COMPONEN

Finalmente nos referimos al criterio que atiende la relación de elementos físicos que componen un arnés, enlistando exhaustivamente cada uno de ellos. La lista que se muestra al inicio del capítulo 3 hace referencia a los grupos de elementos de arnés más utilizados, así como al identificador que se le ha asignado para propósitos de una representación compacta.

De acuerdo a los cuatro criterios antes descritos, los señalados en los incisos *c* y *d* son los que conjuntamente satisfacen en mayor medida nuestros propósitos de descripción y análisis de arnés, pues en principio nos interesa conocer todas y cada una de las partes integrantes de éste, pero también nos interesa determinar cuál es la relación jerárquica existente entre ellos.

Es importante señalar que para efectos de representación de arnés, no sólo se tomarán en cuenta los componentes físicos o tangibles de éste, sino que también existe la necesidad de hacer referencia a elementos intangibles. Por ejemplo, existen "entidades abstractas" tales como: intersecciones, intersecciones de diferencia, tramos, etc. que no son importantes bajo ningún criterio de descripción antes señalados, pero sí lo son para efectos de lectura, interpretación y representación del dibujo de arnés. Los principales elementos intangibles también son enumerados en el cap. 3.

2.3. USO DE PLANOS CARTA DE ARNES

Un Plano Carta se puede definir como el conjunto de diseños correspondientes a una "familia de productos" que desde el punto de vista gráfico, están representados por un solo dibujo, en el

que existen indicadores (marcas) con las que se puede reconocer la pertenencia o no-pertenencia de elementos de arnés para una instancia de arnés.

Sin el ánimo de recurrir a situaciones pragmáticas, la utilización de los PC se puede explicar de una manera más o menos clara mediante el siguiente ejemplo. Suponga que a partir del diseño del sistema eléctrico de un vehículo se pueden obtener distintas versiones del mismo, p.ej., estándar, austero y deportivo; en donde la diferencia entre cada versión radica en la posibilidad de incluir, de excluir o inclusive de alterar uno o más constitutivos del sistema eléctrico de ese vehículo. De este modo, dependiendo del caso, la versión estándar no contará con elevadores eléctricos, el auto deportivo estará equipado con faros especiales y la versión austera no contará con ninguno de esos aditamentos.

Atendiendo el ejemplo anterior y considerando que desde el punto de vista de diseño, dos objetos son distintos si al menos existe una diferencia funcional o estructural entre los componentes de esos objetos, entonces se puede establecer *a priori* que para cada versión se requiere elaborar el dibujo (diseño) correspondiente a cada versión. Sin embargo, la tarea de redibujar partes de diseños similares se puede -debe- evitar mediante el uso de Planos Carta, en los que se representan diseños de una familia de arneses (versiones), indicando las diferencias existentes entre cada versión. A la representación conjunta de planos de arnés correspondientes a distintas versiones de un mismo modelo (clase) es a lo que se denomina Plano Carta.

La representación de un PC está organizada en cuatro partes o grupos de información, a saber: tabla de circuitos, tabla de conectores, dibujos y partes gráficas y tabla de diferencias *(fig. 3.1)*.

a) TABLA DE CIRCUITOS

Esta corresponde a la lista exhaustiva de los circuitos comprendidos en un arnés particular. De hecho, esta tabla es una estructura de datos conformada por seis elementos *(cap. 3)*

b) TABLA DE CONECTORES

La utilidad de esta tabla, al igual que la anterior, radica en la necesidad de indicar explícitamente la cantidad y localización en el dibujo de cada uno de los conectores del arnés.

c) DIBUJOS Y PARTES GRAFICAS

En esta parte se presenta un bosquejo gráfico del arnés propiamente dicho, este dibujo se elabora sin escala puesto que la representación prevaleciente obedece sobretodo a criterios estructurales y funcionales.

d) TABLA DE DIFERENCIAS (TD)

Esta tabla existe en los Planos Carta, mas no en los Planos Unitarios, su utilidad radica en la necesidad de establecer relaciones de pertenencia entre los conectores y circuitos de un PC (clase) *vs.* cada PU (versión) contenido en el primero.

Ahora bien, retomando el esquema del ciclo de producción, la interacción cliente-fabricante ha estado enmarcada en la entrega de planos del cliente al fabricante, originando así un ciclo de verificación, caracterizado por una permanente evaluación y revisión de diseño, cuyo punto de convergencia se alcanza en el momento en que se "acepta el diseño en cuestión".

En el contexto de ICIC, la estrategia adoptada es la de "sistematizar la captura de planos" de tal modo que exista la facilidad de capturar y representar los diseños de arnés en un formato específico con el que a la postre, se puedan efectuar revisiones, modificaciones y reproducciones de dibujo de una manera automática[5].

En este punto se distingue el primer eslabón mediante el cual, ICIC intercomunica al cliente y al fabricante. A través del módulo de captura se pretende evitar que el cliente dibuje a su arbitrio los planos que posteriormente deben ser interpretados y analizados por el fabricante. Si el cliente "captura" sus planos con los ad hoc siempre se obtendrá una representación uniforme de diseños; empero, a partir de ese momento surge la necesidad de contar con algún mecanismo que le permita al fabricante descifrar las representaciones obtenidas en la captura y aprovechar las facilidades de uniformidad inherentes a los diseños de arneses.

---

[5] Esta "sistematización" corresponde al módulo Captura, el cual ha sido desarrollado por Jorge Gonzalez R [1989] El hecho de hagamos referencia a éste, obedece principalmente a que constituye el punto de partida del módulo Generación.

2.4. SEPARACION DE PLANOS UNITARIOS DE ARNES

La utilización de planos carta es bastante útil y práctica, dado que, por un lado nos libera la tarea de construir bosquejos *cuasi* idénticos, amén de obtener una representación más compacta. Sin embargo, durante las etapas subsecuentes a la captura de plano, es indispensable que los diseños estén representados de manera individual y no conjunta, es decir, para la manufactura de arneses se necesita contar con diseños correspondientes a versiones mas no a clases de productos.

Actualmente, el procedimiento que se sigue para separar los PU es un tanto anticuado e inclusive poco confiable: se reproduce un PC por algún método de copiado y a partir de estas reproducciones se procede a eliminar manualmente los elementos de diferencia indicados en la Tabla de Diferencias del PC. Este proceso de eliminación de componentes "excluibles" continúa hasta lograr una inspección exhaustiva del PC, y se debe repetir tantas veces como Planos Unitarios existan en el Plano Carta.

Por lo anterior podemos percatarnos de lo tedioso, lento y propenso a errores de ese procedimiento. Tedioso desde el momento en que se debe llevar a cabo una inspección visual y exhaustiva tanto del dibujo como de las tablas del PC, lento porque la tarea se efectúa sobre "sábanas" de papel difíciles de maniobrar; y finalmente, propenso a errores por las dos razones anteriores. Aunado a esto, existe frecuentemente la necesidad de someter los PU a dobles revisiones.

Para soslayar estos inconvenientes, y aprovechando las facilidades que nos proporciona la captura de planos, se debe diseñar e implantar un sistema de separación de PU que sea eficaz, pero además que represente una situación de mayor eficiencia. La eficacia se debe reflejar en la posibilidad de generar correctamente tantos PU como necesitemos, mientras que la mayor eficiencia se debe evidenciar en el presumiblemente menor tiempo necesario para obtener éstos.

Este es precisamente el primer objetivo al que deseamos llegar mediante el desarrollo del presente trabajo, para ello hemos dedicado el espacio del capítulo 3 de este documento, en donde nos ocupamos de las características del módulo de Separación de Planos Unitarios (SEPACA).

2.5. REPRESENTACION DE UN ARNES MEDIANTE SUS DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Tomando en cuenta los métodos de manufactura utilizados en la elaboración de un arnés[6], se necesita integrar los productos intermedios (ensambles, subensambles y componentes de línea final) que previamente tuvieron que ser conformados en distintas estaciones de trabajo. Asimismo, para la obtención de ensambles y partes intermedias se requiere de una representación esquemática que nos proporcione una idea clara tanto de los elementos que componen dicho ensamble como de la forma en que sus componentes se relacionan para conformar "un todo único,

---

[6] Carlos Zozaya G. [1989] presenta una descripción detallada del proceso de manufactura de arneses.

indivisible y diferenciable". Así, sin perder de vista el principio sinergético que reza "el todo es más que sus partes", podemos representar un arnés a partir de cada uno de los componentes que lo integran. Para conseguir esto, utilizamos el criterio de descripción de arnés que toma en cuenta su estructura de manufactura (*sec.* 2.2).

Actualmente los diagramas de ensamble son dibujados a mano alzada y agrupados de acuerdo a las características de cada componente. A cada arnés, dependiendo de su complejidad estructural, le corresponde una cantidad variable de ensambles y subensambles; esto significa que la representación de arnés a partir de sus constitutivos, implica dibujar todos y cada uno de sus componentes manufacturables. Pero frecuentemente no sólo es suficiente dibujar dichos componentes, sino que también habrá necesidad de modificar continuamente esos diagramas, a partir de los inevitables cambios originados por: corrección de errores de diseño, modificaciones sobre diseños existentes o inclusive por la aparición de nuevos diseños.

La representación de un arnés en función de sus constitutivos nos hace pensar en una situación similar a la descrita en la representación de los Planos Unitarios intrínsecos a un Plano Carta, la similitud se da tal vez en el sentido de obtener varias representaciones gráficas a partir de un solo diseño. Sin embargo existe una diferencia substancial, ésta consiste en que lejos de desintegrar la representación de una familia de diseños (PC) en sus versiones correspondientes (PU's), aquí se pretende representar un objeto -arnés- por medio de sus componentes -ensambles.

Con la implantación de un Sistema de Edición de Subensambles (SES) se estará en la posibilidad de crear bibliotecas de iconos asociados a cada uno de los diagramas de ensamble y subensamble existentes. Estos podrán ser manipulados de tal forma que consigamos representar un arnés en términos de sus diagramas de ensamble y posteriormente podamos generar las listas de materiales inherentes a los arneses.

En lo que a nuestro trabajo concierne, debemos señalar que tanto el diseño como la programación de este módulo constituyen el segundo objetivo de la presente tesis, para lo cual retomamos este tema en el capítulo 4.

Finalmente es importante mencionar algunos temas de investigación relacionados con nuestro sistema. Un trabajo importante es el desarrollado por Carlos Zozaya[7], quien ha elaborado un programa destinado a proporcionar ayudas en el proceso de elaboración de planes de producción. En efecto, **HARNESS PLANEX** (HPX) es un sistema experto diseñado para generar Hojas de Proceso, en éstas se indican "las actividades y materiales requeridos para fabricar el producto, las secuencia para procesar dichas actividades y los tipos de máquina y mano de obra involocrados en el proceso de producción"[8]. Sin embargo, debemos aclarar que la información que se proporciona como entrada de este sistema está representada en forma de tablas y no de dibujos que es el caso del que nos ocupamos aquí.

---

[7] Carlos Zozaya G. *ibidem.*

[8] *Ibidem.*

No obstante lo anterior, aún cuando HPX no maneja entidades gráficas, satisface las necesidades de transformar información. Por tanto, su principal aplicación en el sistema ICIC se puede ubicar en la elaboración de programas de producción.

Otros trabajos relacionados con el nuestro son: CAPTURA DE ARNESES[9] e INGENIERIA DE ARNESES[10]. En el contexto del sistema ICIC *(fig. 2-2)*, ambos se pueden contemplar conjuntamente como la etapa previa al módulo de GENERACION, que constituye nuestro objeto de estudio.

2.6. HERRAMIENTAS DE DISEÑO UTILIZADAS

Antes de pasar al siguiente capítulo, conviene dedicar atención a las herramientas de diseño utilizdas por ICIC. La representación de los elementos gráficos que nos interesa representar y manipular se obtienen con en el programa **AUTOCAD™**, un paquete gráfico de diseño que cuenta con varias ayudas para la edición de dibujos. Así, en el contexto del presente trabajo, cada vez que hagamos referencia a un dibujo y en general a un archivo con extensión ".DWG" estaremos hablando de dibujos creados con Autocad. De manera similar, el lenguaje utilizado para la codificación de los programas destinados a crear, modificar y manipular los archivos de dibujo, p.ej., SEPACA y SES es **AUTOLISP™**, una implantación del lenguaje **LISP** que cuenta con

---

9 Jorge Gonzalez R., [1989]

10 José Martinez, [1990]

facilidades para el manejo de entidades gráficas. No obstante lo anterior, algunos de los programas que integran ICIC, p.ej. GDOS, han sido codificados en lenguaje C.

Todos los diseños creados con Autocad se representan internamente mediante un formato que es reconocible por este programa de dibujo; de modo tal que cuando se requiera modificar alguna(s) de las entidades de diseño, el usuario lo puede hacer interactivamente sobre el dibujo en cuestión, pero dada la facilidad de accesar la base de datos intrínseca a los archivos "*.DWG", se cuenta con la alternativa de cambiar, por medio de programas de Autolisp, la información correspondiente a los registros que definen un diseño particular. Obviamente la adopción de la situación alterna requiere un estudio previo de la organización de los registros que conforman la base de datos generada con los dibujos de Autocad.

Cada entidad creada en Autocad está representada por varios registros, en donde cada uno de éstos está conformado por un grupo consecutivo de listas asociativas. La primera lista de cada grupo indica el inicio de definición de una entidad especifica, los registros que aparecen a continuación representan definiciones asociadas a esa entidad y finalmente el último registro del grupo indica el fin de definición de la entidad en cuestión.

Al hablar de lista asociativa, nos referimos al formato de datos utilizado en Lisp en el que los elementos de una lista son a su vez sub-listas o listas de menor jerarquía. Cada sublista tiene como primer elemento un identificador o nombre de variable y como elementos subsecuentes valores asociados a ésta.

Atendiendo al formato de representación de entidades arriba anotado, a continuación se muestra un grupo de listas correspondientes a una sola entidad, que en este caso es una línea que convencionalmente está referida a un circuito de arnés -los valores asociados a las variables son arbitrarios.

```
((-1 . <Entity name: 60000124>) (0 . "LINE") (2 . "C1") (8 . "0")
(10 2.5000 00 6000000) (11 6.000000 6.000000))

((-1 . <Entity name: 60000078>) (0 . "ATTRIB") (8 . "1") (10 2.00
0000 5.000000) (40 . 0.500000) (1 . "CIRCUITO_1")  (2 . "NOMBRE")
(70 . 9) (73 . 0) (11 0.000000 0.000000))

((-1 . <Entity name: 60000014>) (0 . "ATTRIB") (8 . "1") (62 . 4)
(10 3.000000 5.000000) (40 . 0.500000) (1 . 30) (2 . "LONGITUD")
(70 . 8))

((-1 . <Entity name: 60000BD8>) (0 . "SEQEND") (8 . "0") (-2 . <E
ntity name : 60000124>))
```

Para este caso, la representación de una linea que tiene como propiedades adicionales: nombre y longitud se requiere de cuatro listas asociativas. Cada identificador es un número que se conoce como código de grupo, por lo que, al **-1** se asocia el índice exclusivo que Autocad ha asignado a esa entidad; por otro lado, el **8** determina la capa o *layer* en el que se encuentra la entidad, mientras que los identificadores **10** y **11** se refieren respectivamente a las coordenadas de los puntos inicial y final de la línea.

En otras palabras, a partir de la información presentada en ese grupo de listas, podemos decir que se ha definido una entidad cuyo tipo es **LINE**. Tan pronto como ésta ha sido creada se le ha asignado un código (iedentificador de entidad) único y distinguible

en la base de datos; podemos decir también que la entidad en cuestión está representada en una capa "0" (8 . "0") y cuyos puntos de inicio y culminación, dentro de un sistema cartesiano de coordenadas, están dados por las valores asociados a los identificadores 10 y 11.

Además, en esta entidad se han definido dos propiedades (podemos definir tantas propiedades como necesitemos) denominadas **ATTRIB**, que en este caso particular corresponden a **NOMBRE** y **LONGITUD**; éstas pueden ser definidas en una capa que no necesariamente debe ser similar a la que define la entidad LINE, p.ej. (8 . "1")

Finalmente, existe una lista que hace las veces de delimitador de registro. Esto es, una lista que indica la culminación de definición de entidad; de allí podemos establecer que la lista que define el elemento **SEQEND**, representa una marca de fin de registro, o en otras palabras que las listas asociativas que aparecen a continuación de ésta corresponden a definiciones de otra entidad.

Los elementos de las listas asociativas varían, dependiendo de la entidad o propiedad que representan, sin embargo su formato es general. Es necesario señalar también que algunas listas aparentemente presentan como segundo miembro un punto, este es un formato de Lisp llamado par punteado -*dotted pair*- en donde el punto es sólo un indicador y no un miembro de la lista[11].

---

[11] En los manuales de programación y de usuario de Autocad, se muestra una descripción exhaustiva de representación de registros asociados a los dibujos así como de las listas asociativas utilizadas de los mismos.

3. SEPARACION AUTOMATICA DE PLANOS UNITARIOS

Los Planos Carta previamente obtenidos con el programa de captura se representan internamente mediante estructuras de datos que permiten una relativamente fácil manipulación de las entidades de diferencia inherentes a dicho PC. Por tanto, la separación automática de Planos Individuales debe efectuarse sobre una interpretación de las listas asociativas contenidas en la Tabla de Diferencias del plano particular y asumiendo la existencia de los siguientes componentes como constitutivos de un arnés.

X	CIRCUITO
T	TERMINAL
O	CONECTOR (en dibujo)
M	CONECTOR (en tabla)
S	SPLICE O GRAPA DE EMPALME
N	CINTA
U	TUBO
M	MOLDURA
P	CLIP
G	GROMMET

de manera similar los componentes intangibles, aludidos en el capítulo anterior, están conformados por los siguientes elementos:

R	TRAMO DE ARNES,
I	INTERSECCION FIJA,
L	INTERSECCION ALTERNA,
A	ARNES UNITARIO,
D	DIFERENCIA DE COMPONENTE,
C	DIFERENCIA DE CIRCUITO.

Cualesquiera de los elementos antes anotados puede estar asociado o relacionado con otro componente de arnés de acuerdo a criterios de conectividad predefinidos; mediante éstos podemos conjuntar (asociar) dos o más constitutivos para obtener componentes intermedios, pudiendo continuar de esta manera, hasta alcanzar una representación intrínseca a un Plano de arnés. Las relaciones (R) válidas bajo las que se puede conformar una representación de arnés a partir de sus componentes es la que se muestran enseguida :

0	DATOS,
1	CONECTADO,
2	BAJO,
3	SOBRE,
4	LONGITUD,
5	DISTANCIA RELATIVA,
6	REFERENCIA A DISTANCIA RELATIVA,
7	INTERSECCION ASOCIADA,
8	INTERSECCION ASOCIADORA,
9	ASOCIADO A,
10	ASOCIADO POR,
11	CIRCUITOS ASOCIADOS A
12	CIRCUITOS ASOCIADOS POR.

Tomando en cuenta los constitutivos antes anotados y las relaciones de asociación existentes entre ellos, podemos construir la siguiente tabla de conectividad, en la que se incluyen los principales constitutivos de arnés y las relaciones más utilizadas; cada elemento de la tabla e_{ij} establece la relación mediante la que el i-ésimo componente está relacionado con el j-ésimo componente de un arnés. Por ejemplo: el elemento CIRCUITO (X) contiene *datos* (0) de si mismo, puede estar *conectado_a* (1) los elementos CONECTOR (O), SPLICE (S) o MOLDURA (M), puede también estar *bajo* (2) CINTA o TUBO y finalmente puede estar *asociado_a* (9) a un TRAMO (T) específico del arnés.

ELEMENTOS DE ARNES Y RELACIONES DE CONECTIVIDAD

	X	T	O	S	N	U	M	P	R	I
X	0	9	1	1	2	2	1		9	
T	10	0	1	1			1			
O	1	1	0							9
S	1			0			2			9
N	3				0				3	
U	3					0		9	3	
M	1	1		3			0			9
P						10		0	3	
R	10				2	2			0	
I			10	10			10			0

3.1. INTERPRETACION DE TABLAS DE DIFERENCIA

En la figura *3.1.* se presenta un esquema de un PC en donde se observa tanto el dibujo del plano, como las tablas descriptivas del mismo. Conforme continuemos en el prsente capítulo nos detendremos a analizar cada una de esas tablas, por ahora describimos la información contenida en una Tabla de Diferencias.

El primer paso para obtener los Planos Unitarios contenidos en un PC consiste en interpretar la relación de pertenencia entre cada uno de los primeros respecto al Plano Carta en cuestión. Podemos decir entonces, que en esta etapa no sólo nos interesa identificar el número de parte (etiqueta) de cada Plano Unitario sino que también, debemos determinar las relaciones de pertenencia preestablecidas para cada componente de diferencia.

La Tabla de Diferencias es de hecho, una lista asociativa conformada por los siguientes elementos :

NUM_PARTE (arnés)
NOM_PARTE
MATERIAL
DIFERENCIAS
CIRC_NO_USO

ESQUEMA DE PLANO CARTA DE ARNES

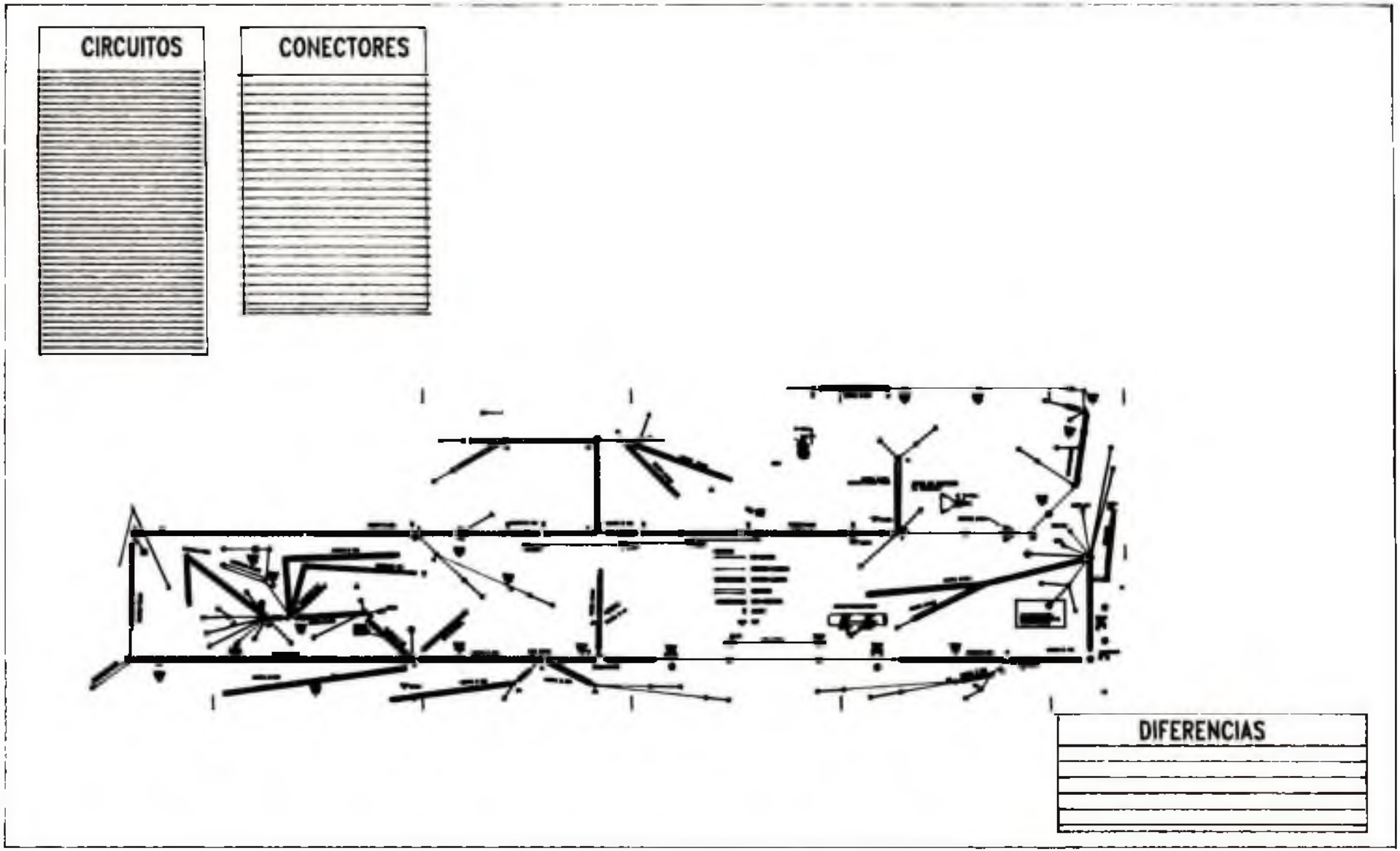


FIGURA 3.1.

TABLA DE DIFERENCIAS EN PLANO CARTA

542 480 455 320 316 281 242 120 118 55	5 3 2 1	ASSY		HARN ENG ROOM (EXP'N A/T LUJO)	24012 YO2G8
480 320 316 242 55	5 4 3 2 1	ASSY		HARN ENG ROOM DOM A/T LUJO/ S LUJO	24012 YO2G7
480 455 316 120 55	5 1	ASSY		HARN ENG ROOM (EXP'N A/T TIPICO)	24012 YO2G6
542 480 118 55	4 2 1	ASSY		HARN ENG ROOM (DOM A/T TIPICO)	24012 YO2G5
320 216 242 120 118	3 2	ASSY		HARN ENG ROOM (EXP'N M/T LUJO)	24012 YO2G4
316 242 228 55	6 4 3 2	ASSY		HARN ENG ROOM DOM M/T LUJO/ S LUJO	24012 YO2G3
542 455 316 281 118	6	ASSY		HARN ENG ROOM (EXP'N M/T TIPICO)	24012 YO2G2
320 281 120 118 55	4 2	ASSY		HARN ENG ROOM (DOM M/T TIPICO)	24012 YO2G1
455 316 242 120	4	ASSY		HARN ENG ROOM (DOM M/T AUSTERO)	24012 YO2G0

FIGURA 3-2

la *fig. 3-2*, proporciona la organización de una TD. La información aquí contenida se guarda en una entidad[1] (bloque u objeto) denominado *global*, a la que está asociado un atributo: *descripción*, representado de acuerdo a una lista de la siguiente forma:

$$
\begin{array}{l}
(\ (v_1 \ \ c_1 \ \ (d_{11} \ \ d_{12} \ \ . \ . \ . \ d_{1c_1})) \\
\quad (v_2 \ \ c_2 \ \ (d_{21} \ \ d_{22} \ \ . \ . \ . \ d_{2c_2})) \\
\quad . \\
\quad . \\
\quad . \\
\quad (v_n \ \ c_n \ \ (d_{n1} \ \ d_{n2} \ \ . \ . \ . \ d_{nc_n})) \ \ ) \qquad [2.1]
\end{array}
$$

en donde cada átomo simbólico denota lo siguiente:

v_i identificador de i-ésimo elemento de diferencia,
c_i cantidad de elementos de v_i ,
d_{ij} denominación de elementos de diferencia,
n número de elementos de diferencia,
$1 <= i <= n$,
$1 <= j <= c_i$

---

[1] A lo largo del presente trabajo, utilizamos el término **bloque** y **entidad** de manera indistinta.

entonces, considerando el ejemplo de Tabla de Diferencias dado en *fig. 3-2*, se tiene la siguiente lista asociativa[2]

```
(  (1 10 (C1 C2 ...C10))
   (2 5 (D1 D2 ... D5))
   (3 9 (A1 A2 ... A9))   )                                    [2.2]
```

de acuerdo a la notación dada en [2.1], así como a los identificadores de elemento anotados al inicio de este capitulo, podremos interpretar la lista [2.2] como: un Plano Carta conformado por nueve Planos Unitarios

```
( ... (3 9 (A1 A2 ... A9)) )
```

cinco conectores de diferencia

```
( ... (2 5 (D1 D2 ... D5)) ... )
```

y finalmente, diez circuitos de no-uso

```
((1 10 (C1 C2 ... C10)) ... )
```

A partir del ejemplo anterior, claramente podemos determinar la organización del PC en función de los PU que lo integran; por lo que cada vez que se desee conocer la descripción de la Tabla de Diferencias de un Plano Carta, tendremos que "navegar" en la base de datos de ese PC hasta encontrar una entidad denominada *global*, cuya descripción es inherente a la TD. A continuación se presentan tres rutinas creadas para realizar las búsquedas que necesitamos en la base de datos del PC.

---

[2] Por facilidad de notación el primer átomo de cada sublista de la lista en TD es un número que indica el tipo de elemento. Así, 1= circuito, 2= conector_diferencia, 3= plano_unitario.

```
;LEE DECRIPCION DE TD
(defun lee-var-global ( / ls)
  (setq ls (read (b-atr (b-ent "GLOBAL") "DIFERENCIAS" 1) ))
)


;BUSQUEDA ALEATOREA DE ENTIDAD DENOMINADA nom
(defun b-ent (nom / set ent)
    (setq set (ssget "X" (list (cons 2 nom)))
          ent (ssname set 0))
)


;BUSQUEDA SECUENCIAL DE ATRIBUTOS
(defun b-atr (bloc nom ele / ptr )
  (setq ptr bloc
        val nil)
 (while (null val)
   (setq ptr (entnext ptr)
         atr (cdr (assoc 2 (entget ptr))))
   (cond ((null atr)   (setq val ""))
         ((eq atr nom) (setq val (cdr (assoc ele (entget ptr)))))
         (t            nil) )
  )
)
```

Hasta aquí, sólo hemos prestado atención a la descripción de la TD, pues nada más conocemos los tipos, cantidades y denominaciones correspondientes a cada elemento de diferencia: A_i (arnés), C_i (circuito) y D_i (conector); los cuales pueden ser denotados como:

$$A = \bigcup_{i=1}^{c1} A_i$$

$$C = \bigcup_{j=1}^{c2} C_j$$

$$D = \bigcup_{k=1}^{c3} D_k$$

Sin embargo, la obtención de los PU implica determinar las relaciones de pertenencia de los elementos de diferencia C_i y de D_i respecto a cada plano unitario A_i. Por lo que debemos encontrar todas las A_i implicadas en la lista de la entidad *global*. En otros términos, para cada Plano Unitario A_i debemos tomar su decripción, la cual está dada por una lista asociativa con el siguiente formato[3]

$$(A_i \quad (R9 \ D' \ C') \ ) \qquad [2.3]$$

en donde:

A_i denota el i-ésimo Plano Unitario contenido en un Plano Carta,

R9 la relación 9 (*asociado_a*) que asocia los conectores de diferencia (D) y circuitos de no-uso (C) respecto al arnés A_i,

$D' \subseteq D$ de elementos asociados a A_i,

$C' \subseteq C$ de elementos asociados a A_i

La lista [2.3] se puede interpretar como: el plano A_i **incluye** los componentes de diferencia de D' y simultaneamente **excluye** las ocurrencias de los circuitos de no-uso de C'.

---

[3] El átomo numérico R9 que aparece como primer elemento de la sublista es un indicador que denota la relacion 9, tal como se estableció en la definición de relaciones dadas al inicio del capítulo.

La lectura e interpretación de descripciones se efectúa secuencialmente para cada PU, construyendo paulatinamente una lista de planos unitarios a la que denominamos "lista extendida de planos unitarios" (**lepu**), en donde cada elemento de ésta corresponde a la descripción de un Plano Unitario particular y su formato está dado como :

$$
\begin{array}{l}
(\ (A_1 \quad (R9 \ D'_1 \ C'_1 \ ) \ ) \\
\quad (A_2 \quad (R9 \ D'_2 \ C'_2 \ ) \ ) \\
\quad \vdots \\
\quad (A_n \quad (R9 \ D'_n \ C'_n \ ) \ ) \quad) \qquad [2.4]
\end{array}
$$

considerar que las D'_i ($1 <= i <= n$) son un subconjunto de D, de manera similar, $C'_i \subseteq C$ y $D'_i \subseteq D$.

Después de construir la lista **lepu** se cuenta con la información suficiente para efectuar las modificaciones sobre las entidades gráficas del Plano Carta y obtener así los PU's que sean necesarios.

3.2. MODIFICACION DE ENTIDADES DE PLANO CARTA

Partiendo del hecho de que, para cada A_i conocemos ahora de manera explícita, las relaciones de pertenencia de arnés **A** respecto a los componentes de diferencia de **D** y circuitos de no-uso de **C**, la obtención de cada PU, debe estar sujeta a la

ejecución de algún procedimiento iterativo al cual se le pasa como parámetro una lista de la forma **lepu**. Este procedimiento iterativo tiene como punto de convergencia la obtención de un número de planos unitarios similar al número de sublistas contenidas en **lepu**.

Es conveniente resaltar el hecho de que para obtener un dibujo de PU a partir del PC, se debe llevar a cabo un proceso de "rasurado" que consiste en analizar recursivamente cada uno de los elementos contenidos en **lepu** y que deban ser eliminados del PC. No obstante lo anterior, para la eliminación de cualquier componente de diferencia se debe contemplar la posibilidad de redefinir relaciones alternas, mientras que por otro lado, cada exclusión de circuito de no-uso, debe reflejarse tanto en la Tabla de Circuitos, como en la Tabla de Conectores del Plano Carta. Antes de continuar es necesario anotar los criterios de interpretación adoptados para descifrar el contenido implícito a las listas descriptivas de cada constitutivo de arnés.

Cada D_j se describe tanto en función del plano unitario al que está conectado como de las intersecciones en las que se le localiza. Considerando que :

$A = \bigcup_{i=1}^{p} A_i$, conjunto de arneses contenidos en el Plano Carta,

$I = \bigcup_{k=1}^{r} I_i$, conjunto de intersecciones fijas en el PC,

$L = \bigcup_{i=1}^{s} L_i$, conjunto de intersecciones alternas en el PC,

p = número de arneses en PC,
r = número de intersecciones fijas en PC,
n = número de intersecciones alternas en PC.

entonces el j-ésimo conector de diferencia en el Plano Carta, D_j, queda definido de la siguiente manera

$$(D_j \quad (R10\ A')\ (R8\ I'\ L') \quad) \qquad [2.5]$$

en donde :

$A' \subseteq A$,
$I' \subseteq I$,
$L' \subseteq L$,
$1 <= j <=$ número de conectores de diferencia en PC.

La lista anterior indica que el conector de diferencia D_j está *asociado_por* cada arnés de A' y además D_j se localiza en las intersecciones fijas contenidas en I' y en las intersecciones alternas de L'.

A partir de las listas dadas en [2.4] sabemos que el arnés A_i está *asociado_a* (R9) los conectores de diferencia de D'_i. Ahora, considerando la lista [2.5], tenemos que para cada $D_k \in D'_i$ existe un $A' \subset A$, en donde $A_i \in A'$, tal que D_k está *asociado_por* (R10) A_i. Por ejemplo, considerando

$$\begin{aligned} (&(A_1\ (R9\ (D1\ D2\ D4)...)) \\ &(A_2\ (R9\ (D1\ D3\ D5)...)) \\ &(A_3\ (R9\ (D2\ D3)...\ )) \ ) \end{aligned}$$

entonces por [2.5] se tiene que

$(D_1\ (R10\ (A_1\ A_2))\ \ldots)$
$(D_2\ (R10\ (A_1\ A_3))\ \ldots)$
$(D_3\ (R10\ (A_2\ A_3))\ \ldots)$
$(D_4\ (R10\ (A_1\ ))\ \ldots)$
$(D_5\ (R10\ (A_2\ ))\ \ldots)$

Debido a que no se puede establecer *a priori* la conectividad inherente a cada intersección del arnés, es indispensable analizar cada una de éstas. Las listas descriptivas de intersección están definidas de acuerdo al siguiente formato

$$(I_k\ \ (R9\ D_j)\ \ (R7\ L_n)\ \ ) \qquad [2.6]$$

lo que significa que en la intersección I_k (1 <= k <= número de intersecciones en PC) se relaciona, mediante R9, con el elemento D_j. Asimismo, se indica que en esa intersección fija, existe una intersección alterna (*interseccion_asociada*) L_n, por lo cual, cada vez que haya necesidad de eliminar D_j, se debe verificar si en las conecciones indicadas en L_n, existe alguna que satisface la condición de pertenencia de constitutivo del arnés A_i.

Conforme se lleva a cabo el "rasurado" sobre el dibujo del PC, la alteración de cualquier D_j conlleva a tres formas mutuamente excluyentes de modificación de componentes[4] tal como se explica a continuación (*figs. 3-3 y 3-4*)

---

[4] Estrictamente hablando, nos referimos a cuatro formas de eliminación de componentes. Empero, para facilitar la descripción asumiremos que son tres y no cuatro.

COMPONENTES DIFERENCIA EN PLANO CARTA

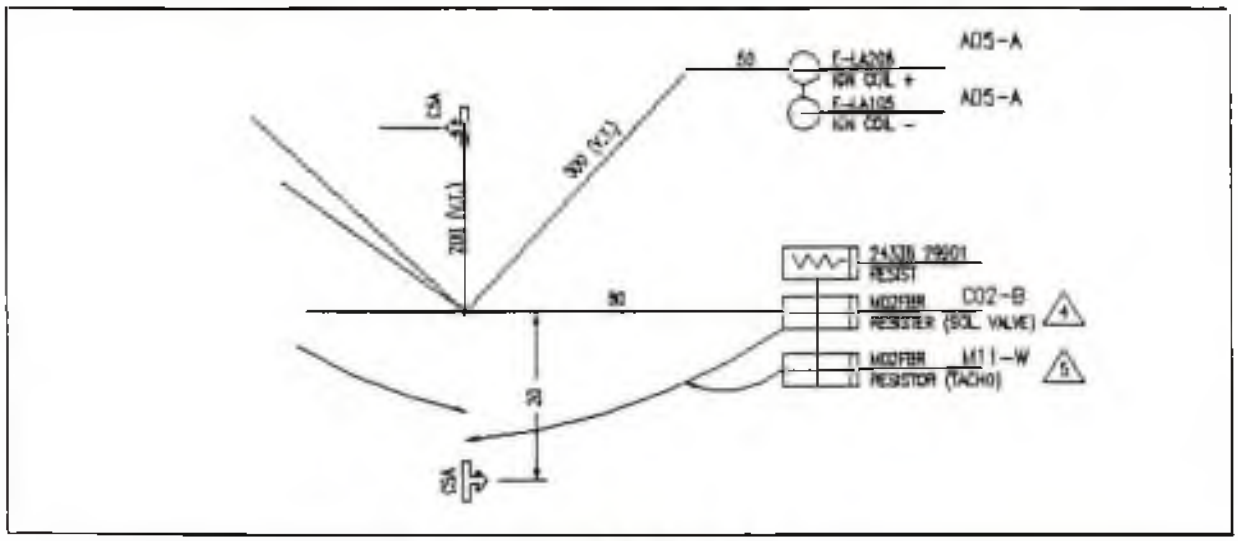


FIGURA 3.3.

RAMALES DIFERENCIA EN PLANO CARTA

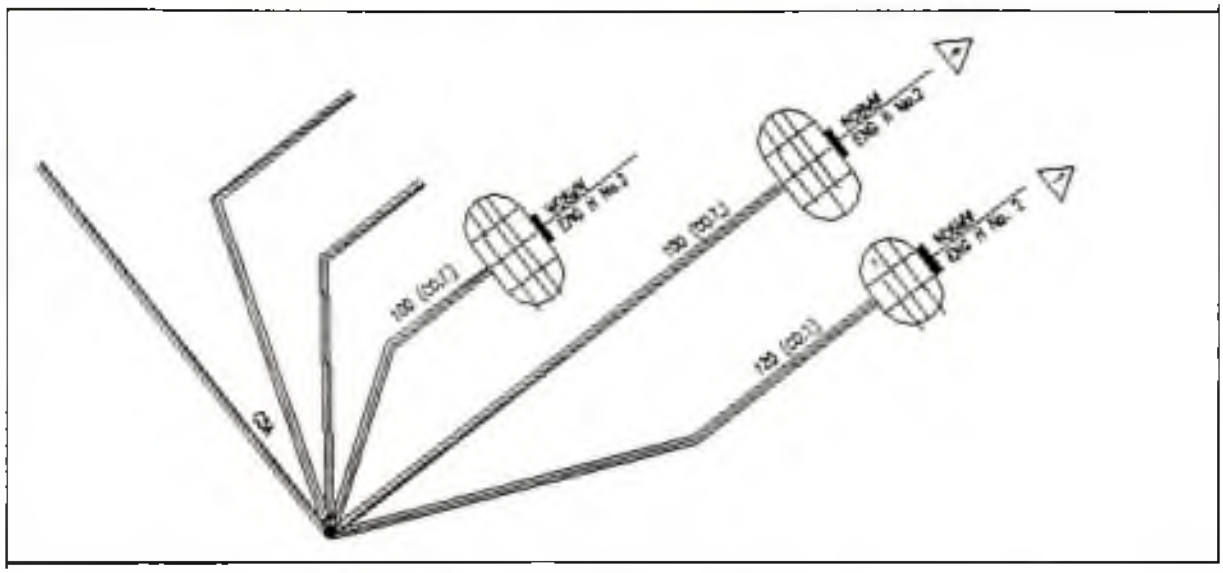


FIGURA 3.4.

1) El componente D_j que se está analizando cumple con la condición de pertenencia de arnés: $D_j \in A_i$. Esto implica que para la obtención del plano A_i, se deja inalterado el registro -conjunto de listas asociativas- que definen la entidad D_j en el Plano Carta original.

2) Si D_j no satisface la condición de pertenencia de arnés: $D_j \notin A_i$, es necesario analizar la *interseccion_asociada* al conector D_j, es decir hay que analizar la k-ésima intersección fija, I_k, verificando que en su definición, la n-ésima intersección alterna L_n (1 <= n <= número de intersecciones alternas en PC) exista como lista vacía -nil, si ésto sucede, entonces el registro correspondiente al elemento D_j es eliminado de la base de datos del Plano Carta.

3) La tercera posibilidad es un caso particular del anterior en el sentido de que $D_j \notin A_i$. La particularidad radica en que al analizar la intersección I_k se encontró un elemento L_n que está definido como una lista no-vacía, esto nos obliga a verificar la relación de pertenencia existente en cada uno de los elementos definidos en L_n, por lo que finalmente obtendremos dos situaciones mutuamente excluyentes, a saber:

a) $\forall$ D_j *asociado_a* L_n, $D_j \notin A_i$

lo que implica, eliminar todas las D_j asociadas a L_n

b) $\exists$ D_j *asociado_a* L_n , tal que $D_j \in A_i$

esta situación implica eliminar las D_j *asociado_a* L_n , tales que $D_j \notin A_i$

Finalmente, el elemento que satisface la relación de pertenencia en el arnés A_i, debe ser "relocalizado". Esto significa que si el constitutivo D_j inicialmente estaba definido en una intersección alterna L_n que será eliminada, ahora D_j debe ser "redefinido" en la intersección fija I_k.

Independientemente de las opciones que se presenten durante el proceso de *rasurado* del PC, es necesario verificar permanentemente la posibilidad de que para cada D_j existan circuitos de no-uso que satisfagan la relación *asociado_a*, en tal caso se va construyendo una lista (LEX) en la que se incluyen tanto los componentes de diferencia, como los circuitos de no-uso eliminados. Esta lista es de mucha utilidad para continuar con la siguiente etapa implícita en la obtención de Planos Unitarios, que consiste en una actualización de tablas de circuitos y de conectores.

3.3. ACTUALIZACION DE TABLAS DECRIPTIVAS

Tal como se indicó anteriormente, un Plano Carta está conformado, entre otros, por varias tablas, pero solamente en dos de éstas: Tabla de Circuitos y Tabla de Conectores, se refleja la organización de los componentes de un arnés, por lo que la obtención de los PU debe considerar la actualización de esas tablas en función de las modificaciones efectuadas sobre el dibujo del PC, omitiendo así, la información de las tablas complementarias cuyo contenido permanece inalterado en los PU's.

Considerando que cada tabla fue construida con diferentes estructuras de datos, su actualización debe estar ennmarcada en la actualización de una o más propiedades (elementos de registro) asociadas a cada lista asociativa con que se define una descriptiva. Por otro lado, La lista de elementos excluídos (LEX) obtenida durante el *rasurado* del dibujo de PC está conformada por dos sublistas que contienen por separado, descripciones relativas a los componentes C_1 y D_1, mientras que la Tabla de Conectores (TCN) está conformada por un conjunto de registros que definen individualmente los CONECTORES (CM) del arnés. Cada conector (CM_1) existente en un Plano Carta, se define de acuerdo a una estructura de datos conformada por los siguientes elementos[5]:

NUMERO	(del conector)
NUM_PARTE	(identificación)
SIMBOLO	(símbolo cliente)
CAJA	(tipo)
SEGURO	(tipo)
SOPORTE	(tipo)
CANT1	(conector)
CANT2	(seguro)
CANT3	(soporte)
TERM	(lista de terminales)
CIRC	(lista de circuitos)
CANT4	(cantidad de circuitos asociados)

Entonces la actualización de TCN se lleva a cabo modificando los elementos de la lista LEX. Debido a que el número de constitutivos (p.ej. conectores) de un PU siempre será menor o igual que el correspondiente de un PC, la actualización de TCN consiste generalmente en decrementar los valores CANT1 de cada

---

[5] Los conectores del dibujo (O_i) están definidos, entre otros atributos, con uno denominado NUMTAB, mediante el cual podemos "ligar" los O_i con los CM_i que existen en la tabla de conectores.

elemento CM de la tabla TCN que está, asociado a los D_j que se eliminan del PC. Un caso extremo se presenta cuando se tiene que actualizar la tabla de un conector cuya cantidad adquiere el valor cero (CANT1 = 0) en este caso, la actualización implica una eliminación del registro correspondiente.

El procedimiento utilizado para actualizar la Tabla de Circuitos (TC) es similar al adoptado para la TCN, excepto que para el caso de circuitos, no se actualizan cantidades, sino que de manera directa se eliminan los registros asociados a cada circuito de no-uso C_i indicado en LEX. Esto se debe a que en los registros que definen un componente de tipo circuito, no existe ningún elemento relativo a cantidad, pues de antemano se sabe un circuito específico aparece sólo una vez en el PC. Los elementos con los que se define un circuito son:

NUEMRO(del circuito)
FROM (componente)
TO (componente)
SIZE (longitud)
COLOR (tabla de colores)
NOTE (observaciones)

Finalmente es importante anotar que para cada eliminación de registros en cualesquiera de las tablas decriptivas, también es necesario una "relocalización" de los registros inmediatos posteriores, de tal forma que la representación externa de las tablas en mención no sea distorsionada.

A continuación se muestran dos rutinas utilizadas en el proceso de "rasurado" de PC, las funciones "b-ent" y "b-atr" ya fueron definidas al inicio de este capítulo[6].

```
;ELIMINA CIRCUITO Y TERMINALES ASOCIADAS AL MISMO
;arg: TERMINAL ASOCIADA A UN EXTREMO DEL CIRCUITO
(defun elimina-circuito (arg / te1 cir te2)
  (setq te1 (b-ent 2 arg)
        cir (b-ent 2 (b-pat "C" (b-atr te1 "LISTA" 1) ))
        te2 (b-ent 2 (b-pat "T" (b-atr cir "LISTA" 1) )) )
  (elimina te1)
  (elimina te2)
  (modi-tabcir cir)
)


;ELIMINA CONECTOR (O) Y MODIFICA SU CANTIDA EN TABLA (TCN)
;arg: CONECTOR (O) EXCLUIDO DE UN PU
(defun modifica-tabctor (arg / ctor cant)
    (setq ctor (b-ent 2 (strcat "CM" (b-atri arg "NUMTAB" 1) ))
          cant (read (b-atr cota "CANT1"  1)) )
    (cond ((= 1 cant) (elimina-ctor-tab ctor))
    (t    (modi-cant-ctor ctor cant) ) )
    (elimina arg)
)
```

[6] Para el caso de las funciones cuya definición no se ha presentado aquí, se sugiere revisar los listados anexados a este trabajo.

4. EDICION Y MANIPULACION DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Desde el punto de vista estructural, un arnés se concibe como un producto manufacturado de nivel 0, en donde el nivel cero indica que se trata de un producto terminado y no de un subproducto o producto intermedio. Un arnés está, conformado por la integración de n componentes de nivel 1 denotados como a_{n1}, cada uno de éstos a su vez, se obtuvo por la conjunción de n elementos de nivel 2: b_{n2} y así podemos continuar sucesivamente hasta llegar por ejemplo, a un nivel z_{nm} correspondiente a la representación de subpartes que se han obtenido a través de algún proceso de transformación de materia prima mas no de la conjunción -ensamblaje- de constitutivos de menor nivel. La figura 4.1. muestra un esquema de este tipo de representación, que por principio de cuentas resulta aplicable a la mayoria de procesos de manufactura.

De acuerdo a lo anterior, la obtención de una arnés requiere la previa consecución de subproductos, que se confeccionan en distintos espacios físicos (p.ej. estaciones de trabajo), es necesario desde el punto de vista ingenieril,establecer una representación gráfica correspondiente a cada una de esas subpartes. Es decir, se debe "desmenuzar" el plano de arnés en diagramas o reproducciones gráficas que correspondan a cada una de las partes constitutivas del arnés. Entonces, el arnés que inicialmente está representado por medio de un solo dibujo, debe ser "redibujado" en terminados de sus diagramas de ensamble.

A lo largo del presente capítulo dedicamos atención a la descripción del módulo diseñado e implantado para satisfacer esta necesidad de representación de arneses.

REPRESENTACION JERARQUICA DE ARNES

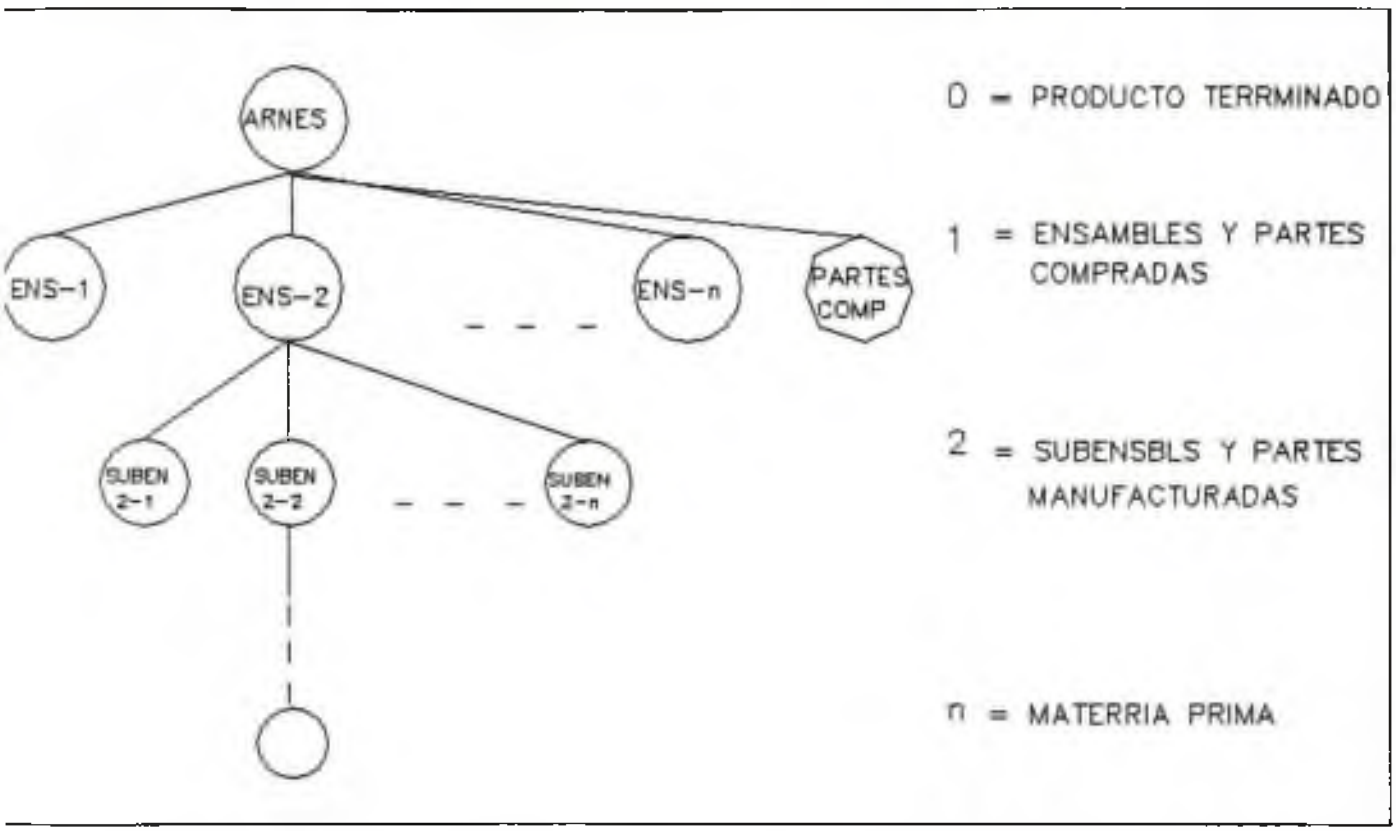


FIGURA 4-1

4.1. EDITOR DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Cada vez que se necesite representar el dibujo de un arnés en función de los ensambles que lo componen, tendremos que "editar" los diagramas correspondientes a esos ensambles, de acuerdo a las especificaciones de diseño establecidas en el plano de arnés.

En la medida en que se editen los diagramas de subensamble, el SES los almacenará de acuerdo al formato de representación de dibujos de Autocad, de este modo, se creará un archivo de dibujo (*.dwg) para cada arnés que se vaya a representar. Pero hay ocasiones en que debido a cambios de nivel de ingeniería (modificaciones o correcciones de diseño) para el mismo arnés será necesario crear más de un archivo de diagramas, dependiendo de las alteraciones de diseño debidas a las revisiones de diseño.

La utilización del editor de diagramas requiere de un punto de partida o de inicialización; para el presente caso se trata de un número de parte de arnés -único, éste es una especie de identificador de producto, mediante el cual podemos distinguir los arneses entre sí. Cada número de parte consiste en una cadena de caracteres de longitud y formato variable (establecidos por el cliente) Por lo que, los tres siguientes números de parte

1) F0ZB-14401-AA
2) 2410-X00G0 y
3) 93418865-09

corresponden a identificadores de distintos arneses y de distintos clientes. En cada uno de ellos se contiene de manera implicita información relevante a la identificación de planos, a saber : año-modelo, oficina de diseño, nivel de ingeniería, tipo de arnés, etc. En este contexto, la interpretación, por ejemplo, del primer número proporcionado debe estar sujeto a la siguiente nomenclatura

```
F O Z B - 1 4 4 0 1 - A A
| | | |   ---------   --
| | | |      |          |---- nivel de ing.
| | | |      |
| | | |      |--------------- número de parte
| | | |
| | |-------------------------- oficina (nacional/ext)
| |-------------------------- tipo (motor/principal...)
|-------------------------- modelo (1990...)
--------------------------- década (90...)
```

Tomando en cuenta que estos números de parte constituyen el único identificador de planos de arnés, y considerando también que los nombres de archivo DOS están restringidos a cadenas de ocho carácteres, es necesario utilizar un programa generador de nombres DOS (GDOS) que reciba en su entrada algún formato similar a los mostrados anteriormente y proporcione como salida un archivo de texto conteniendo : nombre DOS generado, año modelo, cliente, nivel de ingenieria, y el número de código con el que se obtuvo esos datos.

La ejecución de GDOS es completamente transparente al usuario, dado que SES activa el programa GDOS tantas veces como sea necesario, advirtiendo al usuario acerca de las posibles inconsistencias detectadas en el número de parte indicado.

El NOMBRE-DOS de arnés obtenido constituye ahora nuestro punto de referencia para crear o cargar el archivo con los diagramas de ensamble del un arnés NUMPAR. En otras palabras, mediante operaciones de apertura de archivos, se determina la existencia o inexistencia del arnés NUMPAR indicado por el usuario, el primer caso implica "cargar", el archivo de diagramas correspondiente, mientras que en el segundo, implica la "creacion" de un archivo con el NOMBRE-DOS obtenido por GDOS. El diagrama *4.2.* muestra las opciones existentes en SES, las cuales son abordadas enseguida, empero antes es preciso decribir la organización de los diagramas de ensamble.

OPCIONES EN EL SISTEMA DE EDICION DE ENSAMBLES

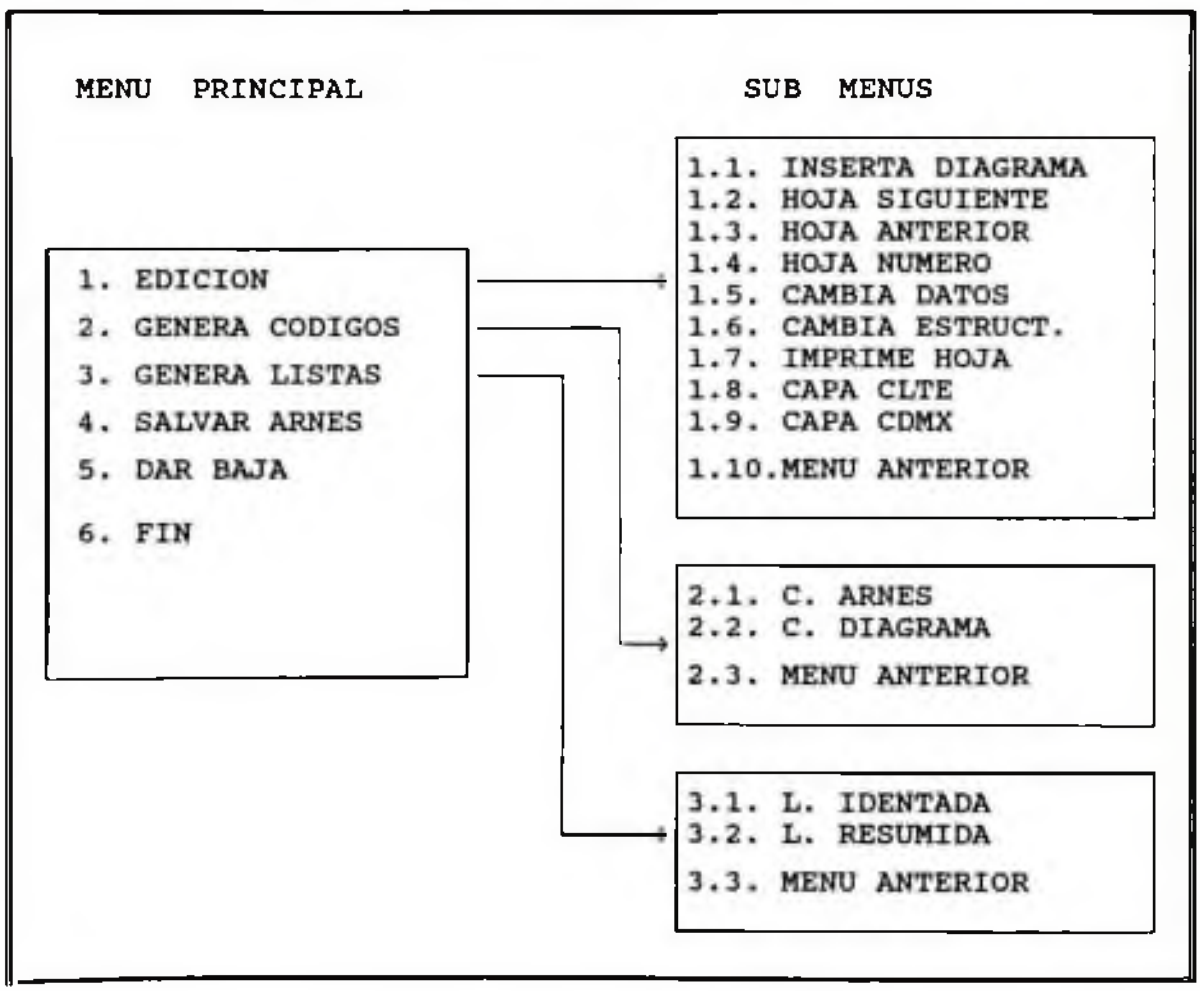


FIGURA 4.2.

Layer TRAB Ortho 0.00

Menu file name or . for none <DISENO>: ARE
Loaded menu F:\LAQUIROZ\ARE.mnx
Command:

00,0.0000

S.E.S.

EDICION

CONV COD

LIS IDEN
LIS RESU

TRANSFER

SALVAR
DAR BAJA

FIN

4.2. DESCRIPCION DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Para editar los diagramas de ensamble es necesario usar la biblioteca de iconos, creada previamente para este propósito. Cada icono se construye mediante la asociación lógica de primitivos predefinidos, p.ej.: Terminal, Circuito, Tubo, Splice, etc. *(fig. 4.3.)*, estos primitivos están dotados de un significado particular único -representación externa- y definidos -internamente- a partir de un conjunto de propiedades que están establecidas en tres capas distintas *(figs. 4.4., 4.5.)* De acuerdo a esto, las representaciones pictográficas (iconos) obtenidas con los primitivos en cuestión, se pueden conceptualizar como bloques o entidades con una representación externa única y definidas a partir de un conjunto de propiedades, agrupadas en tres *layers* diferentes, los cuales son utilizados de la siguiente manera :

a) En el primer grupo, se representa los elementos gráficos constitutivos, es decir los primitivos: terminal, splice, circuito, moldura, etc. que al estar asociados mediante alguna relación válida (predefinida) dan como resultado un icono propiamente dicho. Estas entidades existen en la capa DIAG.

b) Cada uno de los componentes con que se construye un diagrama de ensamble guarda una relación estructural respecto a los demás componentes del icono. En este segundo grupo de datos se distinguen dos atributos: PADRE e HIJOS con los que se definen relaciones jerárquicas entre los elementos de un icono. Por ejemplo, un ensamble es hijo de arnés y de manera simultánea es padre de los componentes de nivel 1 con los que se construyó ese

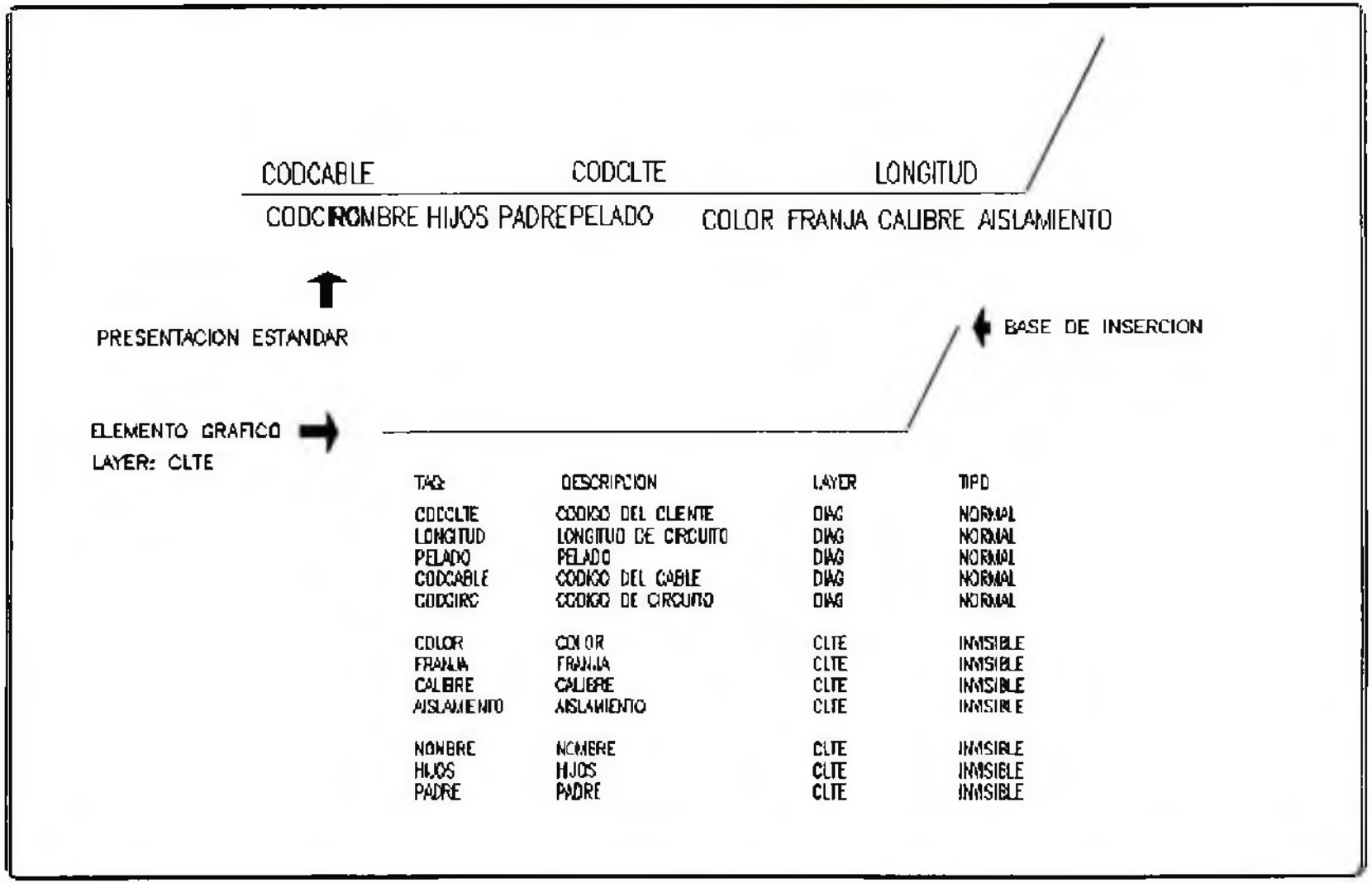
diagrama de ensamble; una terminal puede existir como elemento en la lista de hijos de un circuito, pero simultáneamente es padre de la materia prima (p.ej. estaño) con que se fabrica la terminal. Este criterio de asociación estructural de elementos es aplicable a todos los componentes de un arnés. Al igual que en el caso anterior, este grupo de datos esta definido en el *layer* DIAG.

PRINCIPALES COMPONENTES DE ARNES

REPR. GRAFICA	NOMBRE	JERARQUIA
	TERMINAL	2 / 3
	SPLICE	2
	CIRCUITO	2
	SELLO	3
	TERM-ENSAMBLE	3
	TUBO	3
	MOLDURA	2 / 3

FIGURA 4.3.

REPRESENTACION DE PRIMITIVO "CIRCUITO" Y SUS ATRIBUTOS



TAG	DESCRIPCION	LAYER	TIPO
CODCLTE	CODIGO DEL CLIENTE	DIAG	NORMAL
LONGITUD	LONGITUD DE CIRCUITO	DIAG	NORMAL
PELADO	PELADO	DIAG	NORMAL
CODCABLE	CODIGO DEL CABLE	DIAG	NORMAL
CODCIRC	CODIGO DE CIRCUITO	DIAG	NORMAL
COLOR	COLOR	CLTE	INVISIBLE
FRANJA	FRANJA	CLTE	INVISIBLE
CALIBRE	CALIBRE	CLTE	INVISIBLE
AISLAMIENTO	AISLAMIENTO	CLTE	INVISIBLE
NOMBRE	NOMBRE	CLTE	INVISIBLE
HIJOS	HIJOS	CLTE	INVISIBLE
PADRE	PADRE	CLTE	INVISIBLE

FIGURAS AUXILIARES

PRIMITIVO CIRCUITO

FIGURA 4.4.

REPRESENTACION DE PRIMITIVO "TERMINAL" Y SUS ATRIBUTOS

PRESENTACION ESTANDAR →

ELEMENTO GRAFICO →

LAYER : CLTE

BASE DE INSERCION

TAG:	DESCRIPCION	LAYER	TIPO
CODCLTE	CODIGO CLIENTE	CLTE	NORMAL
CODCDMX	CDIGO CONDUMEX	CDMX	NORMAL
NOMBRE	NOMBRE	CLTE	INVISIBLE
HIJOS	HIJOS	CLTE	INVISIBLE
PADRE	PADRE	CLTE	INVISIBLE
MAT	SIMBOLO S ▷ E	CDMX	NORMAL
MAT_CLTE	CODIGO MATERIAL CLIENTE	CLTE	INVISIBLE
MAT_CDMX	CODIGO MATERIAL CONDUMEX	CDMX	INVISIBLE

FIGURAS ALCOLARES

PRIMITIVO TERMINAL

FIGURA 4.5.

Es conveniente resaltar dos puntos importantes, primero el hecho de que cualquier subparte del arnés, independientemente del nivel en el que se encuentre, puede tener h hijos (h >= 1) pero siempre un solo padre[1], segundo, que la relación estructural debe apegarse a los criterios de asociatividad de elementos predefinidos, por ejemplo, un circuito no puede ser hijo de una terminal, puesto que de acuerdo a los procedimientos de ensamblaje ésta va ensamblada a aquél y de manera inversa.

c) El tercer grupo de datos corresponde a información "capturable", en la que se definen las características inherentes a un diagrama de un arnés específico: longitud, color, calibre, aislamiento, código, etc. y en general todos los atributos mediante los que se diferencian dos o más digramas de un mismo arnés. Los atributos con los que se define esta información varían de acuerdo a las especificaciones de diseños dadas para cada arnés, sin embargo, en cualquier caso, todas estas propiedades por así llamarlas, se representan en la capa CLTE.

d) Finalmente el cuarto grupo es relativo a la información generada, tanto a partir de los grupos de datos anteriores, como a consultas efectuadas en las bases de datos de un CATALOGO de componentes, en donde existen las descripciones de cada uno de los constitutivos de arnés. La información obtenida y representada en este *layer* es necesaria por dos razones: *a*) porque a cada circuito y/o ensamble se le debe asignar un identificador único, y *b*) porque a cada circuito, dependiendo de los elementos con los que está conectado, se le debe asignar una medida de "desforre"

---

[1] De nuevo se remite al lector a la figura 4.1. en donde se observa esta característica.

(pelado) que está en función de las terminales asociadas al mismo. Existen también propiedades adicionales inherentes a otros componentes (p.e. soldadura -> Terminal) que se deben determinar e indicar explícitamente en los diagramas de ensamble. Todos los códigos generados en este grupo de información están representados en la capa CDMX.

En las figuras presentadas en *4.4.* y *4.5.*, existen algunos datos que están definidos el uno sobre el otro, p.ej. CODCLTE y CODCDMX. Esta sobreposición de atributos es virtual, puesto que ambos atributos están definidos en capas dieferentes: CLTE y CDMX, las cuales en ningún momento estarán activadas (encendidas) de manera simultánea. De allí, que SES cuenta con un mecanismo alternante de encendido y apagado de capas, de forma tal que la aparente sobreposición de datos nunca se da, pues el hecho de activar arbitrariamente un *layer* particular y desactivar automáticamente el otro garantiza la no sobreposición de datos.

Por otro lado, se debe mencionar que en la medida en que se editen los diagramas se verificará la necesidad de crear hojas adicionales -creación de *layers*, hasta agotar los diagramas de ensamble que conforman un arnés. De esta forma, la representación de un arnés en función de sus diagramas de ensamble conlleva a una representación esquemática similar a la mostrada en la tabla 4.1.

Observando los distintos niveles jarárquicos obtenidos, las representaciones iconográficas son las de mayor importancia para SES, esto se puede argumentar con las siguientes dos razones: *a*) la edición de diagrams de ensamble se lleva a cabo haciendo uso de iconos y *b*) SES está diseñado para manipular estos iconos como objetos individuales, mas no existe la posibilidad de manipular componentes separadamente.

1	ARNES	*(3h layers)*
	↓	
h	hojas	*(3 layers)*
	↓	
i	íconos	*(3 layers)*
	↓	
c	constitutivos	*(3 layers)*
	↓	
d	dibujos intermedios	*(3 layers)*
	↓	
p	primitivos de dibujo	*(1 layer)*

TABLA 4.1.

En términos sucintos, podemos establecer que para cada plano de arnés se crea un archivo de dibujo en el que se guardan los diagramas asociados a un arnés. Esto es, dado un arnés, existen nd diagramas correspondientes al número de subpartes ensamblables del arnés. Dependiendo de la configuración de los iconos utilizados, los nd diagramas son representados en nh hojas, por lo que, el número de capas necesario para representar un arnés es

$$nc = 3(nh)$$
$$nh = f(\gamma d, nd)$$

en donde

nc = número de capas en un arnés

nh = número de hojas en un arnés

nd = número de diagramas en un arnés

γd = complejidad del diagrama en términos de la cantidad de constitutivos implícitos.

SES guarda los diagramas de arnés en el orden en el que son capturados o editados, creando tantas hojas como sean necesarias. De acuerdo al concepto de "hoja" utilizado aquí, no es posible mostrar todos los diagramas al mismo tiempo, pero existen rutinas que permiten activar (desactivar) las capas correspondientes a cada hoja y de esta manera pasar de una a otra.

Los mecanismos mediante los cuales SES permite capturar los datos de los iconos y obtener así un diagrama de ensamble propiamente dicho requiere de una previa identificación del icono que se va a capturar. Con este propósito se han establecido dos modos de edición mutuamente excluyentes, en donde el primero se inclina por la identificación de iconos a partir de algunos de sus constitutivos, mientras que el segundo aprovecha las facilidades pictográficas inherentes a cada icono.

4.3 EDICION DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

La edición de diagramas de ensamble requiere la consecución de dos etapas, a saber : *a*) identificación de diagrama y *b*) captura de datos. Sin embargo, después de estas etapas, el usuario cuenta con las facilidades de : *c*) modificar datos de un diagrama y *d*) alterar la estructura de cualesquier diagrama. Las etapas *a* y *b* deben efectuarse de manera secuencial y en el orden indicado, mientras que las indicadas en *c* y *d* son independientes una respecto a la otra y pueden llevarse a cabo arbitrariamente por el usuario, cada vez que lo considere necesario, estas etapas están representadas en la figura *4.6*.

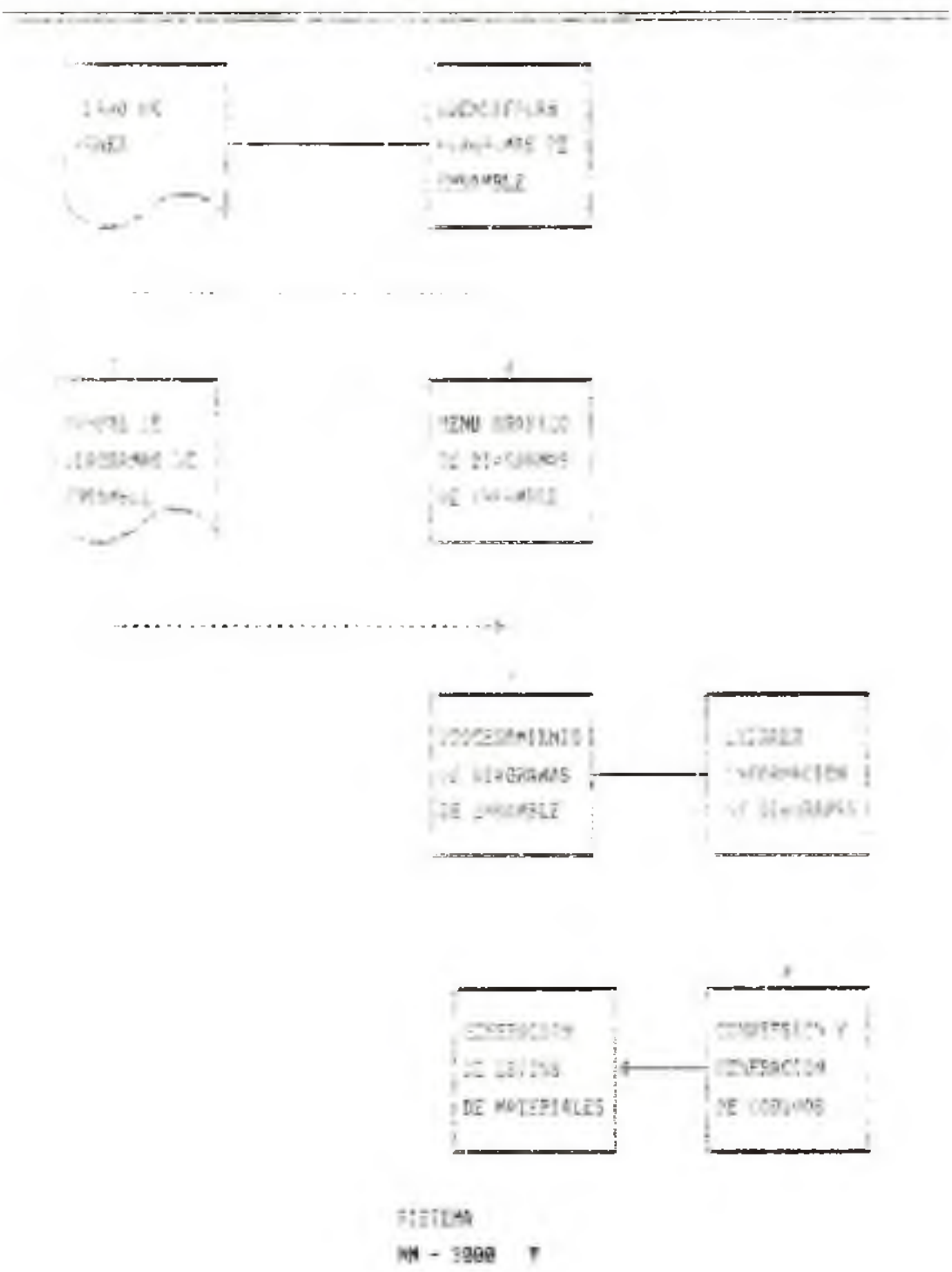

MENU PRINCIPAL
DE DIAGRAMAS
DE ENSAMBLE
PROGRAMINIS
DE DIAGRAMAS
DE ENSAMBLE
CONSULTA
INFORMACION
DE DIAGRAMAS
CONSULTA Y
CONFIRMACION
DE COSTOS
CONFIRMACION
DE COSTOS
DE MATERIALES
SISTEMA
NM - 1000

FIGURA 4.6.

4.3.1 SELECCION DE DIAGRAMAS

Tal como se mencionó anteriormente, los iconos se guardan como archivos de dibujo en una biblioteca de iconos, el número de archivos de la biblioteca es generalmente grande, de tal forma que no fácilmente podemos identificar qué archivo corresponde a qué icono. Ante esta disyuntiva, la primera opción a considerar es la de un proceso de prueba y error que finaliza al encontrar el icono de nuestro interés, empero esta opción se descarta por ineficiente y tediosa.

Con el propósito de identificar directamente el archivo de dibujo que necesitamos, se les ha asignando a éstos, nombres acrónimos en los que se involucra los principales constitutivos del icono. De este modo, a través de un menú de texto, SES, lejos de preguntar el nombre del icono seleccionado, espera a que el usuario indique el número de: circuitos, splices y terminales implícitos en la representación iconográfica de interés, a partir de esta descripción SES busca un archivo que contenga estos componentes y procede a manipular el dibujo correspondiente. Sin embargo, existe aqui el inconveniente de que dos o más iconos pueden contar con similar número y tipo de constitutivos, por esta razón se debe también incluir un número consecutivo de definición de icono.

Debido a la necesidad de incluir el número consecutivo de icono, el uso del menú de texto no es tan funcional como se desea, sobre todo si se trata de usuarios poco familiarizados con el concepto de icono. Con el propósito de evitar estos inconvenientes se creó un catálogo de iconos en el que se

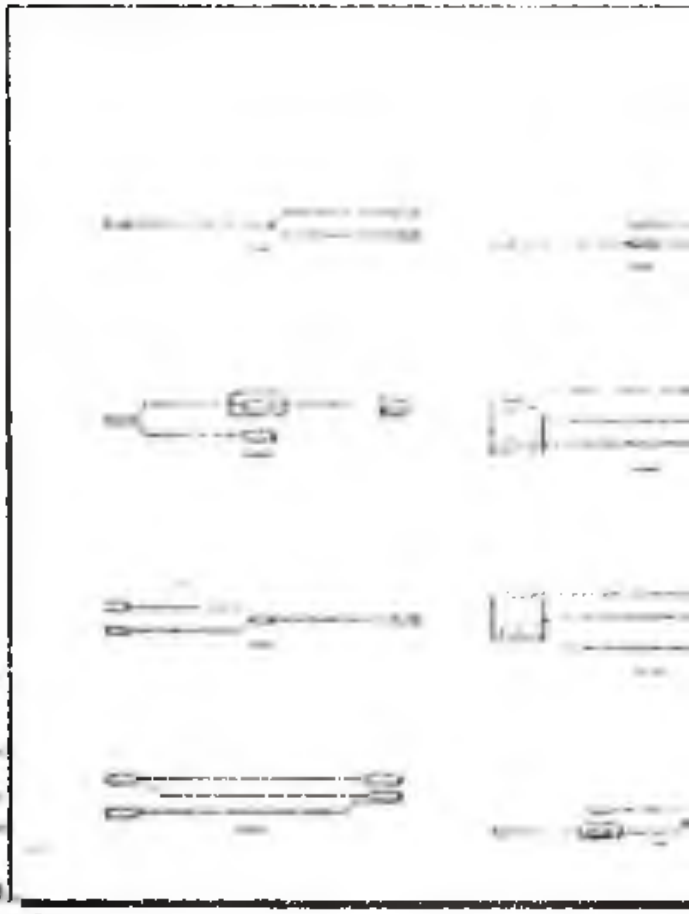
muestran tanto las representaciones pictográficas como el nombre de archivo que le corresponde a cada una de éstas. A pesar de ésto, el uso del manual en mención no excluye del todo la tarea de identificar el nombre de archivo correspondiente al icono que se desea editar.

Tomando en consideración las inconveniencias en el uso del menú de texto, se adecuó otra opción, que es relativa a un menú gráfico.

La idea o conveniencia de utilizar el menú gráfico se justifica por el hecho de que cada icono constituye *per se* un dibujo individual y que la biblioteca de éstos está conformada por un número relativamente grande de archivos de dibujo. Partiendo de este hecho, se puede facilitar la identificación y selección de iconos aprovechando las ventajas derivadas de la representación de objetos, mediante sus características pictográficas.

El menú gráfico está conformado por una biblioteca de *slides*, en la que se guardan dibujos "miniatiarizados" correspondientes a cada archivo existente en la biblioteca de iconos. Al hacer uso de este menú, SES muestra al usuario las figuras correspondientes a cada icono, por lo que el usuario, mediante inspección visual, ha de elegir la figura que estructuralmente satisface las características del icono que va ha ser editado. Después de seleccionar correctamente el icono, SES se manipula el archivo de dibujo asociado al *slide* y se da paso a la etapa de captura de datos. La figura 4.7. muestra una pantalla del menú gráfico.

Layer TRAB Ortho



Menu
Loade
Command :

0.0000,0.0000

PAG. 2

RTAR

KTO

AFIC

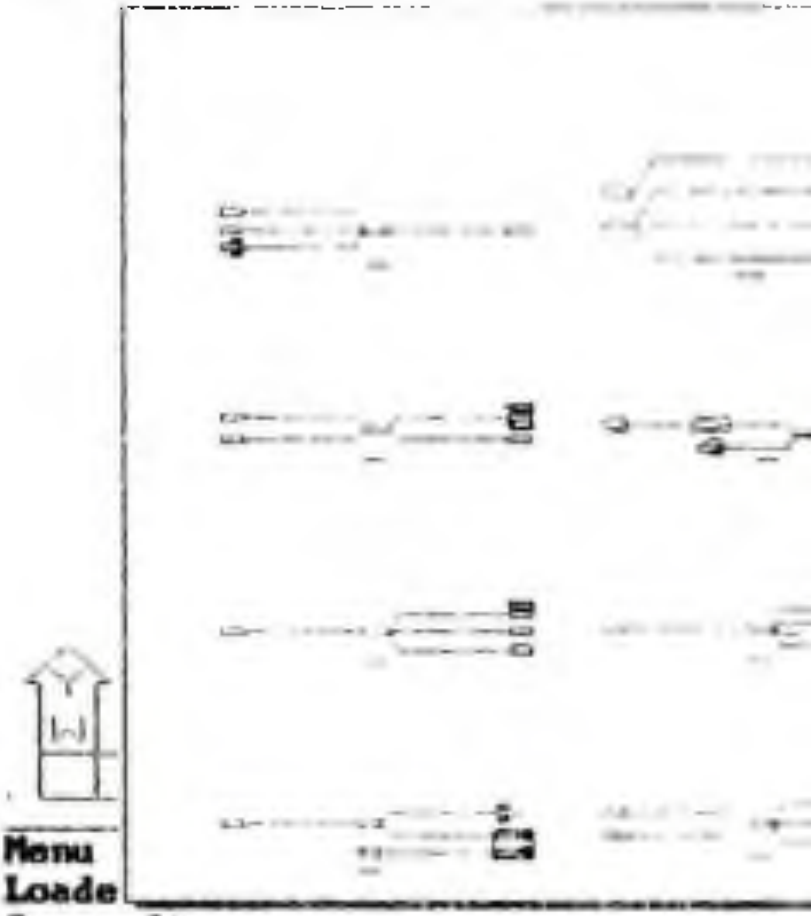
ANT

CANCELAR

HOJA ANTERIOR

HOJA SIGUIENTE

Layer TRAB Ortho



Menu
Loade
Command:

0.0000,0.0000

PAG. 3

RTAR

XTO
AFIC

ANT

CANCELAR

HOJA
ANTERIOR

HOJA
SIGUIENTE

4.3.2 CAPTURA DE DATOS

Entre los distintos grupos de datos que conforman un diagrama, existe uno relativo a las características particulares del arnés que se está editando *(secc. 4.2.a)*. Esta información es capturada, mediante procedimientos interactivos, de tal modo que cada vez que el usuario indique la definición de alguna propiedad inherente al icono, SES verifica las posibles inconsistencias en los datos capturados[2]. Finalmente, dos o más diagramas de ensamble que mantienen similitud en sus características pictográficas -representación externa- son diferenciables únicamente mediante sus propiedades internas, es decir mediante los códigos generados *(secc. 4.2.d)* para cada diagrama de ensamble.

Conviene anotar que el procedimiento de captura de datos se efectúa en una "hoja de trabajo", esta hoja es en sí una capa denominada TRAB. El cambio de una capa a otra es transparente al usuario puesto que en la medida en que se editen los diagramas de ensamble, SES inicialmente lo muestra en TRAB y a la postre los coloca (inserta) en la hoja y posición que le corresponde en el archivo de diagramas del arnés. El manejo arbitrario de objetos (diagramas) a través de las distintas hojas que conforman el arnés, se facilita mediante el uso de "variables globales", que permanecen como propiedades de una entidad oculta (no visible) por ejemplo, las variables NUM-HOJ, NUM-ENS, POS-Y, que corresponden respectivamente al número total de hojas, número

---

[2] Todos los datos capturados son validados, excepto los códigos y longitudes. La razón por la que éstos no se validan, obedece a que, por un lado, cada cliente tiene su formato propio de codificación, y por el otro, a que las longitudes varían en un rango bastante amplio, de tal forma que difícilmente se pueda establecer un criterio único de validación.

total de ensambles y posición en la que se debe insertar el siguiente diagrama, están definidas en una entidad oculat DATOO. En la figura *4.8.* a *4.10.* se presentan varios diagramas de ensamble, y la forma en que éstos, son representados después de haber capturado sus datos.

4.3.3 MODIFICACION DE DATOS Y DE ESTRUCTURA

La necesidad de modificar los datos o la estructura de ensambles se justifica por los siguientes hechos : primero, que durante la captura se haya indicado erróneamente uno o más datos que no corresponden a algún diagrama y segundo, que debido a actualizaciones del diseño de arnés, haya necesidad de modificar datos de algunos componentes de ensamble o inclusive alterar la relación estructural de uno o más ensambles en un mismo arnés. El primer caso se trata de una corrección de datos del diagrama, esto se puede llevar a cabo de una manera fácil mediante la opción CAMBIA DATOS indicada en el sub menú de EDICION, *fig. 4.2.* Mientras que el segundo caso corresponde a un cambio de nivel de ingeniería (CNI), al cual hemos hecho referencia anteriormente y describimos enseguida.

Generalmente los CNI se originan al detectar alguna deficiencia o inconsistencia en el diseño original, pero también obedece a la permanente revisión y actualización a que son sometidas las especificaciones de calidad de los arneses. De eta manera, cada CNI adoptado, se refleja en la adopción de medidas correctivas que pueden ir, dependiendo de la magnitud del cambio, desde la reconstrucción de un diagrama de ensamble o la redefinición de sus propiedades, hasta el cambio definitivo de uno o más diagramas de ensamble por otros completamente diferentes a los originales. Resulta obvio pensar que todas estas modificaciones tienen trascendencia en las tareas que se efectúan en las líneas de producción.

EJEMPLOS DE DIAGRAMAS DE ENSAMBLE DE ARNES

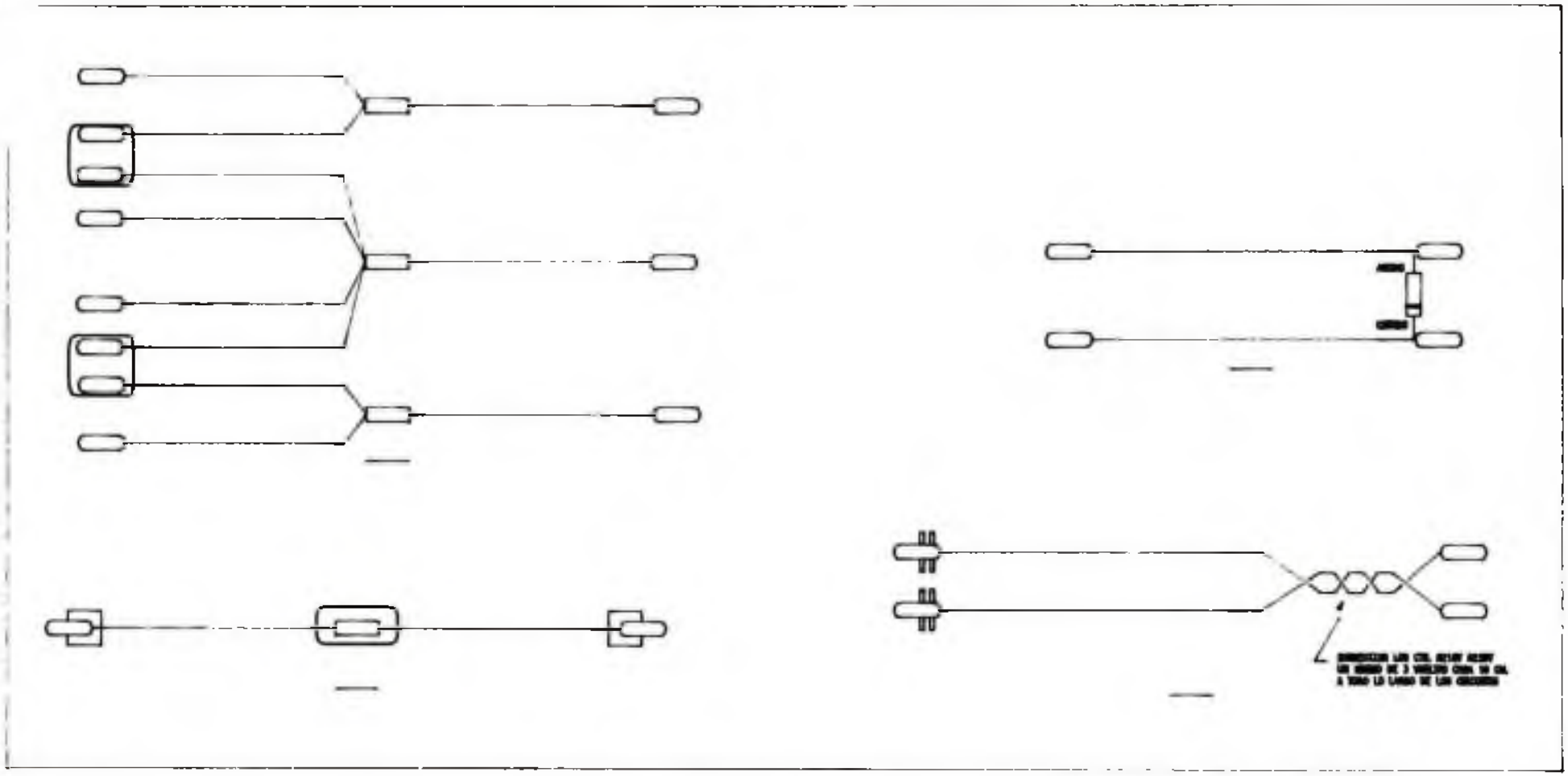


FIGURA 4.8.

FORMATO PARA REPRESENTAR DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

EFECTIVIDAD:

FECHA: FIRMA: CANT.:

DIAGRAMA DE SUBENSAMBLES

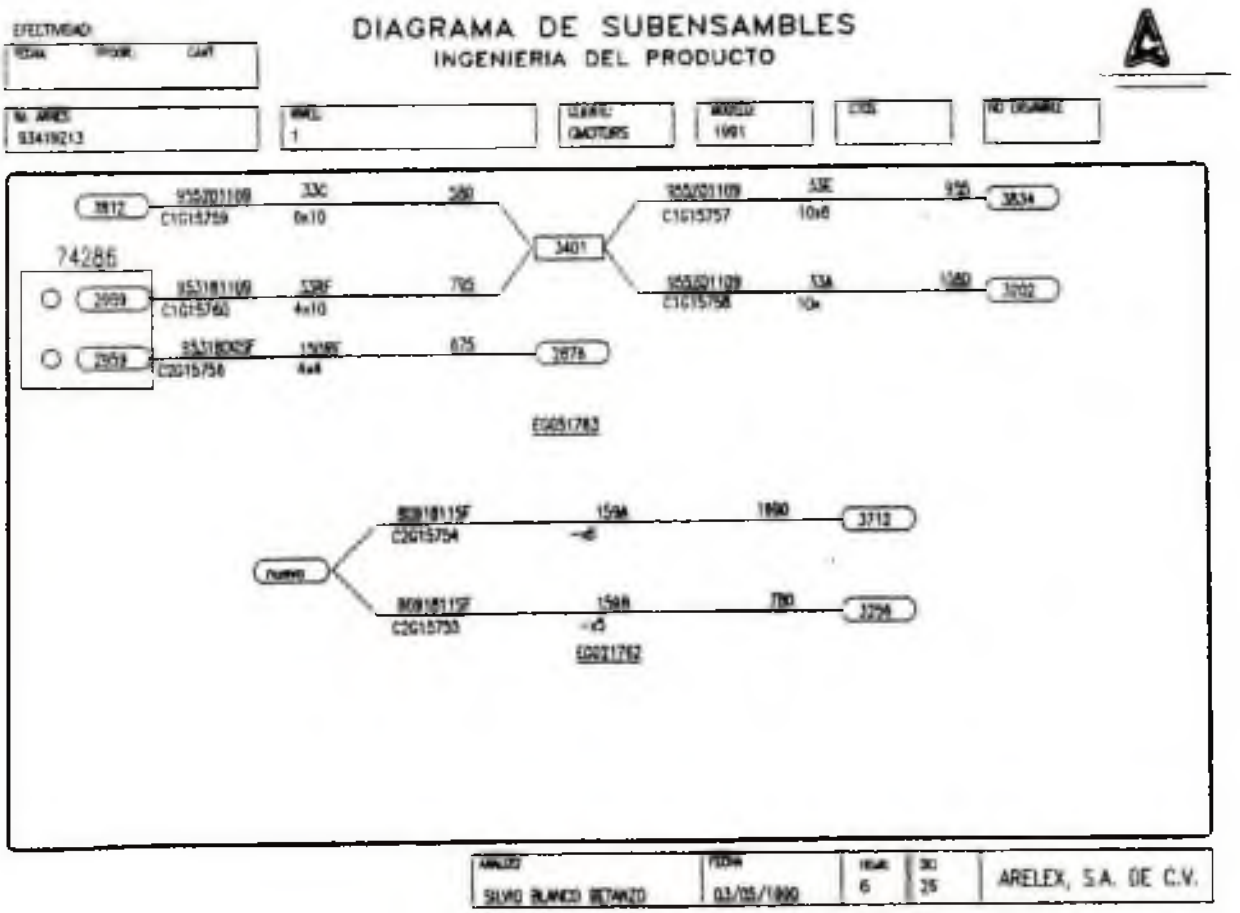
INGENIERIA DEL PRODUCTO

A

No. ARMEL:	NIVEL:	CLIENTE:	MODELO:	CTOS:	NO DIBUJO:

ANALIZO: FECHA: HOJA: DE:

FIGURA 4.9.



Si las modificaciones ocasionadas por los CNI son "menores" en el sentido de que sólo se debe cambiar datos de algunos diagramas, se adopta un cambio de datos, como en el caso anterior. Sin embargo, si los CNI requieren de modificaciones "mayores" se debe adoptar un cambio de estructura en uno o más diagramas de ensamble.

Para modificar la estructura de un diagrama de ensamble, se debe seleccionar primero, el diagrama sobre el que se efectúan las modificaciones: diagrama_fuente, posteriormente se debe elegir el icono que represente la estructura deseada: diagrama_destino. Ambos diagramas son mostrados en la hoja de trabajo, TRAB, en donde se inicia un proceso interactivo de "mapeo" de datos de los componentes del primero a los componentes del segundo, pero no en forma inversa. SES valida las operaciones de cambio de estructura en el sentido de que el "mapeo" sea consistente, en cuanto al mismo tipo (clase) de componente se refiere, por ejemplo, no es correcto que se pretenda asignar a un componente Terminal los datos de un componente Circuito.

En esta etapa funcional (CAMBIA ESTRUCT) se evidencian algunas de las facilidades y ventajas proporcionadas por SES para atenuar los efectos negativos, derivados de la aplicación de CNI. Esto se explica por la mayor capacidad de respuesta que tendrá de los sistemas de producción (plantas arneseras) desde el momento en que se cuenta con la facilidad de generar y modificar de manera *cuasi* automática los diagramas de ensamble de arnés. En este contexto, debido a que cualquier cambio de nivel se refleja inmediatamente en las líneas de producción, se evitan demoras o tiempos muertos, que bajo otras circunstancias se originan por efectuar correcciones en forma manual sobre los diagramas de ensamble.

Acerca de cómo se efectúan los CNI en el ambiente de SES podemos argüir que es un procedimiento bastante sencillo y por qué no, amigable. Cada vez que haya necesidad de cambio de nivel, SES genera automaticamente un nuevo archivo de dibujo sobre el que se efectúan las modificaciones de diseño. La facilidad de manipular los diagramas de un arnés especifico se logra debido a la forma en que están organizados los diagramas de ensamble -objetos individuales. Así, independientemente del tipo de modificación -datos o estructura- se utilizan rutinas *ad hoc*, que permiten obtener de manera confiable tantos archivos de arnés como cambios de niveles de ingeniería se hayan adoptado. Conforme se llevan a cabo los CNI el diseño de un arnés estará dotado de un nivel de ingeniería superior, en donde la cualidad "superior" denota las mejoras intrínsecas al diseño del arnés.

Lo anotado en el párrafo anterior puede resumirse de la siguiente manera:

$$\forall A_i, \quad A_i = \bigcup_{j=1}^{n} c_j$$

$$\forall c_j, \quad c_j \in A_i \quad \text{si } \partial(c_j) \quad \Rightarrow \quad A_i \rightarrow A_{i_\partial}$$

en donde :

A_i = el i-ésimo arnés,

c_j = el j-ésimo componente del arnés A_i,

∂ = modificaciones efectuadas sobre algún c_j.

$1 <= n <=$ número total de componentes que conforman A_i

Ahora bien, las diferencias entre A_i y A_{i_∂}, es decir los cambios de nivel que dieron origen al arnés A_{i_∂} son reflejadas a

través de un historial de actualizaciones, esto es un archivo de texto generado por SES[3] en el que se indican explícitamente tanto las modificaciones originadas por CAMBIAR DATOS o por CAMBIAR ESTRUCT. De este modo, cada vez que se lleve a cabo cualesquiera de éstas, se guardan los atributos originales y los modificados.

4.4. GENERACION DE CODIGOS

Existe la necesidad, tanto para los diagramas de ensamble como para los circuitos con que éstos se construyen, de asignar códigos con los que se pueda hacer distinción entre los diferentes circuitos y ensambles de un mismo arnés o inclusive de una misma planta arnesera, esta asignación de códigos o descripción interna como se le ha denominado anteriormente, constituye un punto crucial en la representación de arneses a partir de sus diagramas de ensamble, puesto que aquí se puede hacer referencia a elementos o constitutivos claramente identificables.

Inicialmente, cuando los diagramas de ensamble son editados los atributos representados en el layer CDMX, tienen un valor nulo (nil), mediante la etapa de generación de códigos, SES asigna a esos atributos, valores específicos. El mecanismo de generación de códigos se apega a las nomenclaturas anotadas en la tabla 4.2.

---

[3] El nombre de este archivo es el mismo que se obtuvo con GDOS, excepto que en la extensión del mismo se incluye el nivel de ingeniería que origina esos cambios y un caracter "M" que indica que es un archivo de Modificaciones.

TABLA 4.2
NOMENCLATURA DE CODIGOS

```
ENSAMBLE
E G 15 1 012
|  |  |  | |
|  |  |  | |----------------NUMERO DEL ENSAMBLE
|  |  |  |------------------TIPO DE ARNES
|  |  |---------------------CANT. DE CIRCUIT. EN DIAGRAMA
|  |-----------------------DENOMINADOR DE CLIENTE
|--------------------------DENOMINADOR DE ENSAMBLE


CIRCUITO
C 2 G 1 0038
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |----------------NUMERO DEL CIRCUITO
|  |  |  |-------------------TIPO DE ARNES
|  |  |---------------------CLIENTE
|  |-----------------------CANT. DE TERMINS. EN CIRCUITO
|--------------------------DENOMINADOR DE CIRCUITO


CABLE
809 16 02 09 1200 05x06
|   |  |  |  |    |
|   |  |  |  |    |-----DESFORRE (IZQxDER)
|   |  |  |  |-----------LONGITUD DE CORTE
|   |  |  |---------------COLOR DE FRANJA
|   |  |------------------COLOR DE CABLE
|   |---------------------CALIBRE DE CABLE
|-----------------------TIPO DE AISLAMIENTO


TUBO
112908 - 0150
|        |
|        |---------------LONGITUD DE CORTE
|-----------------------CODIGO FBCTE.


MOLDURA
40416 - 355100
|       |
|       |---------------NUM. FBCTE. MAT-PRIMA
|-----------------------NUM. FBCTE. MOLDURA
```

TABLA 4.2.

De hecho, esta generación de códigos implica la consecución de dos etapas: *a*) conversión y *b*) generación *(fig. 4.11.)* La primera requiere llevar a cabo consultas en los archivos que conforman el catálogo de partes y componentes de arnés, esto es, varias bases de datos, p.ej. DATCTE, TERMINAL, MOLDURA, etc. cuyos registros están organizados de la siguiente manera[4].

DATCTE: INDICE, NUMERO, CLIENTE, NUM_CTE, PLANO, NIVEL, REVISON.

TERMINAL: NUMERO, GRP_CODE, MATERIAL, ACABADO, DIMENS, PELADO, DINT, DEXT, OBSERVAC.

MOLDURA: NUMERO, MATERIAL, COLOR, CASCARON, DUREZA, DIMENS, PESO, CONSUMO, OBSERVAC.

Vale la pena mencionar que debido a las restricciones para el paso de parámetros en los programas LISP, hubo necesidad de recurrir al uso de archivos, en los que se indica la entrada y la salida correspondiente para la ejecución de programas. En la figura 4.11. se trata de esquematizar el mecanismo de generación de códigos, como se puede observar, la conversión está implícita en la generación, asimismo, cualquier código que se vaya a generar considera principalmente la estructura (componentes) del ensamble o si se trata de circuito se deberá tomar en cuenta la definición de cada una de las propiedades del mismo (tabla 4.2.).

[4] Debemos aclarar que aún cuando SES hace uso del programa de conversión **CONVERT** éste no fue creado por el autor, sino que de manera paralela al desarrollo de SES se diseñó e implantó un programa codificado en C que permite accesar bases de datos creadas en DBASE, *vid.* José Martinez [1990]. Las adaptaciones efectuadas para que éste modulo esté en interface con SES, corresponden a Raúl Quintero [1990]

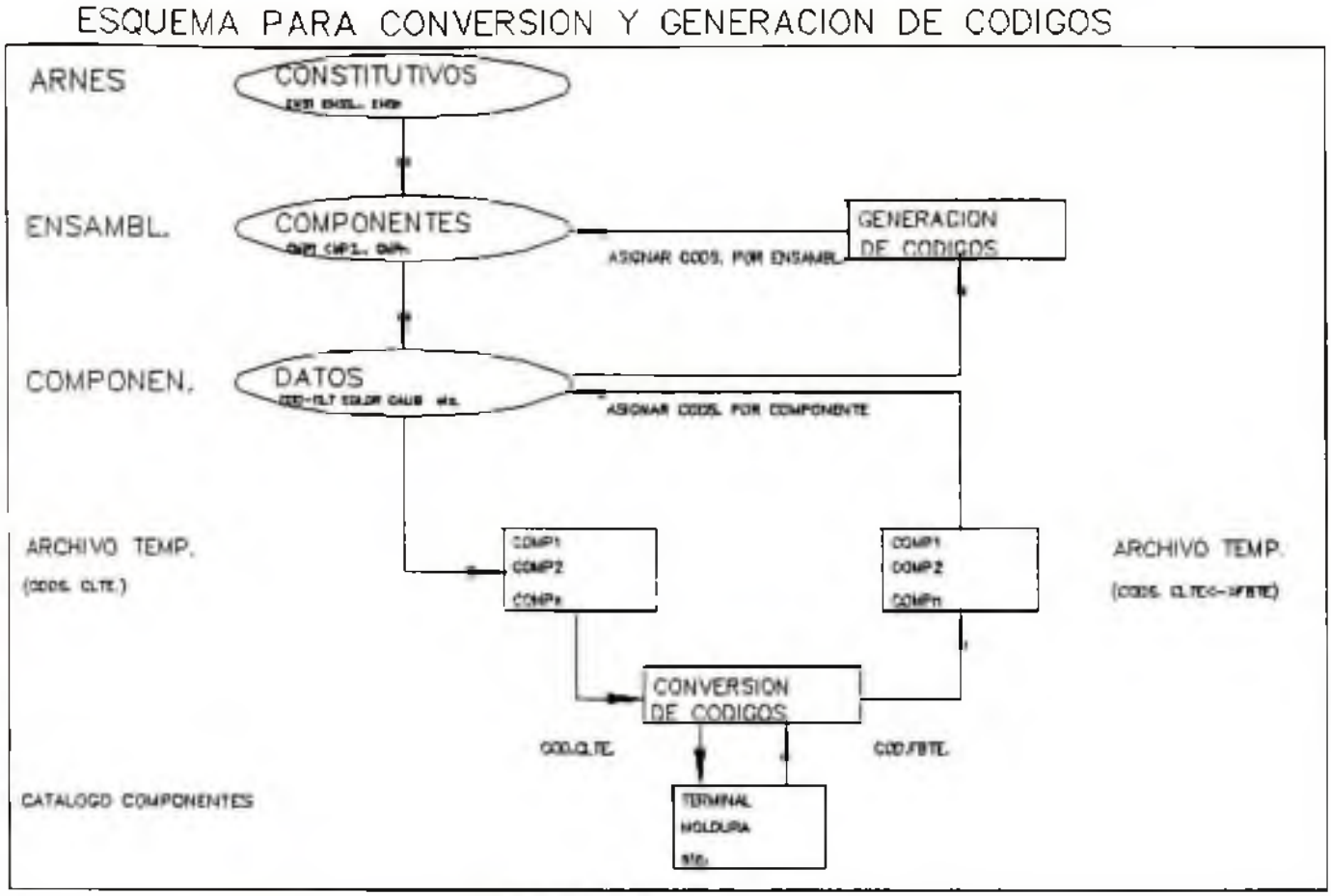


FIGURA 4.11.

4.5. GENERACION DE LISTAS DE MATERIALES

SES estará en interface con el sistema de Administración de Materiales "MM-3000" Lo que se pretende con esto es que, en el entorno global de ICIC (*fig. 2.1*) las plantas arneseras puedan elaborar planes y programas de producción de una manera ágil y eficiente.

Entonces, al culminar con la edición de los diagramas de ensammble de un arnés, SES debe proporcionar la facilidad de trasmitir una lista exhaustiva y estructurada (indentada) de los componentes de arnés. La característica de indentación es bastante útil y práctica, pues, por un lado, se logra establecer las relaciones estructurales entre los constitutivos de un arnés -a través de sus diagramas de ensamble, mientras que por el otro, se facilita la elaboración de programas de producción, desde el momento en que se puede conocer, por ejemplo, qué componente pertenece (es hijo) a qué ensamble.

La obtención de la Lista Indentada de Materiales (LIM) está sujeta a la ejecución de algoritmos recursivos, que permiten un anidamiento de elementos de desde un nivel 0 hasta un nivel n, en donde el nivel 0 corresponde a la mayor jerarquía estructural de arnés *(fig. 4.1.)* Generar una LIM significa obtener un archivo de texto en el que se incluya ordenadamente la información correspondiente a todos y cada uno de los componentes de un arnés específico, el formato de la lista identada es el que se muestra a continuación.

LISTA INDENTADA DE MATERIALES 93417883-04

NIV	NUMPART	DESCRIPCION	EFECTIV.	CANT.
0	93417883-04	GAU MOTOR GENERADOR	030789	1

NIV	NUMPART	DECRIPCION	CANT.	UM
1	EG032210	ENS 06/7883	1	PZ
2	3401	TER SPLICE CLIP 2160	1	PZ
3	0629537	ESTANO P/SOLDADURA	.001	KG
2	C1G20681	975201100 0270	1	PZ
3	3807	TER MUELLE GC21	1	PZ
3	975201100	CAB 975 CAL20 CAFE CLARO/NEG	3.5	MT
4	9752011	CAB 975 CAL20 CAFE CLARO	3.5	MT
4	TIN-00	TINTA VYM NEGRO	.001	LT
2	C1G20683	955201100 0320	1	PZ

.				
.				
.				
1	EG042202	ENS 05/7883	1	PZ
2	72487	CONEC 4 VIAS CUBOS NEGR.	1	PZ
2	C1G20660	973201609 2685	1	PZ
3	2959	TER MUELLE GC19 BRONCE	1	PZ
3	3807	TER MUELLE GC21 BRO-EST	1	PZ
3	973201609	CAB 973 CAL20 AZUL CLARO/BLAN	2.685	MT
4	9732016	CAB 973 CAL20 AZUL CLARO	2.685	MT
4	TIN-09	TINTA VYM BLANCO	.0001	LT
.				
.				
.				
1	EG052201	ENS 04/7883	1	PZ
2	73578	CONECTOR	1	PZ
2	C1G20655	973201100 2255	1	PZ
3	3660	TER	1	PZ
3	3807	TER MUELLE GC21 BRO-EST	1	PZ
3	973201100	CAB 973 CAL20 CAFE CLARO/NEG	2.255	MT
4	9732011	CAB 973 CAL20 CAFE CLARO	2.255	MT
4	TIN-00	TINTA VYM NEGRO	.0001	LT
2	C1G20656	9732009SF 2255	1	PZ
.				
.				
.				

Una manera fácil y rápida de generación de listas de materiales se obtiene al agrupar los constitutivos de arnés por tipos de componente. Esto, sin embargo, nos permite generar una representación en la que se garantiza la inclusión de todos los componentes, pero se omite las relaciones estructurales existentes entre ellos. A esta lista la denominamos Lista Resumida de Materiales (LRM)[5] y tiene un formato similar al que se muestra a continuación.

---

[5] SES también permite la generación de la LRM, y ésta constituye un caso particular de la Lista Identada de Materiales, asumiendo para el primer caso, que todos los constitutivos están en un mismo nivel de jerarquía.

LISTA RESUMIDA DE MATERIALES 93417883-04

NUMPART	DESCRIPCION	EFECTIV.	CANT.
93417883-04	GAU MOTOR GENERADOR	030789	1
NUMPART	**DECRIPCION**	**CANT.**	**UM**
119786	TUBO CORRUGADO 9mm	1	MT
119794	TUBO NEGRO 4.75 D.I.	.2	MT
119846	TUBO CORR. NEGRO/VERDE	1.21	MT
.			
.			
.			
3660	TERMINAL	5	PZ
3064	TERMINAL	10	PZ
.			
.			
.			
724472	CONECTOR 2 VIAS NEGRO	1	PZ
72473	CONECTOR 2 VIAS NEGRO	2	PZ
.			
.			
.			
8331206	CABLE 833 CAL12 AZUL	.125	MT
9531801	CABLE 953 CAL18 ROJO	5.85	MT
955200900	CABLE 955 CAL20 BLANCO/NEGR	2.5	MT
.			
.			
.			

Sin embargo, debido a que los ensambles de arnés se confeccionan en distintos espacios físico-temporales, lejos de que el personal encargado de planear y programar la producción de arneses se limite establecer requerimientos de materiales, es necesario también, definir operaciones de ensamblaje y manufactura, así como determinar el lugar (p.ej. estación de trabajo) y el momento oportuno en que dichas tareas se deben llevar a cabo. Y desafortunadamente las LRM no proporciona la información suficiente para elaborar los programas de producción.

La situación bajo la que estariamos desobligados a generar estas listas es aquella en la que existe una irrestricta disponibilidad volumen-temporal de recursos materiales. Pero como esta situación escapa a la realidad, y es inconcebible bajo cualquier enfoque de planeación, siempre será inevitable generar la Lista Indentada de Materiales.

5. HACIA UNA REPRESENTACION GENERAL DE ENTIDADES DE DISENO

En los capítulos anteriores nos hemos avocado, entre otros puntos, tanto a la descripción de SEPACA y SES, como a la representación jerarquizada de los componentes integrantes de un arnés. Resulta indiscutible, que estas formas de representación utilizadas satisfacen en gran medida nuestras necesidades de generación de información de producción (*cap. 2*) a partir de entidades gráficas. Esto se puede fundamentar por los siguientes puntos: *a*) separar Planos Unitarios a partir de un PC, *b*) representar un arnés en función de sus diagramas de ensamble y *c*) generar listas de materiales correspondientes a un plano de arnés.

No obstante lo anterior, es deseable, aunque no estrictamente necesario desde la perspectiva de los alcances del prsente trabajo, establecer una notación general para reperesentar entidades de diseño. En los siguientes párrafos se discute la posibilidad de utilizar los esquemas de representación de ICIC para aplicarlos en otros procesos de manufactura, sin dejar de lado la necesidad de postular un estudio minucioso que nos permita encontrar formalismos para la representación de los objetos del mundo real aplicables a las necesidades de los sistemas CAD.

Como se ha observado en el capítulo previo, SES utiliza diferentes figuras iconográficas para evidenciar cada tipo de

ensamble. A partir de lo anterior, cualquier representación gráfica de diseño se puede concebir como una abstracción de objetos reales, a través de un conjunto de primitivos de dibujo, que al estar relacionados bajo una o más reglas de asociatividad, dan como resultado formas pictográficas diferenciables, unas respecto a otras y a las que se asocia un significado único.

Lo anterior se puede explicar mediante una comparación entre las palabras que conforman nuestro vocabulario *vs.* los cuerpos pictográficos de diseño, con los que representamos objetos de la realidad. En ambos casos existe la posibilidad de evidenciar objetos, acciones o situaciones de nuestro entorno, atendiendo tres aspectos relevantes: *a*) haciendo uso de los carácteres alfabéticos con que se construyen las palabras -patrones, *b*) apegándonos a la sintaxis establecida en nuestro idioma y *c*) asociando a cada patrón una semántica específica. Ese mismo objeto o situación que se ha descrito textualmente, puede ser representado gráficamente del siguiente modo: *a*) utilizando primitivos de dibujo con los que conformamos cuerpos pictográficos, *b*) asociando esos primitivos de acuerdo a reglas de correspondencia (relaciones sujetas a especificaciones de diseño) para obtener configuraciones deseadas y *c*) incorporando a cada figura un significado pictográfico particular[1].

Expliquemos los detalles de esta analogía recurriendo a un ejemplo (*fig. 5.1.*), en donde el objeto casa[2] lo describimos

---

[1] John Lee [1988], proporciona varios ejemplos claros mediante los cuales se puede fundamentar esta analogía entre el lenguaje natural y el lenguaje "pictográfico".

[2] Utilizamos arbitrariamente el objeto "casa" tanto por su facilidad de representación como por su semántica, facilmente aprehensible.

textualmente tomando en consideración: *a*) el uso de los caracteres alfabéticos a, c y s, con los que se forma un patrón distinguible, es decir la palabra casa, *b*) apegándonos a la sintaxis del Castellano, mediante la cual, por ejemplo, la construcción de palabras debe sujetarse a una combinación de vocales y consonantes y *c*) asociando a esa palabra un significado -semántica- particular único.

Ese mismo objeto puede ser representado gráficamente a través de un lenguaje pictográfico, atendiendo los siguientes aspectos: *a*) utilizando un conjunto de primitivos de dibujo, que al ser combinados permiten obtener figuras diferenciables, *b*) asociando esos primitivos de acuerdo a reglas de correspondencia predefinidas (p.ej. especificaciones de diseño) y c) incorporando al dibujo obtenido un significado pictográfico convencional[3].

Entonces, de acuerdo a lo indicado anteriormente, el diseño gráfico de un objeto está enmarcado en la utilización de un conjunto de primitivos que asociados bajo relaciones especiales dan como resultado representaciones gráficas (modelos) dotadas de significados convencionales. Cualquier variación de todos o de alguno de los constitutivos del cuerpo representado gráficamente, o inclusive de las relaciones existentes entre ellos, da como resultado otro modelo gráfico cuyo significado, generalmente no tiene ninguna similitud con el significado asociado a la representación gráfica original.

---

[3] John Lee, *ibidem*.

REPRESENTACION DE OBJETOS A PARTIR DE CONSTITUTIVOS

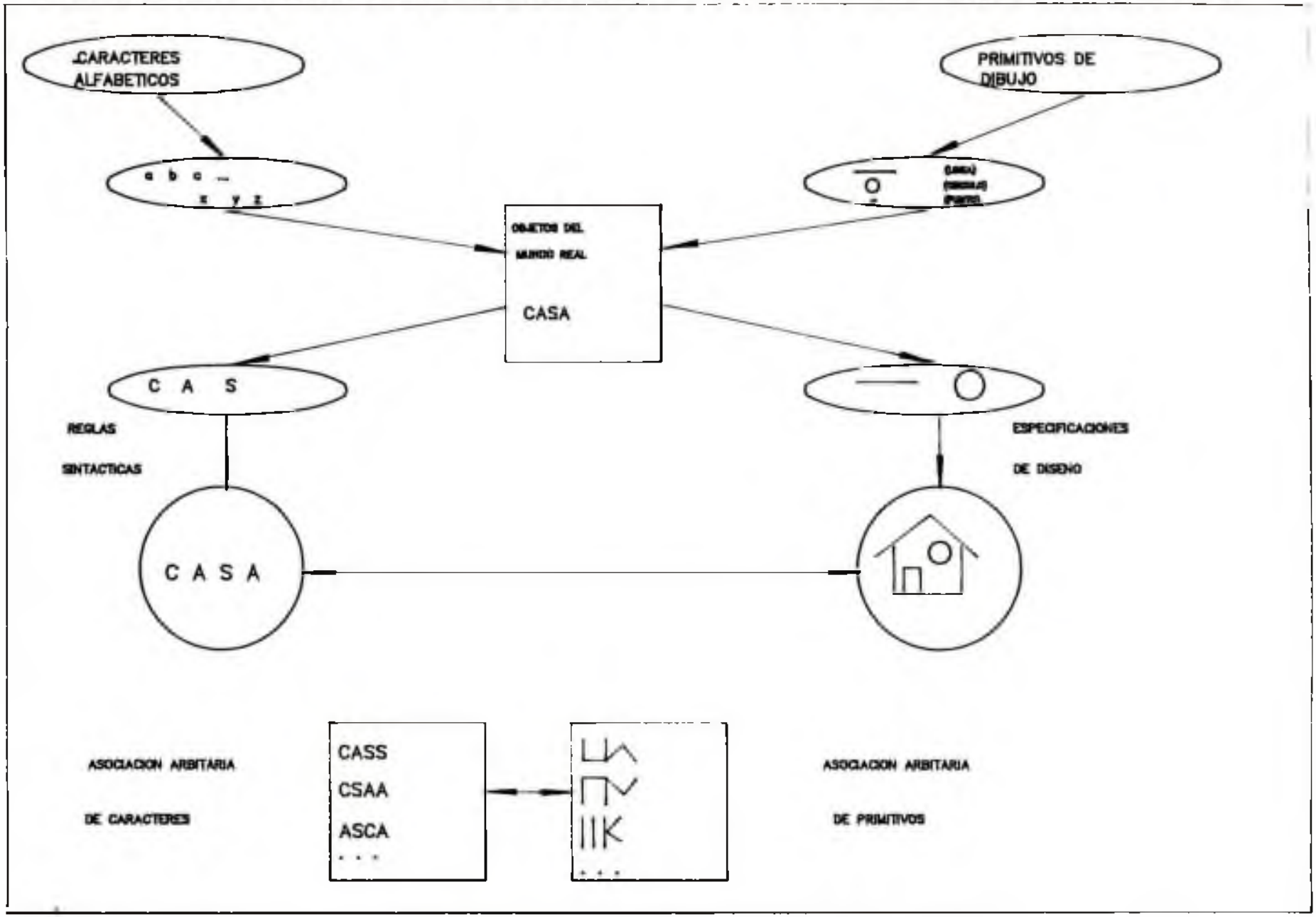


FIGURA 5.1.

Debemos resaltar que cualquier objeto del mundo real OB_i, independientemente de su complejidad, puede ser construido a partir de objetos moleculares ob_j[4], (para 1 <= j <= número de objetos moleculares predefinidos) Considerando que cada OB_i está dotado de propiedades internas, heredadas tanto de las características de cada uno de sus constitutivos, como de las relaciones de asociatividad, mediante las que los ob_j han conformado un todo en OB_i, podemos escribir :

$$
\begin{array}{l}
(OB_i \ (ob_1 \ (p_{11} \ p_{12} \ \ldots \ p_{1n})) \\
\quad (ob_2 \ (p_{21} \ p_{22} \ \ldots \ p_{2n})) \\
\quad \vdots \\
\quad (ob_m \ (p_{m1} \ p_{m2} \ \ldots \ p_{mn})) \\
\quad (r_1 \ (ob_r \ ob_k) \\
\quad \vdots \\
\quad (r_l \ (ob_j \ ob_m) \ ) \ \ )
\end{array}
\qquad [5.1]
$$

en donde

m = número de objetos moleculares

l = número de relaciones de asociación predefinidas

n = número de propiedades de cada objeto molecular

OB_i= un objeto del mundo real construído a partir de m elementos ob,

ob_j= j-ésimo objeto molecular definido a partir de propiedades específicas; 1 <= j <= m,

p_{jk}= k-ésima propiedad del elemento ob_j; 1 <= j <= m,

r_k = k-ésima relación mediante la que se puede asociar dos elementos ob_j diferentes; 1 <= k <= l

---

[4] El concepto de objeto molecular ya ha sido utilizado por D. S. Batorry [1985]

Cada propiedad p_{jk} es transmitida a objetos OB_i generado, esta herencia de propiedades también es aplicable a las características que se derivan por la asociación de constitutivos, de tal modo que al retomar el ejemplo del objeto casa, podemos decir que éste fue construído a partir de los objetos moleculares: ob_1, ob_2, ob_3 y ob_4 , que corresponden respectivamente a piso, pared_l, techo y pared_n. Cada uno de ellos a su vez pudo haberse obtenido a partir de otros objetos moleculares de menor nivel, y así podemos continuar hasta llegar a objetos atómicos[5] que corresponden a los primitivos de dibujo.

Cada uno de los constitutivos (i.e. piso, pared, techo) es portador de propiedades individuales adquiridas mediante la asignacion de valores a cada uno de sus atributos capturables, por ejemplo:

ob_1 = (piso ((mat . cemento) (acabado . loza) ...))

ob_2 = (pared_l ((col . verde) (altura . 3) ...))

ob_3 = (techo ((mat . zinc) (ángulo . 30) ...))

ob_4 = (pared_n ((col . azul) (altura . 3) ...))

Es importante mencionar que para construir el objeto final OB_i es necesario generar representaciones intermedias, las cuales denominamos objetos intermedios OI_α, en donde el sub-índice α indica la relación utilizada para obtener el objeto intermedio en cuestión, estas relaciones son denotadas de la siguiente manera

$(\alpha\ (ob_1\ ob_2))$

---

[5] Al hablar de objetos atómicos nos referimos a los primitivos elementales de dibujo, p.e. línea, punto, etc.

lo que se puede leer, en el contexto del ejemplo utilizado, como una relación de unión física perpendicular, mediante la cual los constitutivos piso y pared_1 (ob_1 y ob_2) pueden conformar un objeto de mayor jerarquía. Mientras que la expresión

$(\beta\ (ob_3\ ob_4)\ )$

define una unión física, no necesariamente perpendicular, mediante la que los constitutivos pared_n y techo, conforman otro objeto intermedio. Por otro lado, los objetos intermedios se puede denotar de la manera siguiente :

objeto-intermedio α = $(\ OI_\alpha\ (\alpha\ (ob_1\ \ ob_2))\ )$

objeto-intermedio β = $(\ OI_\beta\ (\beta\ (ob_3\ \ ob_4))\ )$

Finalmente se obtiene el objeto OB_1 que nos interesa representar y el cual se denota en forma de listas como sigue:

objeto-final casa = $(OB_1\ (\gamma\ (OI_\alpha\ \ OI_\beta)\ )\ )$

el cual también se puede describir de manera extensiva en función de las propiedades de sus constitutivos y de las relaciones mediante las que éstos dieron origen el OB_1 :

```
(casa (pared_1 ((color . verde) (alt . 3) ...))
      (piso   ((mat . cemento) (acabado . loza) ...))
      (techo  ((mat . zinc) (ángulo . 30) ...))
      (pared_n (color . azul) (alt . 3) ...))
      (α (piso . pared_1))
      (β (pared_n . techo))  )
```

esta representación está escrita de acuerdo al formato de la lista dada en [5.1] que es general para representar cualesquier objeto del mundo real.

Debemos admitir sin embargo que para intentar formalizar la representación de nuestro objeto casa, hemos asumido una concepción bastante simplificada del mismo. No obstante ello, en el peor de los casos conseguimos nuestro cometido ya que es posible hacer distinción, tanto de los constitutivos u objetos moleculares como las relaciones con las que estos conforman un todo.

5.1. RELACIONES ESTRUCTURALES DE OBJETOS

El uso de objetos moleculares facilita en gran medida las representaciones estructurales de los componentes que integran un diseño, pues mediante *agregación molecular* se puede tomar elementos ob_j heterogéneos de nuestro dominio que al estar dotados de cierta *correspondencia* se les puede utilizar como constitutivos en la construcción de cualquier OB_i.

Esto se puede corroborar con el ejemplo anterior, en el que existe la posibilidad de definir tantas relaciones como necesitemos, de tal manera que los objetos de mayor jerarquía heredan tanto las propiedades de sus constitutivos como las que definen sus relaciones (α, β, γ, etc).

Con las relaciones *bajo* y *sobre* podemos establecer la forma en que dos elementos son unidos físicamente, mientras que la jerarquía del objeto intermedio está en función de las relaciones PADRE<-->HIJOS. Así, considerando cualesquiera de los objetos moleculares anteriormente utilizados, las propiedades que definen su jerarquía están dada por los valores de hijos y de padre, de la siguiente manera

$$(ob_1 \ (\ (hijos \ . \ (h_{11} \ \ldots \ h_{1m})) \ (padre \ . \ nil) \ \ldots) \ )$$
$$(ob_2 \ (\ (hijos \ . \ (h_{21} \ \ldots \ h_{2m})) \ (padre \ . \ nil) \ \ldots) \ )$$

en donde

m número de hijos de un objeto molecular,
h_{ij} es el j-ésimo hijo del i-ésimo objeto molecular; 1 <= j <= m.

en la medida en que se construyen los objetos intermedios, las relaciones jerárquicas son alteradas, estableciendo una subordinación entre los objetos moleculares utilizados :

$$(OI_\alpha \ \ (hijos \ . \ (ob_1 \ ob_2)) \ (padre \ . \ nil) \ \ldots) \ )$$
$$(ob_1 \ \ (hijos \ . \ (h_{11} \ \ldots \ h_{1m})) \ (padre \ . \ OI_\alpha) \ \ldots) \ )$$
$$(ob_2 \ (hijos \ . \ (h_{21} \ \ldots \ h_{2m})) \ (padre \ . \ OI_\alpha) \ \ldots) \ )$$

En otras palabras, podemos decir que el objeto intermedio OI_α *contiene_a* los elementos ob_1 y ob_2; de manera similar éstos están *contenidos_en* el primero. Tomando como punto de partida cualquier objeto intermedio se puede recorrer hacia arriba (padre) o hacia abajo (hijos) los constitutivos de un OB_i llegando eventualmente a la representación de producto terminado (i.e. arnés o casa) o de de materia prima (i.e. materia prima o material de construcción) dependiendo de la dirección tomada.

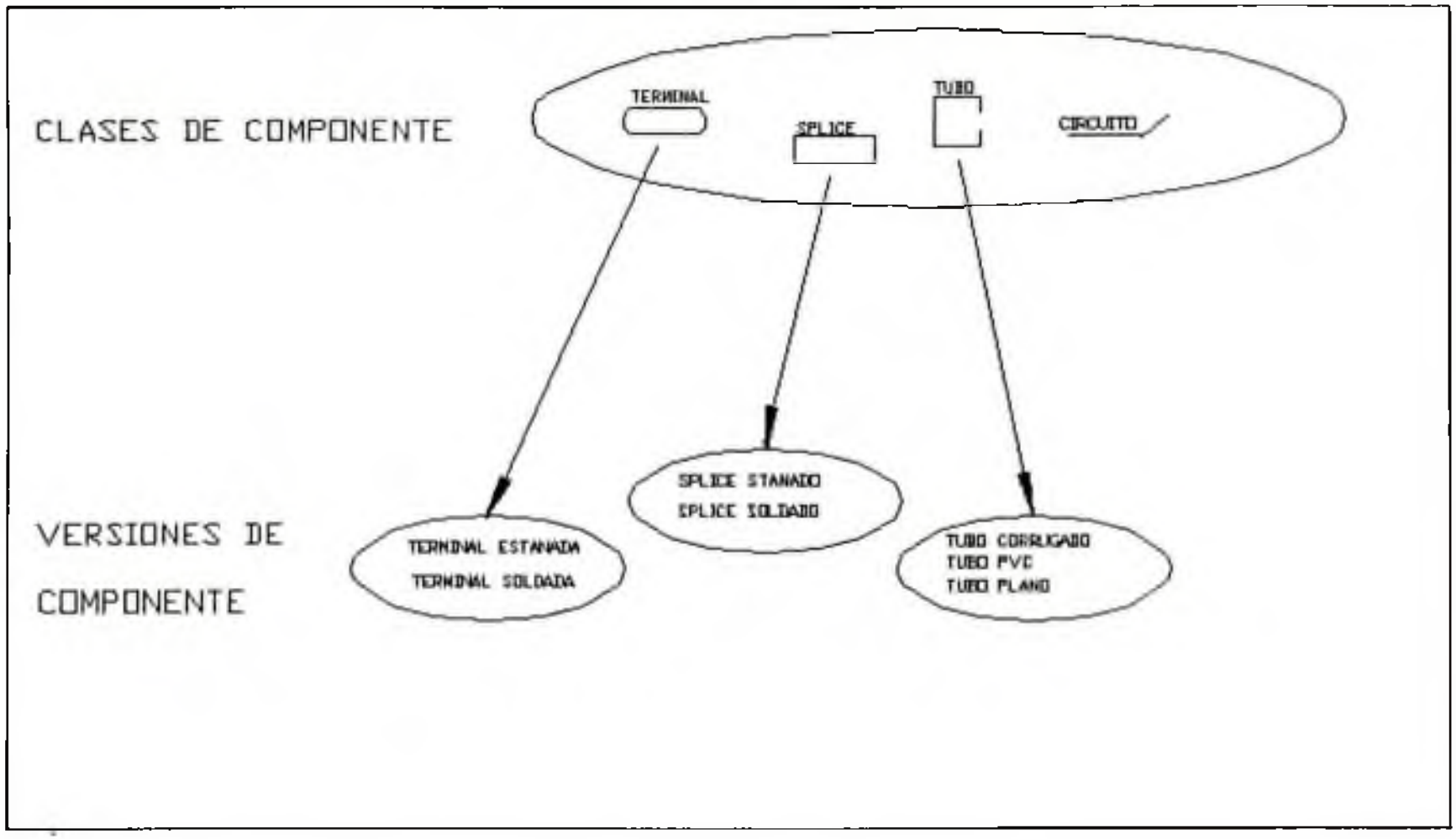
Lo anterior es de singular importancia dado que, para obtener las LIM, existe la necesidad de recorrer los componentes de un arnés de acuerdo a la jerarquía inherente a éstos.

Hasta este momento nos hemos ocupado de las propiedades internas de los objeto moleculares y de la forma en que éstas se van transmitiendo hacia los objetos de mayor jeraquía. Debemos ahora establecer la dicotomía existente entre una clase y una versión de objeto. Las cuales se agrupan, respectivamente de acuerdo a su **tipo** o **clase** (forma) y a su **versión** (contenido).

En este sentido, dos objetos con propiedades iconográficas idénticas no necesariamente corresponden a una misma versión de objeto. Un buen ejemplo es el objeto molecular de **tipo** TERMINAL, del que se puede derivar dos **versiones**, dependiendo del valor asignado a una de sus propiedades, i.e. material: Estaño ó Soldadura. En resumen, podemos establecer que a partir de una **clase** de objeto dotado de propiedades especificas, se puede generar distintas versiones: p.ej. TERMINAL-ESTANADA, TERMINAL-SOLDADA. La *fig. 5.2.* muestra varias clases de objetos con distintas versiones, mientras que la tabla *5.1.* se presentan las relaciones entre los objetos moleculares antes aludidos.

Asimismo se habla de objetos dotados de propiedades individuales y de propiedades generales. Mediante modificación de atributos, durante la etapa de captura de datos, se definen las características individuales, mientras que las segundas corresponden a propiedades preestablecidas durante la definición de la figura iconográfica. Finalmente, podemos diferenciar los

DISTINCION ENTRE CLASE Y VERSIONES DE COMPONENTE



REALCIONES ENTRE DISTINTOS OBJETOS MOLECULARES

	ob_1	ob_2	ob_3	ob_4	. . .	ob_n
ob_1	0	α	nil	α		
ob_2	α	0	β	α		
ob_3	nil	β	0	β		
ob_4	α	α	β	0		
⋮						
ob_n						0

TABALA 5.1.

ob_j, aún cuando sean de una misma clase y versión, pues cualquier OB_i tine como constitutivos instancias de ob_j, en donde cada una de éstas posee características únicas, p.ej. coordenadas xy en las que se ubican respecto al OB_i.

Es necesario aclarar el concepto de propiedades externas e internas en el contexto del presente trabajo. Decimos que dos objetos: OB_1 y OB_2 son igules externamente si en ambos existe la misma representación pictográfica, es decir :

$$\partial OB_1 = \partial OB_2$$

en donde ∂ define tanto el número y tipos de obejetos moleculares utilzados en la construcción de un OB_1 como las relaciones mediante las que dichos objetos moleculares han conformado un todo en el objeto final.

Por ejemplo, si OB_1 está construído a partir de 2 terminales (T1 T2) 2 circuitos (C1 C2) y 1 splice (S), relacionados de tal forma que el splice une eléctricamente los dos circuitos por uno de los extremos de éstos, y cada terminal está unida a los otros dos extremos de esos circuitos, formando una cadena como la siguiente: T1-C1-S-C2-T2. Entonces podemos decir que OB_1 es igual (externamente)a OB_2 si éste tiene los mismos constitutivos relacionados de tal forma que generen una cadena similar a la anterior.

Por otro lado, al referirnos a las propiedades internas de objetos debemos involucrar tanto el concepto de versión, como las características únicas inherentes de un objeto. Así, los OB_1 y OB_2, son internamente similares, en la medida en que hayan sido construídos con las mismas versiones de objetos moleculares y que además esas versiones de objeto mantengan propiedades individuales iguales.

De acuerdo al ejemplo anterior, podemos decir que los objetos moleculares son T1(v p) T2(v p) ...C2(v p) en donde **v** y **p** se refieren respectivamente a la versión y propiedades de cada componente. Entonces OB_1 es internamente igual a OB_2 si además de generar la misma cadena de componentes, cada uno de éstos guarda similitud en su versión y propiedades.

5.2. OPERACIONES SOBRE CONSTITUTIVOS DE OBJETOS

Una de las principales ventajas que se derivan de la representación antes aludida es la irrestricta posibilidad de efectuar operaciones sobre la base de datos que contiene el objeto OB_i representado. A continuación se muestran algunos algoritmos con los que se puede manipular los registros correspondientes a un OB_i.

RETRIVE

retrive(var_1,val_1... var_n,val_n)

las funciones de este tipo utilizadas por SES son: **b-ent**, **b-atr** y **b-blck**. Dos de ellas ya fueron anotadas en el capítulo 3, mientras que la tercera se muestra enseguida

```
;OBTIENE LISTA DE OBJETOS ob DE CLASE ele, CONTENIDOS
;EN OB (ens)
(defun b-blck (ens ele)
  (setq ls nil
        nbloq (cdr (assoc 2 (entget (next-block ens)))) )
  (while (and (not (equal nbloq "COD")) (not (null ens)))
    (cond ((eq nbloq ele) (setq lscir (cons ens ls))) )
    (setq ens (next-block ens))
    (cond ((not (null ens))
          (setq nbloq (cdr (assoc 2 (entget ens)))) )  )
  )
  ls
)
```

DELETE

delete(ob_i,OB_i)

las operaciones de borrado utilzadas en SES son **borra-hijo** y **borra-arnes**, con las que se elimina un constitutivo ob_j y OB_i respectivamente. El segundo, es un caso trivial que se reduce a la eliminación del archivo intrínseco al nombre de OB_i, mientras que en el primer caso se debe encontrar el ob_j cuyo padre es el bloque indicado como segundo argumento de la función "delete".

UPDATE

update(ob_i,$\circ_i$)

la actualización de registros de los ob_i se lleva a cabo bajo dos modalidades, por así llamarlas. La primera permite modificar todas o algunas propiedades internas del objeto en cuestión, mientras que la segunda implica la redefinición de las relaciones estructurales.

El procedimiento a través del cual, SES modifica la estructura de objetos es un tanto afín a nustros propósitos[6]: se pasa como argumentos dos objetos en donde, el primero (ob_1) corresponde al bloque que se desea modificar mientras que el segundo (ob_2) corresponde al bloque que define la estructura que se desea obtener. Las dos funciones definidas para estos propósitos son **modi-struct**(ob_1 ob_2) y **camb_dat()**. Debido a lo extenso del código sólo anotamos el correspondiente a la última función.

---

6 Este procedimiento ya ha sido explicado en *secc. 4.3.3.*

```
;EFECTUAR CAMBIOS DE PROPIEDADES SOBRE COMPONENTES ob
;PERTENECIENTES A UN MISMO OB
(defun camb_dat ( / op ent lscir col co2 lsele)
   (setq lscir nil
         lsele nil)
   (while (not (equal op "Fin"))
      (initget 1 "Cambiar Fin")
      (setq op (getkword "MODIFICACION DE DATOS <Cambio/Fin> "))
      (if (eq op "Cambio")
          (progn
             (setq ent (car (select-diag-ele "COMPONENTE" 0)) )
             (cond ((eq (cdr (assoc 2 (entget ent))) "CIRCUITO")
                    (setq col   (b-atr ent "CODCIRC" 1)
                          co2   (b-atr  ent "CODCABLE" 1)
                          lscir (cons (list ent col co2) lscir)))
                   (t (setq col   (b-atr ent "CODCLTE" 1)
                          lsele (cons (list ent col "") lsele))))
             (command "DDATTE" ent) ) ) )
   (initget 1 "Si No")
   (setq op (getkword "ACTUALIZAR CODIGOS <Si/No> ? "))
   (cond ((eq op "Si") (actua-codigos (list lscir lsele)) )
         (t nil) )
)
```

El no paso de parámetros en esta función se explica por el hecho de que el usuario, interactivamente, indicará en la pantalla qué objetos son los que desea modificar.

C O N C L U S I O N E S

El carácter general con que se han abordado los capítulos precedentes, nos ha obligado a omitir varios detalles que eventualmente resultan de interés para el lector especializado. Asumiendo que en el mejor de los casos, cualquier análisis detallado del sistema conlleva a una rigurosa observancia de la codificación de los programas correspondientes, nos hemos preocupado por presentar con la mayor claridad posible, las ideas sobre las que se ha diseñado el sistema ICIC e inclusive sobre los puntos de mayor relevancia de los módulos SEPACA y SES; paralelamente se ha procurado una repesentación general, útil en otro tipo de aplicaciones que no sea precisamente relativa a la manufactura de arneses. Las principales conclusiones a las que se ha llegado son:

PRIMERA la conveniencia de utilizar diseños en "formato carta", p.ej. Planos Carta, permite una representación más eficiente (compactación de dibujos). A través del uso adecuado de SEPACA, es posible separar los dibujos individuales contenidos en un PC, consiguiendo una comparativa mayor rapidez y

calidad en la reproducción de diseños individuales, en comparación con lo que se obtiene bajo métodos convencionales de separación de planos.

SEGUNDA mediante el módulo SES es posible generar de manera *cuasi* automática los diagramas de ensamble de un arnés específico, evitando con ello, realizar tareas repetitivas, tales como el proceso de redibujar elementos con características pictográficas similares.

TERCERA el uso de objetos moleculares proporciona grandes ventajas para la representación de objetos del mundo real. Por esta razón y por otras, no de menor importancia, mediante una representación general, SES cuenta con la potencialidad de ser adaptado a distintas tareas relacionadas con el diseño y manufactura.

CUARTA en la medida en que los módulos que integran ICIC sean utilizados en el proceso productivo, habrá una mejor capacidad de respuesta de las plantas arnesera que hagan uso de este sistema. Esto es, una consecuencia inmediata de la mayor automatización de tareas de diseño y producción así como una mayor integración de las mismas.

QUINTA podemos afirmar que con el desarrollo de los módulos SEPACA y SES se resuelve satisfactoriamente el problema de generación, consistente en transformar información de diseño en información de producción. Resaltando la posibilidad real de

leer e interpretar entidades gráficas -diseños- y obtener a la postre, información pertinente para la elaboración de programas de producción o para el proceso productivo propiamente dicho.

Por último, a manera de comentario final debemos señalar que la fábrica del futuro, como un todo completamente automatizado e integrado permanecerá todavía como un reto insoslayable a las necesidades de cambio tecnológico. De hecho ningún sistema comercial CAD/CAM es capaz de transformar diseños en productos terminados. No obstante lo anterior, en virtud de los alcances obtenidos a través del módulo de Procesamiento de Información de ICIC -por modestos que sean- nos obligan a no escatimar esfuerzos para desarrollar sistemas afines con los que se pueda cambiar en definitiva las relaciones de producción en la industria manufacturera.

B I B L I O G R A F I A

[1] **Batory D. S. & Won Kim,** Modeling Concepts for VLSI CAD Objects, **ACM**, Transactions on Database Systems, Vol. 10, No. 3, 1985.

[2] **Baker K.,** Towards the Information Society. Selected papers from the Hong Kong Conference 1983, pp. 3 - 7 Edited by Ramon C. Barquin & Graham P. Mead.

[3] **Buchman Sauter Alejandro,** El uso de un sistema convencional versus un Manejador de Bases de Datos especialmente diseñado para manipular datos de CAD. Memorias de la II Reunión Nacional de CAD/CAM, pp. 139 - 145, Cuernavaca, 1986.

[4] **Chan Edmond,** The era of industrial automation and its impactt on Hong Kong, Selected papers ... pp 39 - 43

[5] **Gonzalez R. Jorje,** Captura de arneses. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, 1989.

[6] **Groover P. Mikell & Zimmers Emory W.**, CAD/CAM Computer Aidede Disign and Manufacturing. Prentice Hall, Inc. 1984.

[7] **Martinez José**, Ingenieria de arneses. Tesis de Maestria, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, 1990.

[8] **Lee John R.** *et al* Principles of Intelligent Interfaces for CAD Systems. University of Edinburgh, 1988.

[9] **Siska Alvidres Carlos**, Modelación tridimensional de sólidos Proyecto Adros. FAMA - ITESM, Memorias de la II Reunión ... pp 61- 68.

[10] **Zozaya Gorostiza C.**, Generación automatizada de hojas de proceso. Carniege Mellon University, Department of Civil Engineering, Pittsburgh, 1988.

[11] **Zozaya Gorostiza C. & Sedas Gersey S.** Aplicaciones de inteligencia artificial a Procesos de Manufactura. Carniege Mellon University, Engineering Design Research Center, Pittsburgh, 1988.

CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.

Ave. Instituto Politécnico Nacional 2508 Col. San Pedro Zacatenco
México, D.F., C.P. 07300

EL JURADO DESIGNADO POR LA SECCION DE COMPUTACION DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA, APROBO EL DIA 27 DEL MES DE JUNIO DEL AÑO DE 1990 EL TRABAJO DE TESIS "ENSAMBLAJE DE ARNESES ASISTIDO POR COMPUTADORA"

DESARROLLADO POR EL ALUMNO: LUIS EDUARDO QUIROZ ARRUNATEGUI

M. EN C. FELIU DAVINO SAGOLS TRONCOSO

M. EN C. JUAN ANTONIO GONZALEZ R.

M. EN C. SERGIO CHAPA VERGARA

Conmutador: 754.02 00 Telex: 1772826 Telefax: 586 65 64

AUTOR QUIROZ ARRUNATEGUI, L.E.

TITULO ENSAMBLAJE DE ARNESES ASISTIDO POR COMPUTADORA

CLASIF. XM 90.11 **RGTRO.** BI 11735

NOMBRE DEL LECTOR	FECHA PREST.	FECHA DEVOL.
Margarita Garay	7/11/91	12/XI/91
Dr. Guillermo Morales	5-12-95	5/XII/95 4.