

SIELAN, SISTEMA EXPERTO PARA EL DISEÑO DE REDES DE ÁREA LOCAL



**CAROLL ZULEIMA JOAQUI TRUJILLO
ALBERTO DE JESUS GONZÁLEZ RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS
POPAYÁN
2003**

SIELAN, SISTEMA EXPERTO PARA EL DISEÑO DE REDES DE ÁREA LOCAL



CAROLL ZULEIMA JOAQUI TRUJILLO
ALBERTO DE JESUS GONZÁLEZ RAMÍREZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

Director
JUAN CARLOS VIDAL ROJAS
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS
POPAYÁN
2003

Jurado

Jurado

Ciudad y fecha (día, mes, año) _____

*Que inmensa es la satisfacción del deber
cumplido, de haber sentido el apoyo que nuestros
profesores, nuestros padres, desinteresadamente
nos brindaron para llegar a la meta que en parte
nos propusimos.*

*Que la alegría que nos embarga los cobije a
todos y sea la muestra de nuestra eterna gratitud.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Juan Carlos Vidal Rojas, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones y Director del Proyecto, por sus valiosos aportes, que permitieron dar un enfoque adecuado y moderno al Proyecto, y por su apoyo y motivación.

Al Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, por su colaboración e interés en el Proyecto.

A Francisco Pino, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, y Siler Amador, Ingeniero de Sistemas, que sirvieron como evaluadores y jurados del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	I
1. VISIÓN GENERAL DEL DISEÑO DE REDES LAN ACTUALES	II
2. OBJETIVOS	II
2.1. Objetivo general	II
2.2. Objetivos específicos	III
3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	III
CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DEL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. EL PROBLEMA GENERAL DEL DISEÑO	2
1.3. EL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL Y SU PROBLEMÁTICA	3
1.4. POR QUÉ ES ADECUADO EL USO DE SISTEMAS EXPERTOS	5
CAPÍTULO 2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS SISTEMAS EXPERTOS	9
2.1. INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	9
2.2. LOS SISTEMAS EXPERTOS	10
2.2.1. Características de un Sistema Experto	11
2.2.2. Arquitectura de un Sistema Experto	12
2.2.3. Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos	14

2.2.3.1. Planeación	15
2.2.3.2. Definición del conocimiento	15
2.2.3.3. Diseño del conocimiento	16
2.2.3.4. Código y verificación	16
2.2.3.5. Verificación del conocimiento	17
2.2.3.6. Evaluación del sistema	17
2.2.4. Herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos	17
2.2.4.1. Lenguaje	17
2.2.4.2. Herramienta	18
2.2.4.3. Shell	18
2.2.4.4. Entornos de desarrollo	18
2.3. REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO	19
2.3.1. Lógica de predicados	19
2.3.1.1. Representación del conocimiento	19
2.3.1.2. Inferencia en lógica de predicados	19
2.3.1.3. Limitaciones de la lógica de predicados	20
2.3.2. Reglas de producción.	20
2.3.2.1. Representación del conocimiento	20
2.3.2.2. Inferencia en sistemas de producción	21
2.3.2.3. Desventajas de los sistemas de producción	21
2.3.3. Redes semánticas	21
2.3.3.1. Representación del conocimiento	21
2.3.3.2. Razonamiento con redes semánticas.	22
2.3.3.3. Dificultades con las redes semánticas	22
2.3.4. Marcos	23
2.3.4.1. Representación del conocimiento	23
2.3.4.2. Razonamiento con marcos	24
2.3.4.3. Dificultades con los marcos	24
CAPÍTULO 3. LOS SISTEMAS EXPERTOS Y EL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL	26
3.1. SISTEMAS EXPERTOS ORIENTADOS AL DISEÑO	26
3.1.1. Introducción	26

3.1.2. Métodos de Resolución de problemas	28
3.1.2.1. Sistemas basados en reglas	29
3.1.2.2. Jerarquías de conceptos	29
3.1.2.3. Método basado en la estructura	30
3.1.2.4. Sistemas basados en restricciones	31
3.1.2.5. Razonamiento Basado en Casos (CBR)	31
3.1.2.6. Backtracking	32
3.1.2.7. Computación suave	33
3.2. SISTEMAS EXPERTOS PARA EL DISEÑO DE REDES LAN	37
3.3. CARACTERÍSTICAS DE SIELAN	47
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE REDES LOCALES	56
4.1. CONCEPTOS BÁSICOS	56
4.2. COMPONENTES DE UNA RED	57
4.3. TECNOLOGÍAS DE REDES LOCALES	62
4.3.1. Redes Ethernet	62
4.3.2. ATM	65
4.4. DISEÑANDO UNA RED LOCAL	66
4.4.1. Alcance del diseño	66
4.4.2. Tipos de LAN's	67
4.4.3. Topologías de diseño de red	68
4.4.3. Variables básicas de diseño	70
4.4.4. Metodología de diseño	70
CAPÍTULO 5. SIELAN, UNA ALTERNATIVA PARA EL DISEÑO DE REDES LOCALES	73
5.1. INTRODUCCIÓN	74
5.2. PROBLEMA DE DISEÑO DE REDES LOCALES	74
5.2.1. Propuesta de diseño Modular	75
5.2.2. Modelo de tareas	76
5.2.3. Modelos de diseño	78
5.3. SIELAN, ARQUITECTURA Y OPERACIÓN	83

5.3.1. Herramientas de Desarrollo	84
5.3.1.1. Jess (The Expert System Shell for the Java Platform)	84
5.3.1.2. PROTEGE	86
5.3. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO	88
5.4 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA	90
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	109

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2.

Figura 2.1. Arquitectura de un Sistema Experto.	13
Figura 2.2. Ejemplo de red semántica.	22
Figura 2.3. Ejemplo de un marco.	23

CAPÍTULO 3.

Figura 3.1. Jerarquía de frames y herencia.	42
Figura 3.2. Funciones de membresía de la variable difusa confiabilidad.	45
Figura 3.3. Pasos generales del proceso de inferencia difuso.	55

CAPÍTULO 4.

Figura 4.1. Componentes básicos de una red.	58
Figura 4.2. Modelo típico de diseño de redes medianas.	68
Figura 4.3. Ejemplo de diseño de una red jerárquica basada en switches.	69
Figura 4.4. Ciclo de vida de un proceso de diseño de red.	72

CAPÍTULO 5.

Figura 5.1. Modelo de diseño de red modular.	75
Figura 5.2. Ejemplo de diseño de una red modular.	76
Figura 5.3. Estructura general del modelo de tarea.	77
Figura 5.4. Alcance de SIELAN.	78
Figura 5.5. Modelo por defecto red SOHO.	79
Figura 5.6. Modelo de diseño por defecto para una red pequeña.	81
Figura 5.7. Modelo por defecto de diseño de una red mediana.	82

Figura 5.8. Estructura de SIELAN.	83
Figura 5.9. La representación de ontología en Protege-2000.	87
Figura 5.10. Fase de análisis de requerimientos proyecto Ejemplo1.	93
Figura 5.11. Fase de diseño proyecto Ejemplo1.	94

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO 4.

Tabla 4.1 Comparación entre dispositivos de interconexión.	61
Tabla 4.2. Resolución de prioridades en autonegociación.	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. PROPUESTA DE DISEÑO MODULAR Y CODIFICACIÓN

ANEXO B. MANUAL DE USUARIO

INTRODUCCIÓN

“El mundo que hemos hecho como resultado del nivel de pensamiento alcanzado crea problemas que no pueden ser resueltos al mismo nivel al cual fueron creados”

Albert Einstein

Los diseñadores y usuarios de redes tienen la habilidad de crear problemas de diseño que no pueden ser resueltos al mismo nivel al que fueron creados. Este predicamento puede resultar en redes que sean difíciles de concebir y de corregir y que además no satisfagan las expectativas del cliente y las expectativas de crecimiento de la organización. Estas redes pueden ser construidas a partir de un gran número de dispositivos, arquitecturas de comunicación y protocolos. El desafío está en como poner juntos estos dispositivos y arquitecturas de comunicación para conformar un sistema consistente que de soporte a un gran rango de dominios de aplicación y calidades de servicio. Este es el problema típico que los diseñadores de cualquier sistema deben resolver.

El presente documento reúne los resultados del estudio realizado para llevar a cabo el diseño e implementación del sistema experto para el diseño de redes locales "SIELAN". SIELAN provee un apoyo confiable en la toma de decisiones durante el proceso de diseño de una red para una edificación, empleando tecnologías y herramientas de última generación en el desarrollo de sistemas basados en conocimiento.

1. VISION GENERAL DEL DISEÑO DE REDES LAN ACTUALES

Las nuevas prácticas de negocios están impulsando grandes cambios en las características de diseño de redes corporativas. La transición de una economía industrial a una economía de información, la nueva función crítica de los empleados en el desarrollo de la organización y el surgimiento de una economía global altamente competitiva ha acelerado la velocidad a la cual las compañías deben adaptarse a los cambios financieros y tecnológicos. A la par los vendedores y organismos de estandarización están introduciendo nuevos protocolos y tecnologías a gran velocidad. Los

diseñadores de redes se están enfrentando continuamente a nuevos y más complejos problemas de diseño en donde el conocimiento técnico especializado se hace indispensable. La variedad y complejidad de los campos de estudio entre los que se destacan el análisis, la planeación e implementación de servicios y aplicaciones de usuario así como de una arquitectura, infraestructura y topología de red, técnicas de transporte de datos, estándares y protocolos, hacen que en el proceso de diseño de red se pierdan datos o se dejen de considerar factores críticos cuya consecuencia solo es observable en el desempeño de la red. Una de las características claves de un diseño de red actual es que debe ser construida para soportar las necesidades actuales y futuras. Un diseño de red eficiente es vital para los negocios de la organización.

La introducción de sistemas de apoyo en el diseño de redes facilitan de alguna manera la labor del ingeniero, sobre quien recaen las decisiones más importantes. Estas herramientas permiten la interconexión de puntos a través de alguna variedad específica de medio. El problema reside en la omisión del análisis de los requerimientos del cliente y en la selección de dispositivos y medios a partir de dichos requerimientos. Esto se debe en parte a la gran cantidad de variables y conocimiento técnico predefinido en estándares y protocolos, que algunas veces relegan a un segundo plano el estudio de la organización y sus requerimientos.

SIELAN soluciona en gran parte los problemas que pueden surgir durante el proceso de diseño mediante una estructura organizada para el estudio de requerimientos y mediante la utilización de tecnologías de representación y de almacenamiento de conocimiento técnico y experto adecuadas, que permiten al ingeniero concentrarse en el análisis de la organización. SIELAN está orientado por una metodología de diseño basada en los requerimientos y aplicaciones de usuario además de las características técnicas en las que normalmente se basa lo que permite asegurar el éxito del diseño.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ◆ Crear un sistema experto que sirva de ayuda en la definición de lo que se requiere para implementar una red de comunicaciones de área local, determinando las características principales que fijan su naturaleza (tecnologías, medios de transmisión, y dispositivos involucrados).

2.2. Objetivos específicos

- ◆ Ofrecer una herramienta que ayude a los profesionales en el área a tener un desempeño dinámico, efectivo y de calidad haciendo una mejor utilización de su tiempo y de su conocimiento.
- ◆ Proveer una herramienta didáctica para transmitir al usuario los conocimientos fundamentales para el diseño de una Red de Área Local su operación y las características de sus componentes.
- ◆ Proveer al experto y al usuario en general una herramienta para un mejor diseño de la red de área local planeada cumpliendo con los estándares internacionales aceptados.
- ◆ Crear un sistema que provea facilidades para la actualización por parte del experto y/o el ingeniero del conocimiento.
- ◆ Sistematizar y asegurar el conocimiento disponible en el área llevándolo a mas lugares en donde la disponibilidad de los expertos y especialistas es difícil.
- ◆ Aumentar la precisión y calidad de los conceptos.
- ◆ Unificar el conocimiento de los expertos en el área.

3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

En el presente documento se presentan los conceptos claves relacionados con redes de área local y sistemas expertos, y su integración como parte del desarrollo de SIELAN. El documento se ha estructurado de la siguiente manera:

CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DEL DISEÑO DE REDES DE ÁREA LOCAL

En este capítulo se analiza la problemática del diseño de redes de área local que motivo el desarrollo del sistema experto SIELAN. Se muestran los diferentes inconvenientes que predominan en el

diseño de LAN's y se explica el porque es adecuado el uso de sistemas expertos para enfrentar esta problemática.

CAPÍTULO 2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS SISTEMAS EXPERTOS

Este capítulo describe los conceptos fundamentales de inteligencia artificial y sistemas expertos sobre los que se apoya el desarrollo del siguiente trabajo y que son requeridos para el entendimiento de los capítulos posteriores. Inicialmente se realiza una introducción a la inteligencia artificial, después se definen los sistemas expertos, sus principales características, su arquitectura, metodologías y herramientas de desarrollo y por ultimo se presentan las formas más comunes de representación del conocimiento

CAPÍTULO 3. LOS SISTEMAS EXPERTOS Y EL DISEÑO DE REDES DE ÁREA LOCAL

Este capítulo examina algunas de las tecnologías de representación y métodos de resolución de problemas más comunes que han sido empleados en la construcción de sistemas expertos orientados al diseño en los últimos años, da una descripción de sistemas que se han desarrollado para el diseño de redes de área local, y hace una comparación entre ellos y SIELAN.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL

Este capítulo describe los conceptos claves sobre el diseño de redes de área local, sus componentes y metodologías de diseño

CAPÍTULO 5. SIELAN, UNA ALTERNATIVA PARA EL DISEÑO DE REDES LOCALES

En este capítulo se presenta la forma como SIELAN aplica los conceptos de sistemas expertos para dar solución al problema de diseño de redes LAN. La primera parte muestra la propuesta de solución que presenta el sistema, después se detalla la arquitectura de SIELAN junto con las herramientas incorporadas, se continúa con la forma de representación del conocimiento al interior de SIELAN y se finaliza con algunos ejemplos de prueba.

CAPÍTULO 1

PROBLEMÁTICA DEL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. EL PROBLEMA GENERAL DE DISEÑO
- 1.3. EL DISEÑO DE REDES DE ÁREA LOCAL Y SU PROBLEMATICA
- 1.4. POR QUÉ ES ADECUADO EL USO DE SISTEMAS EXPERTOS

En este capítulo se analiza la problemática del diseño de Redes de Área Local (LANs) que motivó el desarrollo del sistema experto SIELAN. Se muestran los diferentes inconvenientes que predominan en el diseño de LANs y se explica porque es adecuado el uso de Sistemas Expertos para enfrentar esta problemática.

1.1. INTRODUCCIÓN

En esta era de la información y las redes, la habilidad para comunicarse efectivamente se ha convertido en la clave para el éxito de los negocios. Actualmente, las infraestructuras de redes están jugando un papel cada vez más crítico dentro de la mayoría de organizaciones exitosas del mundo. Las corporaciones empresariales extensas han logrado ganancias dramáticas en productividad y eficiencia de la implementación de aplicaciones cliente/servidor y aplicaciones de negocios por Internet, tales como comercio electrónico, integración de cadena de abastecimiento, y gestión de las relaciones con el cliente. Las nuevas aplicaciones que ahorran costos e incrementan la productividad, tales como voz sobre IP y emisión de video mas adelante elevarán la infraestructura de la red como un componente integral de la empresa moderna.

Estas tendencias inicialmente limitadas a las corporaciones empresariales más extensas, ahora también están impactando las corporaciones de tamaño medio que pueden variar en tamaño de 200 a 500 empleados, e incluso también las de tamaño pequeño.

Por otra parte, la disponibilidad, a un bajo costo, combinada con la alta potencia de las estaciones de trabajo ha resultado en un mayor despliegue de las Redes de Área Local.

Debido a su atractivo precio-rendimiento y escalabilidad, las soluciones LAN Ethernet se han convertido en las soluciones a elegir en los diseños de redes LAN actuales. Las soluciones de conmutación escalables basadas en Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet han sido introducidas para manejar la ascendente demanda de ancho de banda y rendimiento mas alto, como respuesta a la rápida adopción de tecnologías Internet y a la consolidación creciente de datos, voz, y video en una infraestructura de red común. Diseños de red apropiados son requeridos para lograr los objetivos de negocios y para hacer de la red una ventaja competitiva.

Para sacar provecho de las ventajas que pueden llegar a ofrecer las LANs actuales, se requieren diseños de red eficientes y óptimos que generen redes usables y abordables. Sin embargo este proceso de diseño está enmarcado por la influencia de múltiples factores, entre los cuales resulta muy difícil encontrar un punto de balance que de satisfacción a todos por igual. Esto se explicará con más detalle en las siguientes secciones.

A continuación se presenta la problemática que enfrenta la configuración de sistemas en general, para posteriormente analizar los problemas que enfrenta el diseño de Redes de Área Local en particular, así como la alternativa de solución que se ha encontrado en el empleo de Sistemas Expertos.

1.2. EL PROBLEMA GENERAL DEL DISEÑO

El problema que evidencia el diseño (diseño tradicional asociado a la configuración – ver sección 3.1.1) de sistemas en general es la ausencia de un conocimiento claro acerca de cómo conectar los componentes básicos que constituyen el sistema. La conexión entre componentes depende de los

mismos componentes, éstos determinan si es posible una conexión o si se pueden establecer relaciones entre ellos [45].

Es típico en muchas clases de problemas de diseño que se tenga un conocimiento de las leyes fundamentales de comportamiento de los componentes, pero dificultad para predecir como se desempeñará la unión de tales componentes [44].

1.3. EL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL Y SU PROBLEMÁTICA

Conforme las aplicaciones tecnológicas han alcanzado mayor sofisticación y en la medida en que las empresas tienen más personal conectado a una LAN, el diseño de redes se ha vuelto más complicado.

El conocimiento, evaluación y selección de tecnologías de red, de servicios, de protocolos, acogimiento de estándares, análisis del entorno del mercado, características ofrecidas por proveedores, las diferentes reglas de combinación posibles son algunas características que hablan sobre la complejidad del diseño de redes.

Las Redes de Área Local están compuestas por una diversa cantidad de elementos con diferentes formas y funciones. Por *diseño de red*, se entiende la selección de varios dispositivos de red y opciones de conectividad para cumplir con los objetivos operacionales de la organización. La configuración de una red puede afectar enormemente su rendimiento y costo. Por consiguiente es vital que realice la mejor combinación de equipos, conexiones y ubicación de las conexiones de red para usuarios finales, para satisfacer los objetivos de la organización. Estos objetivos pueden incluir una multitud de factores, además de los precios de los computadores y de las redes, tales como la confiabilidad, el tiempo de respuesta, la disponibilidad, y la facilidad de servicio, entre otros.

Las Redes de Computadores pueden ser construidas a partir de un gran número de dispositivos, un número diferente de arquitecturas de comunicaciones y opciones de protocolos. El desafío es como unir estos dispositivos y arquitecturas de comunicaciones para formar un sistema de trabajo cohesivo para satisfacer un rango de dominios de aplicación y calidades de servicio. Este es el problema típico que los diseñadores de todos los sistemas (no solo los sistemas de computadores)

tienen que resolver. El diseñador necesita entender los aspectos concernientes a la tecnología disponible y combinar este entendimiento con los requerimientos de la aplicación para lograr una especificación inicial que a su vez conducirá a un diseño.

La tarea de diseñar y configurar las redes de computadores más apropiadas para una cierta aplicación y ambiente es difícil, requiere de conocimiento y habilidades técnicas altamente especializadas, así como un profundo entendimiento de un mercado comercial dinámico. Así el diseño de redes de computadores, exige diseñadores profesionales con conocimiento intensivo y experiencia.

Los administradores y proveedores de redes deben enfrentarse además al continuo cambio de las configuraciones para cumplir con las siempre crecientes demandas de los requerimientos de las aplicaciones de usuario, y deben hacer que los sistemas den el rendimiento esperado dentro de cortos periodos de tiempo desde su instalación.

Para que los administradores de redes dentro de las corporaciones de tamaño medio rediseñen sus redes para soportar aplicaciones de la siguiente generación como voz y video, ellos necesitan diseñar redes más robustas que antes. Estos nuevos diseños deben asegurar los niveles más altos de escalabilidad, rendimiento, disponibilidad, y calidad de servicio.

Un factor aun más importante es que no justamente cualquier solución es aceptable, usualmente existen restricciones extra que prohíben la selección de una solución particular; por ejemplo el costo puede ser una limitación. Tales decisiones también pueden ser complicadas por el hecho que los dominios de aplicación de estos sistemas son frecuentemente de tiempo real en naturaleza y por lo tanto son más exigentes.

Un buen diseño de red debe estar basado en los objetivos del cliente. Los objetivos del cliente incluyen los requerimientos de negocios del cliente, los requerimientos técnicos, y restricciones políticas y de negocios.

Por otra parte también se debe considerar qué requerimientos son prioritarios, si el objetivo es maximizar el rendimiento, o minimizar los costos, o si es más importante el costo que el rendimiento, o si es más importante la simplicidad que la funcionalidad.

Para asegurar que el diseño sea eficiente y adecuado, se debe garantizar que el diseño corresponda a la especificación de requerimientos. Así un buen diseño, se caracteriza porque los componentes del sistema o los requerimientos del sistema son en su totalidad satisfechos.

Como se puede observar el diseño de red no está limitado al transporte de datos. Es un campo amplio que cubre análisis, planeamiento e implementación de las aplicaciones de usuario, así como de la arquitectura de red, infraestructura y topología, técnicas de transporte de datos, estándares, servicios y protocolos. Una de las características claves de un buen diseño es que sea construido para soportar las necesidades presentes y futuras. Una red de datos diseñada eficientemente será vital para una organización de negocios, pero así mismo puede ser dañina si no es diseñada correctamente.

1.4. POR QUÉ ES ADECUADO EL USO DE SISTEMAS EXPERTOS

Una vez se ha escogido que componentes usar en un diseño de red, se debe tener una estrategia para encontrar la configuración más apropiada. Puede haber un número infinito de soluciones, donde solo un muy pequeño número de soluciones son aceptables. Entonces surge la pregunta – como se puede encontrar efectivamente una buena solución al problema de configuración de una LAN?

Obviamente, muchas de las soluciones posibles serán casi iguales, y muchas de ellas probablemente extrañas, desde el punto de vista de un experto humano en el dominio de aplicación. Se necesita alguna clase de estrategia y razonamiento que conduzca a soluciones buenas y realistas a partir de la representación del conocimiento del dominio. Diseñadores profesionales con conocimiento intensivo y experiencia pueden ayudar a resolver el problema. Los sistemas expertos actuales han obtenido sólidos logros en el soporte de decisiones, ellos usan experiencia previa para resolver problemas en diferentes dominios.

Los sistemas expertos son conocidos por el uso flexible de diferentes razonamientos para situaciones diferentes, y por su especificación de conocimiento diferente para facilitar el mantenimiento y el razonamiento. Ellos frecuentemente combinan el conocimiento heurístico (“conocimiento de como”) aprendido de expertos del dominio, con principios de razonamiento más generales.

Desde la creación, a comienzos de los 80's, de un sistema basado en el conocimiento para los computadores mainframe de Digital, de acuerdo a las demandas del cliente, los sistemas basados en el conocimiento han sido usados para otros tantos problemas de configuración no triviales, donde los programas normales han fallado. Para citar un ejemplo, en [40], Max y Staffan encuentran que solo uno de los sistemas orientados a la configuración estudiados no usaba una propuesta basada en el conocimiento: "IDA-NET: An Intelligent Decision Aid for Battlefield Communications Networks Configuration" [41], este sistema utilizaba Algoritmos Genéticos como estrategia de solución.

Esto implica la aplicabilidad de la propuesta basada en el conocimiento comparada con un programa convencional, aun si allí pueden haber posibilidades para usar programas ordinarios. Los problemas principales con los programas ordinarios son la inhabilidad para adaptarse suavemente a los cambios en el dominio de conocimiento, y el problema de expresar claramente diferentes estrategias de solución en el lenguaje de programación.

En [43], Merabti describe el uso de los sistemas basados en el conocimiento en el ámbito del diseño de sistemas distribuidos de tiempo real, y hace un seguimiento de su empleo en los sistemas de diseño en general, y reconoce que las bases de conocimiento están jugando un rol creciente en la construcción de ambientes de diseño más comprensivos.

El conocimiento capturado en los sistemas basados en conocimiento es generalmente de dos tipos:

- Los hechos del dominio. Este es el conocimiento ampliamente compartido que está escrito en libros y publicaciones.
- El conocimiento heurístico igualmente importante para la práctica en un campo.

El conocimiento heurístico es conocimiento específico del dominio que los expertos ganan con años de práctica en un campo particular. Este tipo de conocimiento permite a los expertos humanos hacer suposiciones ilustradas cuando sea necesario, para simplificar el espacio de búsqueda para obtener soluciones posibles rápidamente, identificando propuestas prometedoras a los problemas, para obtener soluciones adecuadas aun cuando la información disponible es incompleta.

Una heurística puede ser concebida como una regla de dedo: no se garantiza que sea exitosa, en la forma en que un algoritmo o procedimiento de solución lo es, pero es útil en la mayoría de casos [42]. Las heurísticas son opuestas al razonamiento formal o computación algorítmica. En la

computación algorítmica, el método específico para ir directo a la respuesta de un problema es conocido y esta hecho en un programa. Sin embargo, problemas tales como el diseño de redes de computadores no siempre tienen soluciones que pueden ser representadas por algoritmos manejables.

Los Sistemas Expertos tienen otras características que los hacen igualmente apropiados para el dominio bajo consideración. Por los mecanismos de razonamiento y justificación de decisiones que emplean, que los diferencian de los sistemas convencionales, pueden ser usados por los expertos en el área de aplicación, como ayudantes, permitiéndoles ahorrar tiempo y dinero. También se pueden usar como consultores cuando no se tiene acceso a la experiencia, facilitando la transferencia de conocimientos valiosos provenientes de especialistas a personas que deseen aprender y aproximarse a su capacidad. Estas cualidades son muy importantes en el ambiente de diseño de redes LAN ya que los expertos con los que se cuenta no son muchos y el conocimiento de estrategias de diseño es mínimo y difícil de encontrar.

Hasta aquí se ha dado una introducción a la problemática del diseño de Redes de Área Local, en el Capítulo 4 se tratan los aspectos principales de las Redes de Área Local y su proceso de diseño. En resumen, los inconvenientes que afronta el diseño de una red dependen de la variedad de tecnologías, protocolos y estándares existentes, y de su integración para cumplir con los requerimientos de aplicaciones de usuario, y los objetivos técnicos y de negocios de la organización. La principal ventaja de usar Sistemas Expertos es el uso de conocimiento heurístico que facilita el proceso de diseño permitiendo una filtración de las soluciones más adecuadas de acuerdo a la experiencia, además de la representación del conocimiento y métodos de razonamiento que emplea que han mostrado ser muy adecuados para enfrentar los problemas de diseño en general.

SIELAN es un sistema experto que surge como una alternativa de solución a la problemática del diseño de Redes de Área Local. SIELAN tiene una misión frente a esta problemática. SIELAN debe proveer soporte a los requerimientos de las aplicaciones de red, así como a objetivos más generales de la organización, tales como disponibilidad, escalabilidad, abordabilidad y rendimiento, adaptándose a los estándares tecnológicos existentes. Además de generar diseños que equiparen de la mejor forma con los requerimientos, los diseños también deben estar conducidos por las exigencias cada vez mayores de los usuarios de redes, por las condiciones fluctuantes del mercado, y el rápido avance en la tecnología de computadores y redes. Estas imposiciones que debe resolver SIELAN, son mejor abordadas desde la perspectiva de los sistemas expertos que desde la

perspectiva de los sistemas convencionales, fundamentalmente por las características del conocimiento que un sistema experto incluye.

CAPÍTULO 2

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS SISTEMAS EXPERTOS

- 2.1. INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- 2.2. LOS SISTEMAS EXPERTOS
- 2.3. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Este capítulo describe los conceptos fundamentales de Inteligencia Artificial (IA) y Sistemas Expertos (SE) sobre los que se apoya el desarrollo del presente trabajo y que son requeridos para el entendimiento de los capítulos posteriores. Inicialmente se realiza una introducción a la Inteligencia Artificial, después se definen los Sistemas Expertos, sus principales características, su arquitectura, metodología y herramientas de desarrollo, y por último se presentan las formas más comunes de representación del conocimiento.

2.1. INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Algunas aproximaciones de lo que se consideraba Inteligencia Artificial [11,19,20,7,8], se citan a continuación:

“La Inteligencia Artificial trata con el diseño de sistemas inteligentes, es decir, sistemas que exhiben características que asociamos con la inteligencia humana -entender lenguaje natural, aprendizaje, razonamiento, etc. [Feigenbaum]

“La Inteligencia Artificial se encarga de la programación de computadoras para que hagan tareas que actualmente son hechas mejor por los seres humanos, ..., aprendizaje perceptual, organización de la memoria, razonamiento. [Jackson]

“La Inteligencia Artificial es un campo de la ciencia y de la ingeniería que se ocupa de la comprensión a través de la computadora de lo que comunmente llamamos comportamiento inteligente y de la creación de herramientas que exhiben tal comportamiento. [Shapiro]

En la actualidad, la **IA** comprende el estudio y creación de sistemas computarizados que manifiestan cierta forma de inteligencia: sistemas que aprenden nuevos conceptos y tareas, que pueden razonar y derivar conclusiones útiles acerca del mundo que los rodea, sistemas que pueden comprender un lenguaje natural o percibir y entender una escena visual, y sistemas que realizan otro tipo de actividades que requieren de inteligencia humana.

Los campos de aplicación de la IA más comunes son: el Reconocimiento de Imágenes [5], el Reconocimiento de Voz o de Patrones [1,6], la Demostración Automática de Teoremas, el Procesamiento del Lenguaje Natural [2,5,10], la Visión Artificial [2, 3,10], los Juegos [3], la Robótica [2,3,5,6,9,10], y los Sistemas Expertos [3,5,6,10].

Otros campos de investigación más actuales incluyen la aplicación de Redes Neuronales [3,6,10, 11,12,13,14], Lógica Difusa [10], Redes Bayesianas [11,13], Algoritmos Genéticos [1,3,10,11,13], la utilización de Ontologías para representar el conocimiento, Agentes Inteligentes [22, 23, 24, 25,26], y Data Mining para obtención de conocimiento en bases de datos.

2.2. LOS SISTEMAS EXPERTOS

El profesor Edward Feigenbaum, pionero en la tecnología de los Sistemas Expertos [4,5,6,11,19,20], los ha definido como "un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para su solución".

El conocimiento extraído del experto se centra específicamente en el **dominio del problema** que se va a considerar. Dentro de este dominio, el sistema razona o hace inferencias de la misma forma en que un especialista humano inferiría la solución de un problema.

El conocimiento presente en los Sistemas Expertos actuales incluye una parte pública, hallada en los textos y referencias del área específica, y una parte privada, que constituye la experiencia del experto. También es común denominar a los sistemas expertos, **Sistemas Basados en el Conocimiento**.

A pesar de algunas limitaciones que han tenido que enfrentar, como la dificultad para la transferencia del conocimiento humano al sistema, los Sistemas Expertos han tenido éxito al tratar con problemas del mundo real que los métodos de programación habían sido incapaces de resolver, sobre todo aquellos que tratan con incertidumbre o con información incompleta. Se han aplicado con éxito en una gran variedad de áreas de la ciencia, la tecnología y la gestión tales como diagnóstico, planeación, diseño, control, predicción, mantenimiento, etc.

2.2.1. Características de un Sistema Experto

Los SE en la actualidad se caracterizan por:

- Su habilidad para procesar información que es más compleja y que cambia más rápidamente que la información normalmente procesada por sistemas convencionales. Se aplican en áreas en las que resulta muy difícil analizar todos los casos teóricamente imaginables mediante algoritmos y en un tiempo razonable.
- Separa explícitamente los datos (hechos), del conocimiento, y usan un componente completamente independiente, el mecanismo de inferencia, para aplicar el conocimiento a los datos.
- El conocimiento que contiene el sistema es fácil de actualizar gracias al componente de adquisición que permite la inclusión, modificación o eliminación de conocimiento en la base de conocimientos.

- Permiten que la experiencia de un especialista esté disponible en cualquier momento y de manera rápida y oportuna.
- El conocimiento adquirido durante la resolución de un problema, puede ser utilizado posteriormente por el sistema como experiencia.
- Pueden servir de apoyo a un especialista, proporcionándole una segunda opinión que le permite evaluar si se han tomado las decisiones correctas.
- Tienen la posibilidad de justificar su propio proceso de razonamiento.
- Están en capacidad de tratar con datos incompletos, incorrectos, o inconsistentes tanto en el conocimiento almacenado como en los datos suministrados por el usuario.

Los SE también presentan algunas limitaciones:

- Los conocimientos se obtienen de un número pequeño de especialistas, y la extracción y formalización del conocimiento es un proceso difícil.
- La aplicación está orientada a un área específica limitada o a una pequeña colección de áreas.
- El conocimiento que se requiere para ejecutar la tarea, debe ser razonablemente completo, correcto y estable.

2.2.2. Arquitectura de un Sistema Experto

La figura 2.1. muestra la arquitectura general de un Sistema Experto [6] con los componentes básicos.

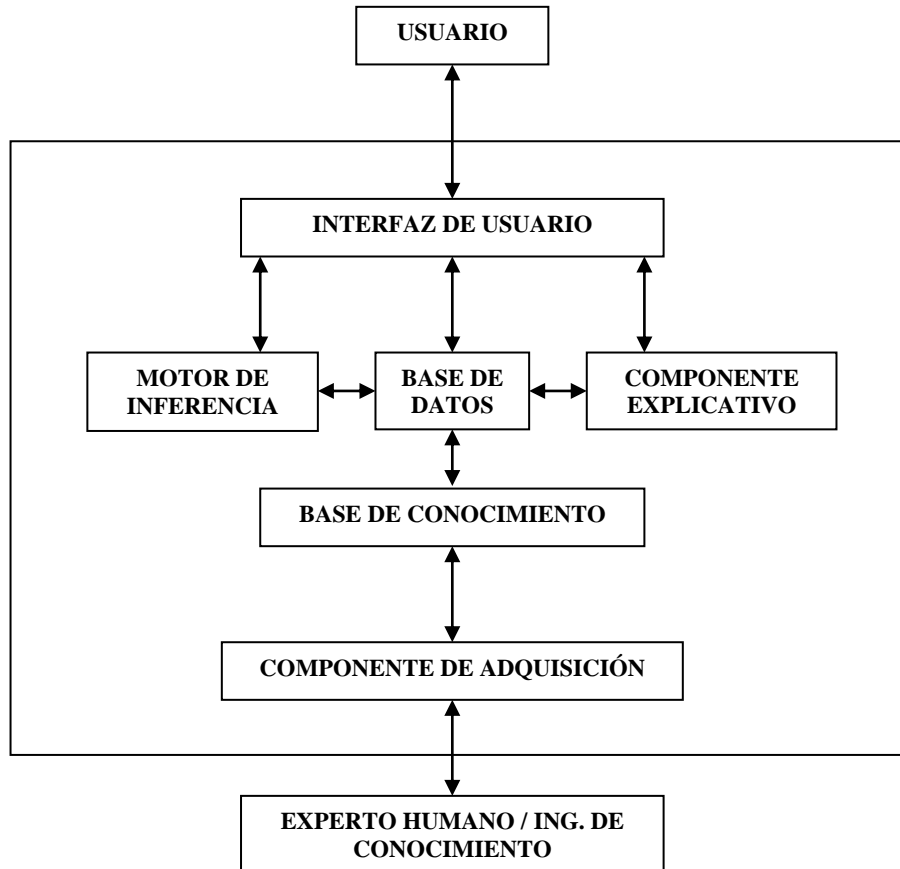


Figura 2.1. Arquitectura de un Sistema Experto.

Las personas que interactúan con el SE y que constituyen el equipo de desarrollo del mismo, son:

- **Usuario:** es la persona que hace uso del sistema experto, sus deseos y sus ideas determinan el escenario en el que debe aplicarse el SE.
- **Experto humano:** es quien posee los conocimientos y experiencia que serán trasladados al sistema.
- **Ingeniero de conocimiento:** está encargado de adquirir, estructurar y formalizar el conocimiento obtenido del experto humano y de otras fuentes, y representarlo en una forma adecuada para la máquina.

Los módulos que constituyen el SE, cumplen las siguientes funciones:

- **Base de Conocimiento:** Es un módulo esencial del SE que contiene la representación del conocimiento del dominio obtenido del experto humano y de diversas fuentes, y formalizado por el ingeniero del conocimiento.
- **Motor de Inferencia:** Es el componente que interpreta el contenido de la base de conocimiento en el contexto de una entrada específica de un usuario, o de una hipótesis, tratando de obtener conclusiones.
- **Componente Explicativo:** Explica como el sistema ha llegado a un resultado. Principalmente esta orientado a repetir el camino seguido hacia la solución para dar una idea sobre el proceso de razonamiento empleado por el sistema y dar con ésto más confianza al usuario en el resultado suministrado.
- **Interfaz de Usuario:** La interfaz de usuario hace posible el entendimiento mutuo entre el usuario y el sistema experto. Permite mantener el diálogo entre sistema y usuario durante la consulta, visualiza las informaciones del componente explicativo, presenta el resultado y emite mensajes del sistema.
- **Componente de adquisición:** Este componente debe permitir una fácil actualización del sistema experto ya sea mediante la modificación o ampliación de la base de conocimiento. Además es una herramienta importante que puede facilitar la construcción de la base de conocimiento durante el desarrollo del SE.
- **Base de Datos:** Almacena toda la información particular relacionada con el caso bajo consideración, esencialmente datos suministrados por el usuario. Se reinicializa antes de cada consulta y determina la evolución del proceso de razonamiento del sistema y los resultados de la consulta.

2.2.3. Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos

El Modelo Lineal del Ciclo de Vida [20] ha sido usado con éxito en varios proyectos para el desarrollo de Sistemas Expertos. Este modelo del ciclo de vida está formado por varias etapas, que

van de la planeación a la evaluación del sistema. Después de esto, el ciclo de vida repite la misma secuencia de planeación a evaluación hasta que el sistema se distribuye para uso rutinario; en consecuencia, se usa para el mantenimiento y la evolución posteriores del sistema.

2.2.3.1. Planeación

El propósito de la etapa de planeación es producir un plan de trabajo formal para desarrollar el sistema experto. La valoración de la factibilidad es la tarea más importante dentro de esta etapa porque permite evaluar si el proyecto vale la pena y si un sistema experto es el paradigma apropiado.

2.2.3.2. Definición del conocimiento

El objetivo de la etapa de definición de conocimiento es determinar el conocimiento requerido por el sistema experto. Esta etapa está conformada por dos subetapas:

- Identificación y selección del origen del conocimiento
- Adquisición, análisis y extracción del conocimiento

En la primera etapa se debe identificar quien y cuales son los orígenes del conocimiento, y después seleccionar estas fuentes de conocimiento de acuerdo a su importancia y disponibilidad.

El objetivo principal de las tareas de adquisición, análisis y extracción es producir y verificar el conocimiento que necesita el sistema. Esta subetapa está descompuesta en las siguientes tareas:

- ◆ Definición de la estrategia de adquisición del conocimiento
- ◆ Identificación de los elementos del conocimiento
- ◆ Sistema de clasificación del conocimiento
- ◆ Disposición funcional detallada
- ◆ Flujo de control preliminar
- ◆ Especificaciones de requisitos
- ◆ Línea referencial del conocimiento

2.2.3.3. Diseño del conocimiento

El objetivo de la **etapa de diseño del conocimiento** es producir el diseño detallado del sistema experto. El documento de diseño que se origina como resultado de esta etapa, se toma como línea de referencia para proceder a la codificación. Las tareas principales que integran esta etapa son:

- Definición del conocimiento:
 - ◆ Representación del conocimiento
 - ◆ Estructura de control detallada
 - ◆ Estructura interna de hechos
 - ◆ Interfaz preliminar del usuario
 - ◆ Plan de prueba inicial

- Diseño detallado:
 - ◆ Estructura de diseño
 - ◆ Estrategia de implantación
 - ◆ Interfaz detallada de usuario
 - ◆ Especificaciones e informe
 - ◆ Plan detallado de prueba

2.2.3.4. Código y verificación

Las tareas asociadas con esta etapa son las siguientes:

- ◆ Codificación
- ◆ Pruebas
- ◆ Documentación del código fuente
- ◆ Manual de usuario
- ◆ Guía de instalación
- ◆ Documento de descripción del sistema

2.2.3.5. Verificación del conocimiento

En esta etapa se realizan las pruebas normales, se analizan los resultados obtenidos y se generan recomendaciones.

El análisis de prueba toma los resultados de las pruebas formales y busca respuestas incorrectas, incompletas e incongruentes dadas por el sistema. Determina si el problema se encuentra en reglas, cadenas de inferencia, incertidumbre o alguna combinación de estos tres factores. Si el problema no puede definirse en el sistema experto, entonces se recomienda analizar el software de la herramienta con la que se desarrolla el sistema.

2.2.3.6. Evaluación del sistema

La etapa final del ciclo de vida del desarrollo es la etapa de evaluación del sistema, el propósito de esta etapa es resumir lo que se ha aprendido con las mejoras y correcciones recomendadas. Las tareas realizadas se dirigen así:

- Evaluación de resultados
- Recomendaciones
- Validación del sistema
- Informe provisional o final.

2.2.4. Herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos

Esta sección incluye los tipos de herramientas [11, 21, 4,5,6, 20] existentes para el desarrollo de sistemas expertos y una descripción de JESS, la herramienta de soporte empleada para la construcción de SIELAN.

2.2.4.1. Lenguaje

Para el desarrollo de sistemas expertos se han utilizado lenguajes **de propósito general** y lenguajes de programación **específicos de la Inteligencia Artificial**. Los primeros, por no estar diseñados con el objetivo de manejar conocimiento, no poseen mecanismos que hagan sencilla la implementación

de SE por lo que el diseñador debe implementar algoritmos de inferencia propios, entre los lenguajes más utilizados se encuentran Java y C. De los lenguajes de programación específicos de la Inteligencia Artificial, los que han encontrado mayor aplicación en el desarrollo de sistemas expertos y shells son PROLOG y LISP.

2.2.4.2. Herramienta

Es un lenguaje adicionalmente asociado con programas de utilerías para facilitar el desarrollo, la depuración y el uso de los programas de aplicación. Los programas de utilerías pueden incluir editores de texto e imágenes, depuradores, administradores de archivos e incluso generadores de código. Se pueden citar GEST, ES, y BABILON [28].

2.2.4.3. Shell

Es una herramienta con propósitos especiales, diseñada para cierto tipo de aplicaciones en las que el usuario sólo debe proporcionar la base de conocimiento, facilitando así el trabajo del ingeniero del conocimiento. Sirven principalmente para el desarrollo de prototipos aunque también pueden utilizarse como herramientas finales.

CLIPS [15,16,17], y JESS [18] son ejemplos de shells empleados para construir sistemas expertos.

2.2.4.4. Entornos de desarrollo

Son herramientas mucho más generales que proveen un mayor número de opciones para la construcción de sistemas expertos, como posibilidad de escoger o combinar formas de representación, mecanismos de inferencia, etc. Aunque no todos los entornos de desarrollo presentan todas estas facilidades al mismo tiempo.

AGE [11] es un ejemplo de este tipo de herramientas. AGE ayuda al ingeniero de conocimiento a diseñar, construir, y probar diferentes armazones para un SE. AGE provee un ambiente en el cual se pueden explorar diferentes técnicas de representación y control.

2.3. REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO

Las cuatro formas más comunes de representar el conocimiento [4,20,27] son: la lógica de predicados, las reglas de producción, las redes semánticas, y los marcos. Estas cuatro técnicas serán descritas a continuación.

2.3.1. Lógica de predicados

2.3.1.1. Representación del conocimiento

La **lógica de predicados** se relaciona con la estructura interna de las afirmaciones, en particular agrega a la lógica proposicional la idea de cuantificación. Los dos tipos de cuantificadores usados son: el existencial \exists (existe) y el universal \forall (todos). El cuantificador existencial expresa que existe al menos un valor de la variable que hace que la fórmula que le sigue sea cierta, mientras que el cuantificador universal expresa que todos los valores de la variable hacen que la fórmula sea cierta.

Las siguientes son proposiciones expresadas mediante lógica de predicados:

- Topologia (Ethernet, bus)
- Es-MedioTx (UTP5)
- Es-miembro (Usuario1, DeptoFinanzas)

El término Topologia se denomina predicado. (Ethernet, Bus) son los argumentos de este predicado. La función de cada uno de los argumentos viene dada por el orden que ocupa. Así, en el caso del predicado Topologia, el primer argumento es el nombre de la arquitectura y el segundo la topología asociada a esta arquitectura.

2.3.1.2. Inferencia en lógica de predicados

La deducción es el método de inferencia más propio de la lógica de predicados. El “**modus ponens**” es un ejemplo de deducción bastante intuitivo que es muy empleado. En general, sigue la regla:

<i>fórmulas</i>	
1.	Si P \rightarrow Q
2.	P
3.	Q

lo que significa que siempre que se tenga una implicación entre dos proposiciones (la fórmula 1) y un hecho (la fórmula 2) semejante al que aparece en el antecedente de la implicación (P), se puede deducir el consecuente de la implicación (Q).

Otro método empleado es **la resolución**, que produce sus demostraciones por medio de la refutación. Para demostrar que una aserción es verdadera, la resolución intenta demostrar que la negación de la aserción deseada produce una contradicción con las aserciones verdaderas conocidas.

2.3.1.3. Limitaciones de la lógica de predicados

Una desventaja de la lógica de predicados es que no impone una forma única de representar el conocimiento. Por ejemplo el hecho Red(Ethernet) también puede representarse como Es-Una (Red, Ethernet), pero mientras unas formas de representación harán que el problema se resuelva casi inmediatamente, otras lo harán innecesariamente complicado.

La lógica de predicados no permite estructurar el conocimiento. Por ejemplo, si se quiere afirmar varias propiedades acerca de una red, cada una de ellas se representará en una fórmula distinta (por ejemplo: Red (Ethernet), Velocidad (Ethernet, 10), Distancia(Ethernet, 100).

2.3.2. Reglas de producción.

2.3.2.1. Representación del conocimiento

Las reglas de producción son de la forma: condición \rightarrow acción. Si las condiciones se cumplen, la regla se dispara, ejecutándose lo que indica la acción. Dada una secuencia de entrada, el antecedente, una regla de producción puede producir una secuencia nueva, la consecuencia.

El siguiente es un ejemplo de regla de producción donde se ha usado la notación familiar **SI ... ENTONCES**:

SI el método de acceso es CSMA/CD ENTONCES la red es Ethernet

Un sistema de producción es mucho más flexible que un programa de ordenador normal. En los programas de ordenador, la secuencia que han de seguir las instrucciones está decidida desde el principio. Sin embargo, en un sistema de producción las reglas se disparan según el contenido de la base de hechos, por lo que la reacción del sistema se adapta al momento.

2.3.2.2. Inferencia en sistemas de producción

El mecanismo de control o motor de inferencia sigue un ciclo: primero realiza una *equiparación* (o emparejamiento) de reglas con hechos, después selecciona alguno (o algunos) de los emparejamientos obtenidos, y finalmente dispara los emparejamientos seleccionados y modifica la base de hechos según dictan los consecuentes de las reglas activas disparadas. El ciclo termina cuando en la base de hechos aparece el hecho que resuelve el problema.

2.3.2.3. Desventajas de los sistemas de producción

La expresividad de las reglas de producción resulta inadecuada a la hora de definir términos, y describir objetos del dominio y relaciones estáticas entre dichos objetos.

Debido a que los sistemas de producción reaccionan en todo momento al contenido de la base de hechos, es muy difícil imponer que las reglas se disparen en determinada secuencia (cosa que en ciertas ocasiones sería deseable). Así mismo resulta difícil seguir el comportamiento del sistema.

2.3.3. Redes semánticas

2.3.3.1. Representación del conocimiento

En una red semántica, la información se representa como un conjunto de nodos conectados entre sí por medio de arcos etiquetados, que representan las relaciones entre los nodos, como se muestra en la Figura 2.2. Las redes semánticas se usan para representar relaciones entre objetos, los nodos representan los objetos, y los arcos que los conectan las relaciones existentes entre ellos. Los arcos también se denominan **vínculos** o **bordes**.

En el ejemplo dado, el vínculo ES_UN (IS_A), se usa para relacionar clases, en particular una clase hija con su clase padre. En la parte final de la red, se ubican los individuos específicos de una clase, o ocurrencias particulares, el vínculo INSTANCIA_DE, se emplea para indicar este tipo de relaciones. Los enlaces ES_UN e INSTANCIA_DE, hacen posible la herencia de propiedades o duplicación de características de un nodo a sus descendientes.

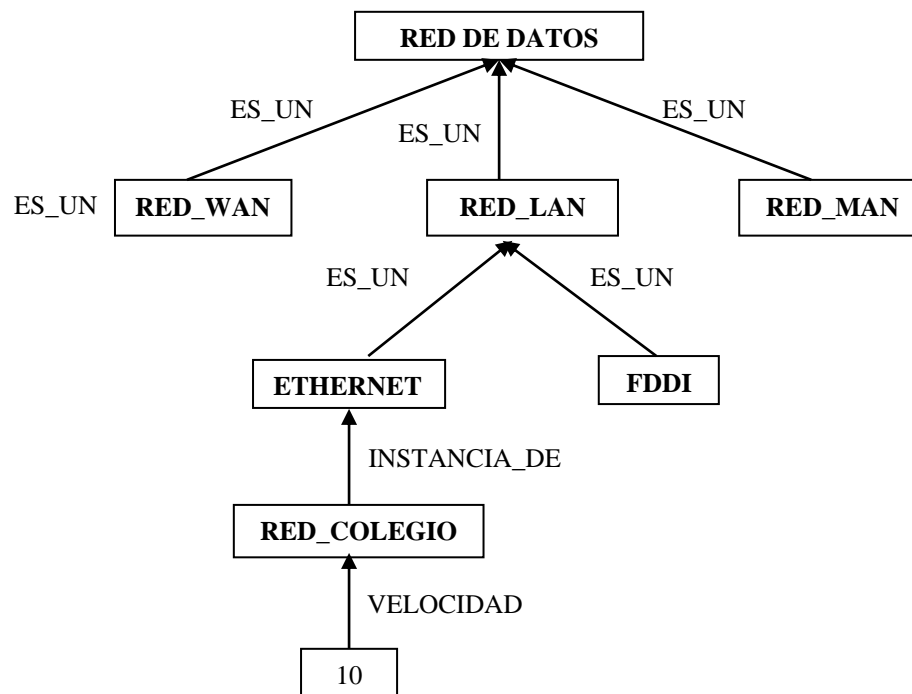


Figura 2.2. Ejemplo de red semántica

2.3.3.2. Razonamiento con redes semánticas.

El método más usual de razonamiento con redes semánticas es la equiparación. En general, se tendrá de un objeto meta que se quiere equiparar a uno de los objetos-hecho que constituyen la red semántica. Primero se construye un fragmento de red, que representa un objeto o pregunta a realizar, y se compara con la red de hechos, para ver si tal objeto existe. Los nodos que tengan valor desconocido en la pregunta se ligan en el proceso de equiparación a los valores que debían tener para que la equiparación fuera perfecta. Estos valores proporcionan así una respuesta a la pregunta formulada.

2.3.3.3. Dificultades con las redes semánticas

Una limitante de las redes semánticas es el nombre que se le da a los nodos y vínculos. Para que una red semántica represente **conocimiento definitivo** (es decir, conocimiento que puede definirse), deben definirse con rigor los nombres de los vínculos y nodos.

Otro problema con las redes semánticas es que son heurísticamente inadecuadas porque no hay forma de insertar en la red información heurística relacionada con la manera de explorarla de forma

eficiente. La herencia es la única estrategia estándar de control integrada en una red que puede ayudar, pero no todos los problemas pueden tener esta estructura.

2.3.4. Marcos

2.3.4.1. Representación del conocimiento

Un marco o frame es una representación estructurada de un objeto o una clase de objetos. Consta de una serie de campos o slots que representan las propiedades o atributos del objeto representado por el marco. Por ejemplo, ver la figura 2.3. Los slots se pueden llenar con otros marcos, pueden tener valores por defecto, o estar restringidos a rangos específicos de valores.

Los marcos permiten almacenar el conocimiento en taxonomías, las relaciones INSTANCIA-DE y ES-UN conducen a una **organización jerárquica** de los marcos, donde una clase se puede ver como una especialización de una clase más genérica, lo cual permite la herencia de propiedades. Además ya que un slot se puede llenar con otro marco, y que una estructura dada puede llenar más de un slot, no es necesario el almacenamiento redundante de información.

Los marcos exigen un mayor esfuerzo en la implementación, pero a cambio disminuyen el tiempo de ejecución requerido en la búsqueda de una solución. Además permiten una mayor modularidad y encapsulamiento de la información, lo cual facilita su manejo y mantenimiento.

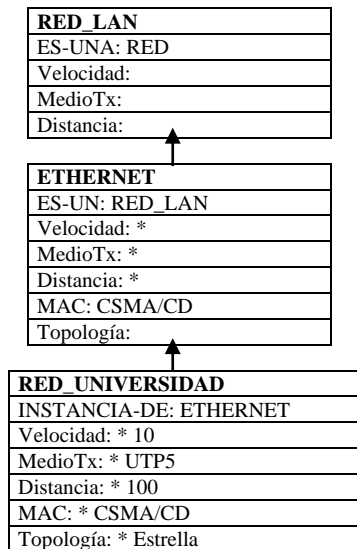


Figura 2.3. Ejemplo de un marco

2.3.4.2. Razonamiento con marcos

El método de razonamiento empleado en los sistemas de representación basados en marcos es la **equiparación (“pattern-matching”)** o confrontación de patrones. El proceso es el siguiente: El sistema de marcos que refleja el conocimiento acerca de un dominio se denomina conjunto de MARCOS-HECHO. Si se quiere extraer una respuesta a una pregunta, se construirá un MARCO-OBJETIVO, que represente la pregunta formulada. Este marco-objetivo se compara con los marcos-hechos, hasta encontrar uno que coincida con él slot por slot, teniendo en cuenta además el conocimiento heredado. Una vez encontrado, este marco-hecho proporciona la información deseada.

2.3.4.3. Dificultades con los marcos

Casi ninguno de los sistemas de marcos proporciona una manera de definir slots inalterables. Cualquier slot puede cambiarse, de modo que pueden modificarse o cancelarse las propiedades de un marco que hereda hacia cualquier lugar de la jerarquía. Debe tenerse mucho cuidado al heredar slots de un marco a otro, ya que cualquier cambio en los objetos más genéricos afecta los objetos más específicos que van descendiendo en jerarquía.

Se debe tener un conjunto mínimo de valores de slots inalterables que conformen un conocimiento fijo y genérico que sea la base de todo el sistema de marcos construido, para que no se llegue al extremo de que todas las características de los objetos sean inciertas. Se debe recordar que los últimos niveles de la jerarquía incluyen los casos más específicos que deben saber distinguirse de los casos más generales.

A lo largo de este capítulo se dio una introducción a los principales conceptos de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. La Inteligencia Artificial comprende el estudio y creación de sistemas computarizados que manifiestan características que se asocian con la inteligencia humana. Los Sistemas Expertos en particular son un campo de la Inteligencia Artificial que almacenan y utilizan el conocimiento extraído de un especialista en un dominio determinado, para encontrar soluciones a problemas determinados. Se aplican en situaciones donde no es posible la solución del un problema mediante programación convencional, por la complejidad y cantidad de casos imaginables. La Base de Conocimiento, el Mecanismo de Inferencia, y la Base de Hechos son la

base de su arquitectura, que le permite separar los datos (hechos) del conocimiento y tener un mecanismo independiente para aplicar el conocimiento a los datos.

La principal limitante en la construcción de Sistemas Expertos es la extracción y formalización del conocimiento obtenido del experto humano o de otras fuentes, que a su vez es la característica que lo diferencia del proceso desarrollo de software convencional. Los marcos y las reglas son dos técnicas bastante empleadas para la construcción de bases de conocimiento. Las reglas se consideran muy adecuadas por su simplicidad y por su semejanza con la forma en que un especialista toma decisiones. Los marcos permiten estructurar de una manera más eficiente el conocimiento sobre un dominio.

CAPÍTULO 3

LOS SISTEMAS EXPERTOS Y EL DISEÑO DE REDES DE AREA LOCAL

- 3.1. SISTEMAS EXPERTOS ORIENTADOS AL DISEÑO
- 3.2. SISTEMAS EXPERTOS PARA EL DISEÑO DE REDES LAN
- 3.3. CARACTERÍSTICAS DE SIELAN

Este capítulo examina algunas de las tecnologías de representación y métodos de resolución de problemas más comunes que han sido empleados en la construcción de Sistemas Expertos Orientados al Diseño en los últimos años. Además presenta una descripción de sistemas que se han desarrollado para el Diseño de Redes de Área Local, y hace una comparación entre ellos y SIELAN.

3.1. SISTEMAS EXPERTOS ORIENTADOS AL DISEÑO

3.1.1. Introducción

De acuerdo a la clasificación de tareas de síntesis, hecha por Brown y Chandrasekaran [31], el diseño se puede clasificar en tres categorías: diseño tradicional, diseño innovativo, y diseño creativo. El que se encuentra más comprometido con los propósitos de esta monografía es el diseño tradicional.

El diseño tradicional es descrito como un problema, donde la especificación de objetos, sus propiedades y estructuras composicionales ya están dados, y el descubrimiento de una solución está

basado en una estrategia igualmente conocida. La labor entonces es ensamblar una configuración, que cumpla con la especificación de la tarea, a partir de los objetos conocidos y de acuerdo a una estrategia dada. Un ejemplo es la creación de sistemas técnicos basada en una descripción completa de componentes, sus propiedades, una estructura composicional y restricciones de combinación.

Como lo deja ver la anterior descripción, la configuración se asocia frecuentemente con el diseño tradicional. La configuración de sistemas técnicos es una de las áreas de aplicación más exitosas de los sistemas basados en el conocimiento.

Andreas Günter y Christian Kühn identifican en [34] cuatro características principales en los problemas de configuración:

- Un grupo de **objetos** en el dominio de aplicación y sus propiedades.
- Un grupo de **relaciones** entre los objetos del dominio. Las relaciones taxonómicas y composicionales son de particular importancia para la configuración.
- Una **especificación de tareas** (objetivos de configuración) que especifica las exigencias que una configuración creada tiene que cumplir.
- Un **conocimiento de control** sobre el proceso de configuración.

La siguiente definición presentada por Tong y Sriram [32], comprende una serie de aspectos importantes que deben ser tenidos en cuenta cuando se habla de diseño.

“Que es el diseño?. El diseño es el proceso de construir una descripción de un artefacto que satisface una especificación funcional (posiblemente informal), reúne ciertos criterios de desempeño y limitaciones de recursos, es realizable en una tecnología objetivo dada, y satisface criterios tales como simplicidad, evaluabilidad, manufacturabilidad, reusabilidad, etc.; el proceso de diseño por si mismo también puede estar sujeto a ciertas restricciones tales como tiempo, poder humano, costo, etc.”

Un aspecto central en este contexto es la creación de una estructura a partir de una descripción de requerimientos funcional. Las tareas de diseño son frecuentemente identificadas como *problemas-mal-estructurados*. Esto significa que no existe un mapeo directo conocido de funciones en componentes. Un problema adicional surge del hecho que este mapeo no es claro, ya que un componente cumple varias funciones o varios componentes juntos proveen una funcionalidad.

Mientras que para el campo de la configuración tradicional, han sido desarrolladas y parcialmente implementadas una cantidad de tecnologías exitosas, hay una necesidad de trabajo investigativo en la automatización de diseños en estos dominios *mal estructurados*. Para estos dominios los métodos de configuración tradicionales no son suficientes, se requieren nuevas tecnologías con mecanismos especiales que puedan manejar conocimiento incompleto, incierto y difuso. Sin embargo, un proceso de diseño complejo también puede ser parcialmente soportado por una integración de los métodos de configuración tradicionales.

Las siguientes secciones presentan los métodos de resolución de problemas más comunes en el ámbito de los sistemas expertos aplicados al diseño, así como una introducción a la Computación suave (Soft Computing) que se muestra muy prometedora para el desarrollo de estos sistemas en la actualidad, ya que integra tecnologías modernas que cubren algunas deficiencias de las representaciones convencionales, entre ellas la formalización de conocimiento impreciso e incompleto.

3.1.2. Métodos de Resolución de problemas

En esta sección se describen los conceptos más importantes de métodos de resolución de problemas [34] aplicables en la construcción de sistemas expertos orientados al diseño.

- Sistemas basados en reglas
- Jerarquía de conceptos
- Método basado en la estructura
- Sistemas basados en restricciones
- Razonamiento Basado en Casos (CBR)
- Backtracking y sus variantes
- Computación suave (Soft Computing)

El de la Computación suave es uno de los métodos más interesantes para el desarrollo de trabajos futuros.

3.1.2.1. Sistemas basados en reglas

El desarrollo de sistemas expertos estuvo ocasionalmente influenciado por el paradigma basado en reglas. Las limitaciones de un sistema experto basado en reglas fueron criticadas en muchas ocasiones. Los críticos se referían a los siguientes aspectos: problemas serios concernientes a la adquisición de conocimiento, comprobación de consistencia, y en particular el mantenimiento, así como la ausencia de modularidad y adaptabilidad.

Las limitaciones se evidenciaban más a medida que las reglas se seguían aplicando como el único formalismo para representar conocimiento. El principal problema es que hubo un uso sobre cargado de reglas en el curso de la investigación en sistemas expertos y ellas fueron empleadas como formalismos uniformes de representación del conocimiento. Las reglas eran usadas para la representación de conexiones locales en el proceso de configuración y también para la especificación de ciclos. Sin embargo, la combinación de ambos tipos de conocimiento frecuentemente conducía a los problemas mencionados.

Las tareas de configuración, hacen uso de herramientas basadas en reglas, pero también requieren el empleo de otro tipo de herramientas que permitan la representación de diferentes tipos de conocimiento. Usando solo herramientas basadas en reglas, se corre el riesgo de que solo una pequeña parte del conocimiento quede representada, por lo cual un sistema de diseño las debe emplear solo como una entre varias opciones.

3.1.2.2. Jerarquías de conceptos

La mayoría de sistemas de configuración, ven en la representación orientada a objetos la mejor alternativa para la representación del conocimiento, principalmente para la representación de conceptos. Esta representación hace posible la especificación adjunta de propiedades y sus rangos de valores potenciales. Las facetas, como se les ha denominado, se usan para la especificación de aplicación de conocimiento (por ejemplo, valores por defecto). En un experimento sobre métodos usados en configuración de sistemas expertos, *Linnemann* llegó a la conclusión que las tecnologías de representación como los frames para la presentación de objetos se usa en 9 de 10 sistemas [35].

En un número predominante de sistemas de configuración, las descripciones de objetos están clasificadas en *jerarquías taxonómicas*, a través de **relaciones es-un**. Usando este método de abstracción, el conocimiento puede ser estructurado, pueden originarse descripciones genéricas de objetos (que corresponden a clases de objetos), y el conocimiento puede representarse más eficazmente y con menos redundancia de datos usando mecanismos de herencia.

Con el proceso de la configuración, la estructura de composición de un objeto de acuerdo a la **relación tiene-partes** es de gran importancia. Se usa para unir un agregado a sus componentes, y es la estructura básica que predomina en la solución.

3.1.2.3. Método basado en la estructura

La estructura jerárquica, composicional de un objeto sirve como línea de guía para el control de solución del problema. A través de ésta puede ser originado un concepto top-down, que oriente por si mismo la estructura del componente.

Por lo tanto, la información estructural tiene dos significados:

- La estructura de una solución está predefinida por la jerarquía conceptual, ésta consiste de componentes ordenados jerárquicamente.
- Las tareas pueden ser divididas en subtareas de acuerdo a su estructura.

El método basado en estructura está fundamentado en la representación explícita de estructura del componente.

La especificación de plantillas se usa a menudo en aplicaciones técnicas de sistemas basados en el conocimiento. Las plantillas permiten una especificación top-down de la estructura del componente. Ellas también permiten representar las relaciones de composición, por ejemplo las relaciones *tiene-partes*.

El método basado en la estructura se apoya (implícitamente en parte) en un número predominante de herramientas comerciales para ofrecer soporte a la configuración y creación.

3.1.2.4. Sistemas basados en restricciones

Las limitaciones en las relaciones entre objetos pueden representarse y evaluarse con la ayuda de restricciones. Usando una restricción, una relación entre objetos y sus propiedades puede ser especificada en la base de conocimiento y puede ser evaluada por propagación de restricciones.

Numerosos sistemas de restricciones y también herramientas disponibles comercialmente han sido desarrolladas hasta ahora. Éstos sistemas de restricciones están sin embargo relacionados con la satisfacción de restricciones, como se le ha llamado, que es la evaluación eficiente de una red de restricciones, como resultado de la cual se asigna un valor de evaluación determinado.

Casi no se conocen herramientas comerciales para tareas de configuración que cumplan con estos exigentes requisitos, sin embargo en universidades se han creado y usado diversos prototipos con éxito.

3.1.2.5. Razonamiento Basado en Casos (CBR)

Un Razonador Basado en Casos resuelve problemas nuevos mediante la adaptación de soluciones previas usadas para resolver problemas similares. Una variedad de sistemas y aplicaciones han sido ya realizadas basadas en casos. Los sistemas de este tipo, no requieren de hábiles ingenieros de conocimiento y experto en el dominio, ellos confían en bases de datos almacenando resultados pasados para entrenarse a si mismos. Este es el área del data mining.

Sus principales características son:

- No requiere de un modelo explícito del dominio y el proceso de extracción se reduce a juntar casos históricos.
- Su construcción se reduce a identificar atributos relevantes con los cuales describir los casos. Puede empezar con unos cuantos casos, por lo cual el sistema no tiene que ser completo.
- Permite dar explicaciones.
- Usan técnicas de base de datos para manipular grandes volúmenes de información.
- CBR puede aprender adquiriendo nuevo conocimiento como casos haciendo su mantenimiento más fácil.
- Pueden ir creciendo reflejando la experiencia acumulada.

Los casos pueden representarse de diversas formas, pero la representación frames/objetos es la más usada. Para determinar la información que debe de estar presente en un caso, se debe de considerar la funcionalidad y la facilidad de adquisición de la información representada en el caso.

La metodología seguida por estos sistemas es la siguiente:

- Recuperar los casos más parecidos (un nuevo problema se aparea con casos similares guardados en la base de casos).
- Reutilizar la solución propuesta en los casos para tratar de resolver el problema.
- Revisar la solución propuesta (en caso de ser necesario).
- Almacenar la nueva solución como parte de un nuevo caso.

Los principales problemas del razonamiento basado en casos son:

- La representación de los casos.
- La organización e índices a utilizar.
- La estructuración de relaciones entre casos.
- Bases de casos muy grandes.
- Desarrollo de heurísticas de adaptación general.
- Olvidar casos para mantener eficiencia.

3.1.2.6. Backtracking

En general es verdad que las decisiones heurísticas son necesarias para muchas aplicaciones debido a complejidad y en parte debido al conocimiento ausente . Estas decisiones implican entre otras cosas que:

- Una óptima decisión no es necesariamente encontrada.
- Las soluciones pueden ser desventajosas durante el curso de posteriores resoluciones del problema, o pueden aún ser incompatibles con el resto de partes.

En esta situación, se requieren mecanismos para realizar un trabajo posterior. Independiente de las razones hay dos métodos alternativos para los conflictos:

Revisión de decisiones: La revisión de pasos de la configuración también es conocida como *backtracking*. Aquí una o más de las decisiones previamente encontradas se devuelven y se realizan de nuevo con otro valor.

Reparación de una solución parcial: En lugar de revisar decisiones, a veces también es posible “reparar” una solución parcial usando una modificación directa u objetos del dominio adicionales para retransformarla en un estado consistente. Usando este método de la reparación, las decisiones son cambiadas uniformemente, sin embargo no es dada ninguna referencia de la historia de la configuración y los pasos previos exitosos.

3.1.2.7. Computación suave

El término Computación Suave [37] (SC: Soft Computing) representa la combinación de tecnologías emergentes de resolución de problemas, tales como la Lógica Difusa (LF), el Razonamiento Probabilístico (RP), las Redes Neuronales (RNs), y los Algoritmos Genéticos (AGs). Cada una de estas tecnologías provee métodos de razonamiento y búsqueda, complementarios para resolver problemas complejos, del mundo real. De acuerdo a Zadeh (1994) “... en contraste con la tradicional computación pesada, la computación suave tolera imprecisión, incertidumbre, y verdad parcial”.

La **Lógica Difusa**, introducida por Zadeh (1965), ofrece un lenguaje, con sintaxis y semánticas locales, en el que se puede traducir el conocimiento cualitativo que se tenga sobre el problema a ser resuelto. La principal característica de la Lógica difusa es la robustez de su mecanismo de razonamiento interpolativo.

El **Razonamiento Probabilístico**, presente en las Redes Bayesianas, basado en el trabajo original de Bayes (1763), y la teoría de Dempster-Shafer, provee el mecanismo para evaluar el resultado de sistemas afectados por aleatoriedad o otros tipos de incertidumbre probabilística. La principal característica de este razonamiento es su habilidad para actualizar previos resultados estimados condicionándolos con evidencia recientemente disponible.

Las **Redes Neuronales**, primero exploradas por Rosenbaltt (1959), Widrow y Hoff (1960), son estructuras computacionales que pueden ser entrenadas para aprender patrones a partir de ejemplos. Usando un conjunto de entrenamiento que ejemplifica la relación entre entradas y salidas, y un algoritmo de tipo back-propagation, las RNs ofrecen un algoritmo de aprendizaje supervisado que realiza optimización local de gránulo fino.

Los **Algoritmos Genéticos**, propuestos por Holland (1975), proveen una forma para realizar búsqueda global aleatoria en un espacio de solución. En este espacio, una población de soluciones candidatas, codificados como cromosomas, es evaluada por una función de adaptabilidad en términos de su desempeño. Los mejores candidatos evolucionan y transmiten algunas de sus características a sus descendientes.

El común denominador de estas tecnologías es su divergencia de las propuestas de modelamiento y razonamiento básicas que son usualmente basadas en lógica boleana, modelos analíticos, clasificación precisa, y búsqueda determinística. En formulaciones de problemas ideales, los sistemas a ser modelados o controlados son descritos por información precisa y completa. En estos casos, los sistemas de razonamiento formal, pueden ser usados para asignar valores de verdad binarios a afirmaciones describiendo el estado o comportamiento de un sistema físico. Sin embargo cuando se intenten resolver problemas del mundo real, que son sistemas típicamente mal definidos, estos serán difíciles de modelar y tendrán espacios de solución a gran escala. En estos casos, los modelos precisos son imprácticos, mientras que las tecnologías descritas anteriormente serán mas adecuadas.

La computación suave es un nuevo campo que combina la versatilidad de la Lógica Difusa para representar conocimiento cualitativo, con la eficiencia de manejo de datos de las Redes Neuronales para proveer ajustes afinados vía búsqueda local, con la habilidad de los Algoritmos Genéticos para realizar una búsqueda global de gránulo burdo eficiente. Se dará una breve descripción de cada una de estas tecnologías.

Lógica Difusa

El diseño de sistemas híbridos elaborados integrando varios métodos de la IA, afronta dificultades con el hallazgo de una representación uniforme de las entradas y salidas de sus subsistemas. La

Lógica difusa [36] ha probado ser una forma adecuada de representación de conocimiento pseudoverbal, por lo cual es adecuado emplearla como interfaz.

Cuando un sistema híbrido combina sistemas expertos y redes neuronales, se puede aplicar lógica difusa como una interfaz entre los dos subsistemas, con lo cual cada subsistema usaría un representación difusa para sus datos de entrada y salida. El sistema experto emplearía la lógica difusa para la representación de reglas humanas como parte del modelamiento del razonamiento experto, y la red neuronal estaría encargada del aprendizaje de estas representaciones difusas. Para la asignación de los valores de membresía de las variables difusas a la capa de entrada de la red neuronal, sería necesario el empleo de un esquema de mapeo adecuado.

Los aspectos que se deben tener en cuenta cuando se usa la lógica difusa como un método de interfaz entre estos componentes son:

- Fuzificación de los datos de entrada. Aquí las funciones de membresía de las variables difusas son aplicadas a los datos de entrada para determinar el grado de verdad para cada premisa de la regla.
- Mapeo de las variables difusas a la red neuronal.
- Aprendizaje inductivo de reglas difusas de la red.
- Aprendizaje deductivo de las reglas de experto difusas.
- Un resultado originado por el sistema experto difuso.

Redes Neuronales

La lógica difusa permite traducir e incorporar conocimiento cualitativo sobre el problema a ser resuelto en sistemas de razonamiento capaces de realizar interpolación y emparejamiento de patrones aproximada. La Lógica difusa sin embargo no tiene adaptación de características de aprendizaje, ya que carece de un mecanismo para extraer conocimiento de los datos existentes. Los sistemas basados en Lógica difusa no son capaces de aprender a partir de ejemplos de pares entrada-salida, en un modo supervisado típico.

Por otra parte, ésta si es una característica de las Redes Neuronales, la más típica. Las RNs y los Perceptrones comenzaron a principios de los 60s como algoritmos para entrenar elementos

adaptativos. Sus orígenes se pueden remontar a los trabajos de Rosenbaltt (1959) en aprendizaje espontáneo, Stark *et al* (1962) en aprendizaje competitivo, y Widrow y Hoff (1960) en el desarrollo de los algoritmos ADALINE y MADALINE.

Típicamente, las RNs están divididas en redes de Alimentación hacia adelante (Feed-Forward) y redes Recurrentes/ de Alimentación hacia atrás (Recurrent/Feedback). Las redes Feed-Forward incluyen las redes Perceptrón de una sola capa, las Perceptrón Multicapa, y las redes Radial Basis (Moody and Darken - 1989), mientras que las redes Recurrentes cubren las Redes Competitivas, los Mapas Organizativos en si mismos de Kohonen, las redes de Hopfield, los modelos ART (Carpenter y Grossberg). Las redes feedforward son usadas en modo supervisado, las redes recurrentes generalmente emplean aprendizaje no supervisado, memoria asociativa, y organización automática.

Computación evolutiva

La Computación Evolutiva enfoca su atención en el paradigma de la búsqueda global aleatoria. Este paradigma cubre diversas variaciones, como las **Estrategias Evolutivas** (EE), dirigidas a la optimización continua de funciones (Rechenberg, Schwefel 1965); los **Programas Evolutivos** (PE), que generan autómatas de estados finitos que describen estrategias o comportamientos (Fogel 1962); los **Algoritmos Genéticos** (AGs), que proveen optimización de funciones discreta y continua, síntesis, sincronización, evaluación de sistemas, etc., (Holland 1975); y la **Programación Genética**, para la evolución de programas de computador para resolver problemas aproximadamente, tales como la generación de expresiones ejecutables para predecir tiempos de series, etc., (Koza 1992).

Según Fogel (1995), las tres principales líneas de investigación – algoritmos genéticos, estrategias de evolución, y programación evolutiva, comparten varias similitudes. Cada una mantiene una población de soluciones de prueba, impone cambios aleatorios a esas soluciones, e incorpora selección para determinar que soluciones se mantendrán en las generaciones futuras. Fogel también nota que los **AGs** hacen énfasis en modelos de operadores genéticos como los observados en la naturaleza, tales como cruzamiento, inversión, mutación dirigida, y los aplican a cromosomas abstraídos. Las **EE** y los **PE** en cambio, hacen énfasis en transformaciones mutacionales que mantengan el vínculo de comportamiento entre cada padre y su descendencia.

3.2. SISTEMAS EXPERTOS PARA EL DISEÑO DE REDES LAN

A continuación se presenta un resumen de las características principales de los sistemas expertos que fueron consultados como base para el desarrollo de SIELAN.

DESIGNET [30]

Año de creación: 1980

Función: Asistente experto en el diseño de redes de comunicación de datos

Método de representación del conocimiento: Basado en reglas

Funciones adicionales:

- ✓ Interfaz de usuario que cuenta con:
 - Mucho raciocinio.
 - Muchas vistas de la red.
 - Preguntas con el formato porque y que pasa si.
- ✓ Acoplado con configurador para cada sitio de la red:
 - Tarjetas
 - Racks
 - Cables
 - Etc.

MAPCon [30,40]

Año de creación: 1989

Función:

- ✓ Configuración de redes que usan el Manufacturing Automating Protocol (MAP).
- ✓ Configura parámetros de componentes correspondientes a la capa 1, 2 y 7 para LANs que usen MAP.
- ✓ Fijación exacta de los parámetros de un componente más que en especificación de cuales son los componentes, sus cantidades y ubicación.

Entradas del sistema:

- ✓ Características iniciales de las siguientes entidades:
 - Subredes
 - Estaciones

- Routers o bridges
- Puntos de enlace
- Etc.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Basado en frames: Red semántica de frames.
- ✓ Basado en reglas: Conocimiento heurístico.
- ✓ Combinación conocimiento funcional y experimental.

Funciones adicionales:

- ✓ El usuario puede devolverse hacia atrás para modificar inconsistencias en los parámetros que ha introducido

ELAND (Expert Local Area Network Designer)[30,40]

Año de creación: 1990

Función:

- ✓ Configuración de sistemas de información distribuidos operando en una LAN
- ✓ Especificación de:
 - Tipo de LAN a instalar.
 - Sistemas de computadores necesitados.
 - Software necesario.

Entradas del sistema: Grupo de requerimientos para el trabajo en red de un usuario

Método general seguido:

1. Adquiere requerimientos del usuario.
2. Traduce los requerimientos del usuario en requerimientos del sistema guiado por las metareglas dependientes del dominio.
3. Iguala los requerimientos del sistema a los productos disponibles.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Descomposición jerárquica del problema en unidades funcionales.

Ejemplo: Descomposición del problema principal en:

- Selección de la red física.
 - Selección del hardware de computador.
 - Selección de software de alto nivel.
- ✓ Descomposición del conocimiento en conocimiento de decisión y conocimiento de productos.
 - ✓ Representación basada en Reglas y Metareglas.

Metareglas para clasificar la base de conocimientos dinámicamente (prioridad a parámetros importantes).

Funciones adicionales:

- ✓ El usuario puede devolverse hacia atrás para modificar inconsistencias en los parámetros que ha introducido.
- ✓ Se indaga a los usuarios para alterar sus requerimientos cuando los productos no pueden ser satisfechos.

Herramienta de desarrollo empleada: PROLOG

ALCA (Automated Local Area Networks Configuration Aid) [40]

Año de creación: 1991

Función:

- ✓ Configurar la interconexión entre redes LAN/WAN.
- ✓ Genera una lista de recursos hardware y software e instrucciones para configurarlos apropiadamente.
- ✓ Los protocolos incluidos en la solución deben cumplir satisfactoriamente con los requerimientos.

Entradas del sistema: Recibe especificación de las diferentes partes del sistema

Método general seguido:

1. Comienza con la integración del conocimiento sobre las diferentes partes del sistema.
2. Toma decisiones sobre el uso de Bridges, routers o hasta gateways.
3. Selección del tipo de WAN que debe ser usada.

Durante la configuración:

- Explora todas las soluciones válidas posibles para un grupo dado de requerimientos.
- Escoge la configuración más prometedora basada en economía, desempeño u otros criterios.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Representación basada en una estructura jerárquica de frames.

Método de inferencia:

- ✓ Elección entre frames:
 - Equiparación de la lista de valores requeridos con la lista de slots de cada frame.
 - Si la equiparación es posible, el frame puede ser parte de la configuración final.

Funciones adicionales:

- ✓ Para uso de personal de soporte de ventas, y administradores de productos.
- ✓ Posee un optimizador de red que refina la configuración que ha sido inicialmente producida.
Cuida la inconsistencia en la salida y completa la especificación del problema.

Herramienta de desarrollo empleada: PROLOG

Sistema experto para la configuración de una red de área local Ethenet-Híbrida [39]

Función:

- ✓ Permite decidir entre que par de nodos de la red Ethernet convencional se deben adicionar los canales de enlaces de datos para conformar la red Ethernet-Híbrida.

Entradas del sistema:

Los requerimientos de cada par de nodos entre los que se evalúa la necesidad de inserción de un enlace:

1. Requerimientos operacionales

- ✓ Requerimientos de usuario:
 - Requerimientos de comunicación interactiva actuales (CICR)
 - Requerimientos de comunicación interactiva futuros (FICR)
 - Requerimientos de comunicación de tiempo real actuales (CRCR)
 - Requerimientos de comunicación de tiempo real futuros (FRCR)
- ✓ Requerimientos de red:
 - Carga de trafico esperada actual(CETL)
 - Carga de tráfico esperada futura(FETL)

2. Requerimientos de conexión de red

- Limite del costo de inserción de enlace

Método general seguido:

Para la selección de los pares de nodos:

- ✓ Determina el factor de confianza que combina la importancia de todos los requerimientos entre cada par de nodos.
- ✓ Se escoge el par de nodos con el factor de confianza más alto.
- ✓ Se eligen los nodos cuyo costo de enlace es menor o igual que el presupuesto total fijado.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Basado en reglas
- ✓ Composición de la base de conocimientos:

- Reglas que determinan la importancia de cada enlace entre un par de nodos basadas en los requerimientos de usuario de comunicaciones interactivas.
- Reglas que determinan la importancia de cada enlace entre un par de nodos basadas en los requerimientos de red.
- Reglas que determinan la importancia de cada enlace basadas en los requerimientos combinados.
- A cada regla analizando una variable de requerimiento específico, se le asigna un factor de confianza determinado por el valor de la variable y su grado de importancia en el enlace.

LAND (Local Area Network Designer) [29]

Función:

- ✓ Asistente en el diseño de sistemas de tiempo real distribuidos basado en redes de área local.
- ✓ Efectúa un proceso de selección entre las diferentes arquitecturas y protocolos de comunicaciones disponibles en el mercado.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Estructura jerárquica basada en frames. Se da un ejemplo en la figura 3.1.

La Base de Conocimientos contiene información sobre objetos relacionados con sistemas distribuidos y redes de computadores:

- Arquitecturas de redes de computadores.
- Protocolos de comunicaciones entre computadores (MAC).
- Conceptos de desempeño.
- Ideas de diseño.

La jerarquía de frames permite la herencia de propiedades. Ejemplo: Fieldbus y Ethernet heredan propiedades de redes de área local.

- ✓ La Base de Reglas almacena el resto de conocimiento.

Reglas para:

- Seleccionar medio de transmisión
Variables involucradas: rata de datos, costo.
- Seleccionar una topología
Variables involucradas: flexibilidad, confiabilidad, y carga ofrecida.

Ejemplo: Si flexibilidad es alta y confiabilidad es alta entonces escoja una bus-lan (0.9)

- Seleccionar un protocolo LAN

VARIABLES involucradas: confiabilidad de acceso, carga ofrecida, retardo del paquete, control de la aplicación (centralizado o no centralizado).

Ejemplo: Si la confiabilidad del acceso es alta y la carga ofrecida es baja entonces escoger CSMA/CD (1.0).

(0.9) y (1.0) representan la confianza en la elección.

Método de inferencia:

- ✓ Uso de frames para resolución de problemas y para el entendimiento de las decisiones de diseño.
- ✓ Uso de reglas que contienen heurísticas de diseño.
- ✓ Uso de metaconocimiento, en forma de reglas, para el control de ejecución (búsqueda entre subgrupos de conocimiento de la solución). Por ejemplo para tomar decisiones si el diseño no es aceptable, si el ambiente no es adecuado, o si se desea una red barata.

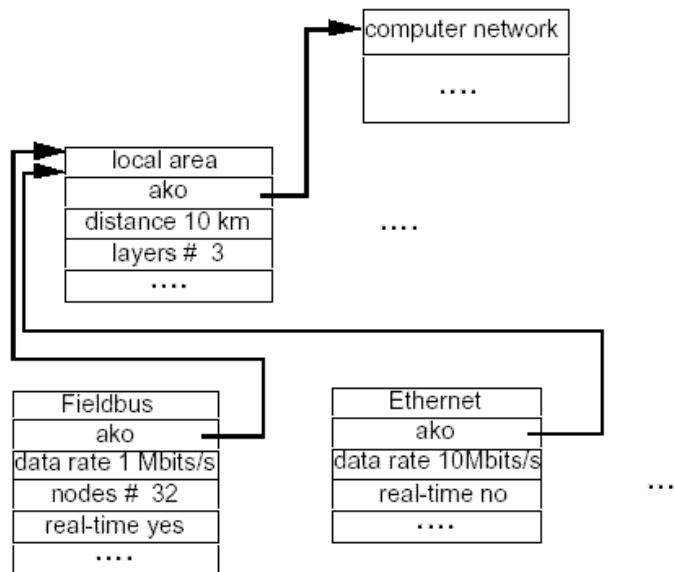


Figura 3.1. Jerarquía de frames y herencia

Funciones adicionales:

- ✓ Explica como se obtuvieron las decisiones.
- ✓ Explica los resultados provenientes de un módulo de simulación y análisis que se encuentra unido al sistema.
- ✓ Da pasos a seguir si el problema es bastante complicado de manejar por la herramienta, o sugiere otros métodos a investigar.

- ✓ Módulo basado en casos: El sistema puede aprender nuevas heurísticas de diseño e ir ganando experiencia, lo que le permite razonar por analogía e ir presentando al usuario referencias a casos de estudio y dar aproximaciones.

COMNED (Computer Networks Design Hybrid Fuzzy Expert System) [38]

Función:

- ✓ Recomienda las soluciones de red factibles más adecuadas al ambiente y aplicación del usuario.
- ✓ El sistema escoge las topologías y los sistemas de cableado más factibles para cada subred, backbone y red de área extensa, además del rango de confianza en cada solución.

Sistema experto híbrido:

- ✓ El empleo de redes neuronales como máquina de aprendizaje le permite:
 - Mejorar eficiencia en tiempo del solucionador de problemas.
 - Aprender nuevas tecnologías de red emergentes.
 - Aprender modernas técnicas de diseño de redes.
- ✓ Conveniencia de la representación difusa del conocimiento del sistema experto:
 - Entre el 60 y el 70% de los hechos y reglas usadas por el sistema se encontraron de naturaleza difusa.
 - Permite resolver el problema de estimación múltiple con el uso de funciones de membresía predefinidas.
 - Con el razonamiento híbrido difuso se obtenía mejor desempeño.
- ✓ Redes neuronales integradas con sistemas expertos difusos permiten adecuar las formas de las funciones de membresía de las diferentes variables de diseño lo cual:
 - Mejora el razonamiento del sistema experto difuso, mejorando su desempeño.
 - Mejora la confianza en el desempeño del sistema experto.

Entradas del sistema:

- ✓ Primero el usuario introduce información sobre el nivel de red mas general posible como:
 - El número de localidades de red.
 - La interconectividad WAN entre las diferentes localidades.
- ✓ Después sigue con:
 - El número de edificios en cada localidad.
 - El número de pisos en cada construcción, etc.
- ✓ Y finaliza con el número de estaciones de trabajo y servidores en las LANs departamentales.

Descomposición del problema:

- ✓ El problema de diseño de red se descompone en subproblemas así:

Red física global

- Red de área extendida (WAN)
- Redes en diferentes localidades
 - Backbone de la localidad
 - Topología del backbone
 - Sistema de cableado del backbone
 - Edificios en la localidad
 - Backbone del edificio de la localidad
 - Topología del backbone
 - Sistema de cableado del backbone
 - Subredes del edificio de la localidad
 - Topología de la subred
 - Sistema de cableado de la subred
- ✓ El procedimiento de diseño ayudado por la máquina de inferencia sólo se lleva a cabo al nivel más inferior de esta estructura, cuando se llega a la elección del sistema de cableado y la topología adecuada.

Método de representación del conocimiento:

- ✓ Uso de estructuras difusas como hechos y como restricciones para la especificación de las diferentes clases de topología y sistema de cableado.
- ✓ Usa además reglas de diseño conceptuales para representar la lógica del diseño.
- ✓ **Reglas de inferencia difusas principales:**
 - Para encontrar sistemas de cableado (Medio de Tx) viables
Variables de diseño implicadas en la selección:
 - Nivel de resistencia a ruido.
 - Presupuesto requerido para conectar un nodo usando este medio.
 - Distancia soportada por el medio.
 - Para encontrar topologías factibles
Variables de diseño implicadas en la selección:
 - Presupuesto
 - Confiabilidad
 - Ambiente de red IBM
 - Estaciones actuales

- Estaciones futuras
- Velocidad
- Para encontrar soluciones WAN factibles (no es de interés)
- ✓ **Variables de diseño difusas:**
 - Las variables de diseño consideradas por las tres reglas anteriores son variables difusas, cada una con funciones de membresía diferentes.
 - Estas variables difusas se caracterizan porque sus valores se agrupan en conjuntos difusos, por ejemplo bajo, medio, alto y muy alto, cada uno de los cuales tiene una función de membresía asociada.
 - Por ejemplo para la variable confiabilidad las funciones de membresía son: baja(confiabilidad), media(confiabilidad), alta(confiabilidad), muy_alta(confiabilidad), como lo muestra la figura 3.2.
 - Para el caso de la elección de la topología, las funciones de membresía de la variable confiabilidad, determinan el grado de certeza con que cada topología satisface las confiabilidades baja, media, alta y muy_alta.

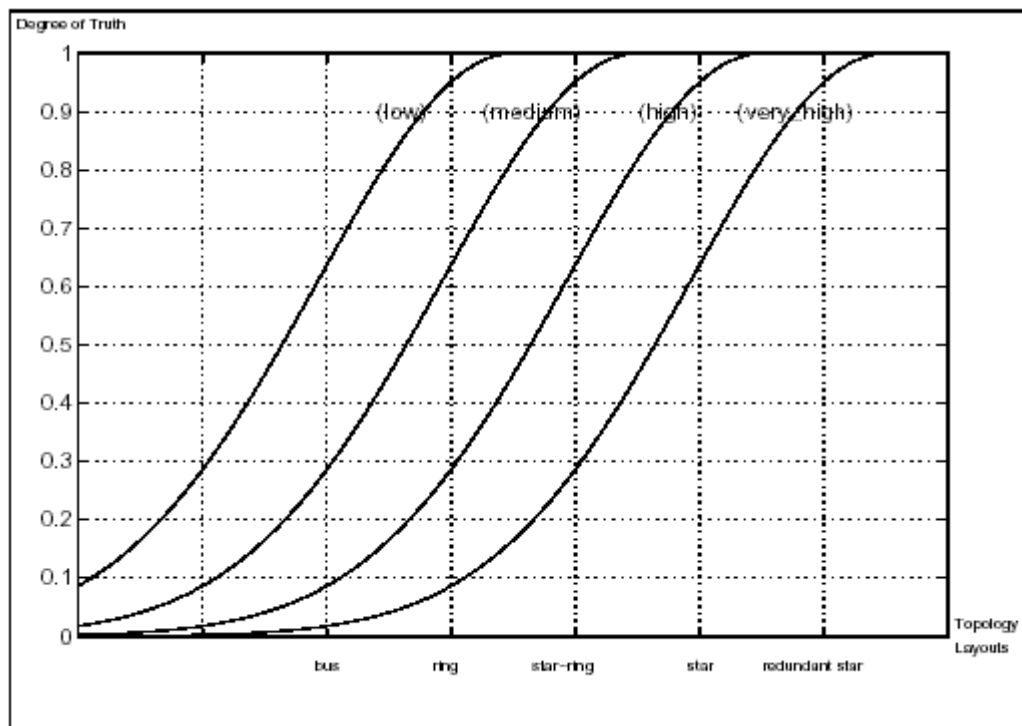


Figura 3.2. Funciones de membresía de la variable difusa confiabilidad

Método general seguido:

Elección de topología:

- ✓ Se pide al usuario el valor de las variables de diseño.
- ✓ La base de conocimientos contiene hechos que indican el grado de certeza con que las topologías cumplen con las variables de diseño, de acuerdo a las funciones de membresía establecidas.
- ✓ Entre estos hechos debe estar el mínimo presupuesto y el máximo número de estaciones requerido por la topología, cuyo grado de certeza debe ser de 100.
Para cada topología, se compara el mínimo presupuesto con el presupuesto del usuario, si el del usuario es mayor, la topología cumple con el presupuesto con una certeza de 100. Lo mismo se hace con el número de estaciones.
- ✓ También deben estar los hechos que relacionan todas las topologías con las variables que introdujo el usuario y sus grados de certeza.
Para cada topología se obtiene el grado de certeza con que la topología cumple con la confiabilidad introducida por el usuario, lo mismo se hace con el ambiente de red IBM.
- ✓ Para cada topología se determina la certeza difusa total con que ella se adapta a todas las variables de diseño, reuniendo los grados de certeza que ella tuvo para cada una de las variables y escogiendo el mínimo de los valores. El siguiente es un ejemplo:

Se tienen los siguientes grados de certeza para las variables que determinan la selección de la topología:

La topología **estrella Ethernet**, satisface el Presupuesto en un 100%, satisface el Número de estaciones en un 100%, la Confiabilidad en un 90%, y, el Ambiente IBM en un 9%.

Por lo tanto aplicando el mínimo entre estos porcentajes, la confianza del sistema en la topología **estrella Ethernet** como una topología para el trabajo en red factible es de un 9%.

- ✓ Se comparan los resultados de todas las topologías y se escoge el mayor. Si por ejemplo, hay dos topologías aplicables al problema y una de ellas tiene un grado de confianza del 9%, y otra un grado de confianza del 80%, el sistema escogerá, la topología que tenga el 80%.

Método de inferencia:

- ✓ Este shell empleado usa encadenamiento hacia atrás estándar con capacidad de razonamiento incierto basado en lógica difusa para satisfacer metas de nivel superior.
- ✓ La máquina de inferencia permite la aplicación de grados de certidumbre por medio de afirmaciones lingüísticas definidas por el experto.

Funciones adicionales:

- ✓ El sistema provee un opcional razonamiento completo de la solución si un usuario está interesado en conocer el porque de las soluciones.
- ✓ En el caso de encontrar múltiples soluciones, el sistema interactúa con el usuario, en una sesión de refinamiento de la solución, con un nuevo grupo de preguntas, para ser capaz de filtrar las soluciones mas adecuadas a los requerimientos del usuario.
- ✓ Un paquete de simulación de red recibe la configuración de las soluciones de red desde el sistema experto para ser modelada, simulada y evaluada, después de lo cual los valores de los índices de rendimiento son reportados hacia atrás al sistema experto.
- ✓ El sistema ofrece la opción de correr una simulación de red para cada solución factible entregada por el sistema, y encontrar la solución mas apropiada.

Herramienta de desarrollo empleada:

- ✓ Usa un shell de sistema experto difuso optimizado basado en el shell MILORD, un shell que provee máquina de inferencia para supervisar la ejecución de reglas del sistema.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE SIELAN

Las redes de computadores de área local fusionan muchas ideas y principios, estas redes pueden ser construidas a partir de un gran número de dispositivos, y un número de diferentes arquitecturas de comunicaciones y opciones de protocolos. Los sistemas expertos descritos en las secciones anteriores, no han abordado un modelamiento completo de las diferentes características de las redes LAN, debido en parte a su complejidad, y también a la ausencia de conocimiento sobre los diferentes servicios en los niveles más altos y la forma como ellos operan conjuntamente. Un factor que ha estado ausente en casi todos es el impacto real de la calidad de servicio (QoS) requerida por el usuario en el diseño propuesto.

El proceso de diseño empleado por los sistemas expertos que han sido analizados ha estado guiado por diferentes aspectos. Algunos han orientado sus esfuerzos hacia la complejidad y variedad de productos disponibles en el mercado, entre ellos están MAPCon y ELAN. MAPCon realiza la configuración de parámetros de componentes asociados con las capas 1, 2 y 7 para LANs que usen el protocolo MAP. ELAND busca satisfacer requerimientos detallados de usuarios de redes de área

local usando un catálogo de productos y vendedores, con un área de aplicación dirigida hacia ambientes comerciales que necesitan aplicaciones de procesamiento de datos o simple distribución.

Otros como ALCA se han enfocado en la elección de recursos hardware y software necesarios para conectar una LAN a una WAN (bridges, routers o gateways) y en su configuración adecuada.

También se tienen sistemas creados con fines más específicos, como El Sistema Experto para la Configuración de una Red de Área Local Ethernet-híbrida, centrado en la decisión de los pares de nodos de la red Ethernet con más necesidad para la adición de canales de enlaces múltiples de datos que corresponden a una red Ethernet-híbrida.

Los sistemas que se identificaron más con los propósitos de SIELAN, son LAND y COMNED. Algunas características similares se discuten a continuación, así como sus diferencias.

LAND plantea diseños de redes LAN integrando los efectos de las diferentes arquitecturas de comunicaciones del nivel MAC, y evaluando posteriormente las decisiones de diseño, componentes, y sus efectos, con base en la calidad de servicio a ser proveída en el dominio de aplicación considerado. Esta evaluación se da como resultado de la aplicación de modelos analíticos y simulación sobre la solución obtenida.

Este concepto, de asegurar que los componentes escogidos al ser unidos conformen un sistema que cumpla con la calidad de servicio esperada en su dominio de aplicación es considerado actualmente como fundamental para el diseño de nuevas redes de computadores que deben satisfacer los requerimientos de las nuevas y cada vez más exigentes aplicaciones.

Este concepto es aplicado en SIELAN, con la diferencia de que no es usado para la evaluación posterior de las decisiones del sistema, sino como uno de los elementos que contribuye en la toma de decisiones. La metodología de diseño que aplica SIELAN parte de un análisis de requerimientos de las capas mas altas a nivel del modelo de referencia OSI, como tipo de servicios y aplicaciones a ser usados, tipo de información a ser compartida, tipo de comunidades de usuarios, y tipo de almacenes de datos que manejará la red, como base para la definición de los componentes que conformarán la red de área local deseada. Sin embargo, la estimación de cómo influye cada uno de estos parámetros en la configuración, no fue una labor fácil, ya que la mayoría de conocimiento

existente sobre diseño de redes LAN, se centra más en la consideración de aspectos físicos para la escogencia de configuraciones.

LAND enfoca el problema de diseño de redes de área local para sistemas de tiempo real distribuido, centrándose en diversas arquitecturas de redes como MAP, Fieldbus, o Ethernet, entre otras, y en sus protocolos asociados, y evalúa el diseño propuesto proyectándolo a las capas superiores. SIELAN parte de los requerimientos en las capas superiores para llegar a una selección entre las arquitecturas establecidas dentro de las capas más bajas (1 y 2) del modelo de referencia OSI en la actualidad, como lo son ETHERNET, FDDI, TOKEN RING, TOKEN BUS Y ATM.

Un problema que se presentó durante el desarrollo de SIELAN fue la inmensa cantidad de factores que se debían considerar, dado que el diseño propuesto debía integrar diversos tipos de componentes. Los sistemas estudiados, entre ellos LAND, limitan el problema de diseño centrándose en muy pocas variables, y teniendo que decidir entre muy pocas opciones. SIELAN es un sistema que determina las principales características de diseño de una red de área local: topología, tecnología, técnica de transmisión, medios de transmisión, dispositivos involucrados, y cableado, con la diferencia de que con el crecimiento actual de los estándares, los parámetros a analizar son cada vez mayores, y por lo tanto las determinaciones ya no son tan fáciles de tomar como de pronto lo fueron en el tiempo en que se desarrollaron la mayoría de los sistemas expertos analizados.

De acuerdo a lo anterior, se creyó mas conveniente representar el conocimiento del sistema a través de frames. LAND por ejemplo almacena el conocimiento sobre arquitecturas de redes y protocolos en frames que están estructurados jerárquicamente, como se puede ver en la figura 3.1.

La representación basada en frames consiste de un grupo de frames que siguen la estructura jerárquica del conocimiento sobre tecnologías de redes de computadores y sus características. Los elementos de una configuración particular son “objetos” bajo el significado de sistemas orientados a objetos y son muy adecuados para esta representación. Cada frame tiene un nombre distinto, un frame padre, y un cuerpo compuesto por un número arbitrario de slots para capturar las características de un objeto. Slots con el mismo nombre pueden ocurrir en muchos frames diferentes y en particular en frames con niveles de jerarquía.

Esta estrategia permite aplicar el importante concepto de herencia de los sistemas orientados a objetos, que permite en el caso de no encontrar información deseada en el slot de un frame, acceder la información contenida en el slot correspondiente en el frame de nivel más alto y heredar desde la clase padre. Aun, si es necesario el mecanismo de herencia continua hasta llegar al objeto mas alto en la jerarquía.

Como se vio en la sección 3.1.2.2, métodos de resolución de problemas basados en jerarquías de conceptos, en estructura, y en restricciones son aplicables en la construcción sistemas expertos orientados al diseño. Estos tres métodos son empleados en SIELAN, así, el problema de diseño es representado por estructuras de conocimiento conformadas por tres partes: *taxonomía*, *descomposición*, y *acoplamiento*. La *descomposición* muestra la forma como el diseño esta hecho de componentes, junto con las relaciones existentes entre ellos, y la operaciones requeridas para operar sobre ellos. El conocimiento taxonómico las diversas variantes posibles de un objeto y como este puede ser categorizado y subclasificado. Las restricciones de acoplamiento imponen la manera en que los componentes identificados en la descomposición pueden ser conectados juntos. Las restricciones de selección limitan las escogencias de variables de los objetos determinados por las relaciones taxonómicas. Esta parte modela el conocimiento sobre el dominio de diseño, a través de la descomposición del dominio en componentes y sus relaciones.

La estructura de frames permite la representación basada en taxonomía, descomposición y acoplamiento y por lo tanto es muy adecuada para representar conocimiento sobre las diferentes características incluidas por cada una de las tecnologías de redes de área local existentes. LAND, MAPCon y ALCA, son sistemas expertos que han empleado representación del conocimiento basada en frames para almacenamiento de información y razonamiento.

MAPCon y ALCA, además de frames, usan reglas para almacenar heurísticas de diseño. Las reglas son los elementos que reflejan el juicio, el discernimiento, o el criterio que caracterizan el nivel de decisión hecho en un campo.

SIELAN combina objetos y reglas para la representación del conocimiento y las decisiones, la interacción entre estos dos elementos se da de la siguiente forma:

- Las reglas operan sobre atributos de objetos
- Las reglas pueden ser genéricas operando sobre clases o partes de objetos (emparejamiento de patrones)
- Al evaluar reglas se pueden heredar atributos de la jerarquía de clases/objetos y se pueden disparar métodos para obtener valores.

Las reglas toman valores de frames en sus condiciones y modifican/generan frames en sus acciones.

Con relación a la representación del conocimiento taxonómico, de descomposición y de restricciones, las reglas son un componente adicional que explica cómo los objetos clasificados jerárquicamente, se aplican a la estructura obtenida de la descomposición del problema, de acuerdo a ciertas restricciones en las relaciones entre los componentes.

El control de disparo de las reglas de acuerdo a los hechos proporcionados por el usuario, es logrado a través de la máquina de inferencia, que se caracteriza principalmente por un algoritmo igualador de patrones.

Otro sistema, como ya se dijo antes, con el que se identifica SIELAN, es COMNED.

SIELAN se parece a COMNED en que descomponen en subproblemas el problema de diseño, aunque los subproblemas no son iguales. Este mecanismo es interesante por los beneficios que se logran con la modularidad, entre ellos la facilidad de expansión del sistema. En el capítulo 5 se vera como se da la descomposición en subproblemas en SIELAN.

Otra de las características atrayentes de COMNED, que se pensó se podría aplicar en SIELAN, es la utilización de la Lógica Difusa. En el dominio de SIELAN, el conocimiento involucrado es con frecuencia inexacto, de la misma forma que el conocimiento humano es imperfecto. Además, también es frecuente que los hechos o la información proveída por el usuario sean inciertos. Sin embargo COMNED y SIELAN, abordan el empleo de la lógica difusa a un nivel diferente.

COMNED toma decisiones sobre la Topología y Medio de Transmisión para los diferentes módulos que componen la red. A cada variable de diseño se le asignan funciones de membresía que determinan directamente como la variable cumple con cierta topología o medio de transmisión. En SIELAN, la lógica difusa se emplea para expresar los valores difusos de las variables de diseño, por

ejemplo el valor “*poco sensitiva*” para la variable difusa retardo, y se usan reglas difusas para representar la forma como las variables de diseño influyen mutuamente en las decisiones del sistema.

Se consideró adecuado el uso de la lógica difusa, porque en general las variables que determinan el diseño de los diferentes componentes de una red LAN, como Retardo, Ancho de Banda, Disponibilidad, Abordabilidad, entre otras, se caracterizan porque no se tienen estimados valores exactos que originen soluciones específicas de diseño, por ejemplo, en ninguna parte se encuentra una regla que diga “si el ancho de banda requerido es de 2 Mbps y el retardo es de 10 milisegundos entonces el dispositivo a escoger es el switch”, mas bien es muy común encontrar afirmaciones como “si el ancho de banda es intensivo y se tiene una sensibilidad al retardo muy alta entonces el dispositivo a escoger es el switch”.

Como se vió en la sección de Computación Suave (3.1.2.7), uno de los mayores atractivos de la lógica difusa es su mecanismo de razonamiento interpolativo, que en el caso de SIELAN resulta ideal para combinar variables de las que no se tiene un conocimiento preciso, para generar soluciones.

Con el uso de la lógica difusa en SIELAN los valores de las variables en las premisas de las reglas y el valor de las variables en la conclusión, pueden ser valores difusos, como se ve en la siguiente regla:

IF Retardo es *muy sensitiva* AND Ancho de Banda es *intensivo* THEN selección switch *muy segura*, selección hub *poco segura*.

“*Intensivo*” es uno de los posibles valores lingüísticos de la variable “Ancho de Banda” descrita por la función de membresía del conjunto difuso correspondiente. “*Muy sensitiva*” es el valor lingüístico de la variable “Retardo” y “*muy segura*” y “*poco segura*” son los valor lingüísticos de la variable “selección switch” y “selección hub” respectivamente. El antecedente describe con que grado la regla aplica, mientras la conclusión asigna un conjunto difuso o, si la defusificación tiene lugar, un valor preciso a cada una de las variables de salida.

El proceso general de inferencia, como se puede ver en la figura 3.3., se da en tres (o cuatro) pasos:

- ✓ En el paso de fusificación, los términos lingüísticos definidos a través de sus funciones de membresía asociadas son igualados con los valores que se reciben de las variables de entrada, para determinar el grado de verdad para cada premisa de la regla.
- ✓ En el paso de inferencia, los valores de verdad para las premisas son propagados a la conclusión de cada regla. Esto resulta para cada regla en un subconjunto difuso que es asignado a una variable de salida. Usualmente, solo el *mínimo* o el *producto* son usados como métodos de inferencia. En el *mínimo*, la función de membresía de la salida es recortada a la altura correspondiente al grado de verdad calculado de la premisa de la regla. En el *producto*, la función de membresía de la salida es escalada por el grado de verdad calculado de la premisa de la regla.
- ✓ En el paso de composición, todos los subconjuntos asignados a unas variables de salida dadas son combinadas para formar un subconjunto difuso único para todas las variables de salida. También en este caso, dos formas de composición dominan en la mayoría de aplicaciones. En la composición *max*, el conjunto difuso de salida combinado es construido tomando los puntos máximo sobre todos los de las funciones de membresía de los conjuntos difusos asignados a la variable de salida por la regla de inferencia. En la composición *suma limitada*, el conjunto difuso de salida combinado es construido tomando el punto suma de todas las funciones de mebresía de los conjuntos difuso asignados asignados por la variable de salida por la regla de inferencia.
- ✓ El paso de defusificación opcional es usado cuando es útil/o necesario para convertir el conjunto difuso de salida en un valor exacto escogiendo un número exacto que sea representativo del conjunto de salida difuso. Dos de las técnicas más comunes de fusificación son el *centro de gravedad*, y el *centro de máximo*. En el método del *centro de gravedad*, el valor exacto de la variable de salida es calculado encontrando el valor de la variable de el centro de gravedad de la función de membresía para el valor difuso. En el método de *centro de máximo* el punto medio de la región donde el conjunto difuso asume su máximo valor de verdad es escogido como el valor preciso representativo para la variable de salida.

Para futuros trabajos, se recomienda el empleo complementario de las redes neuronales, como un componente para el ajuste de las funciones de membresía de las variables de diseño, con lo cual se puede lograr un proceso de aprendizaje más automático, esta integración es empleada en COMNED.

En este capítulo se han presentado algunos Sistemas Expertos construidos para el Diseño de Redes de Área Local, realizando una comparación con SIELAN. SIELAN integra reglas, marcos y lógica difusa para la representación del conocimiento, y lo hace a un nivel superior que los sistemas existentes ya que enfoca el problema desde una perspectiva más amplia, comenzando por un estudio completo de los requerimientos de las capas superiores como base para el diseño de las inferiores.

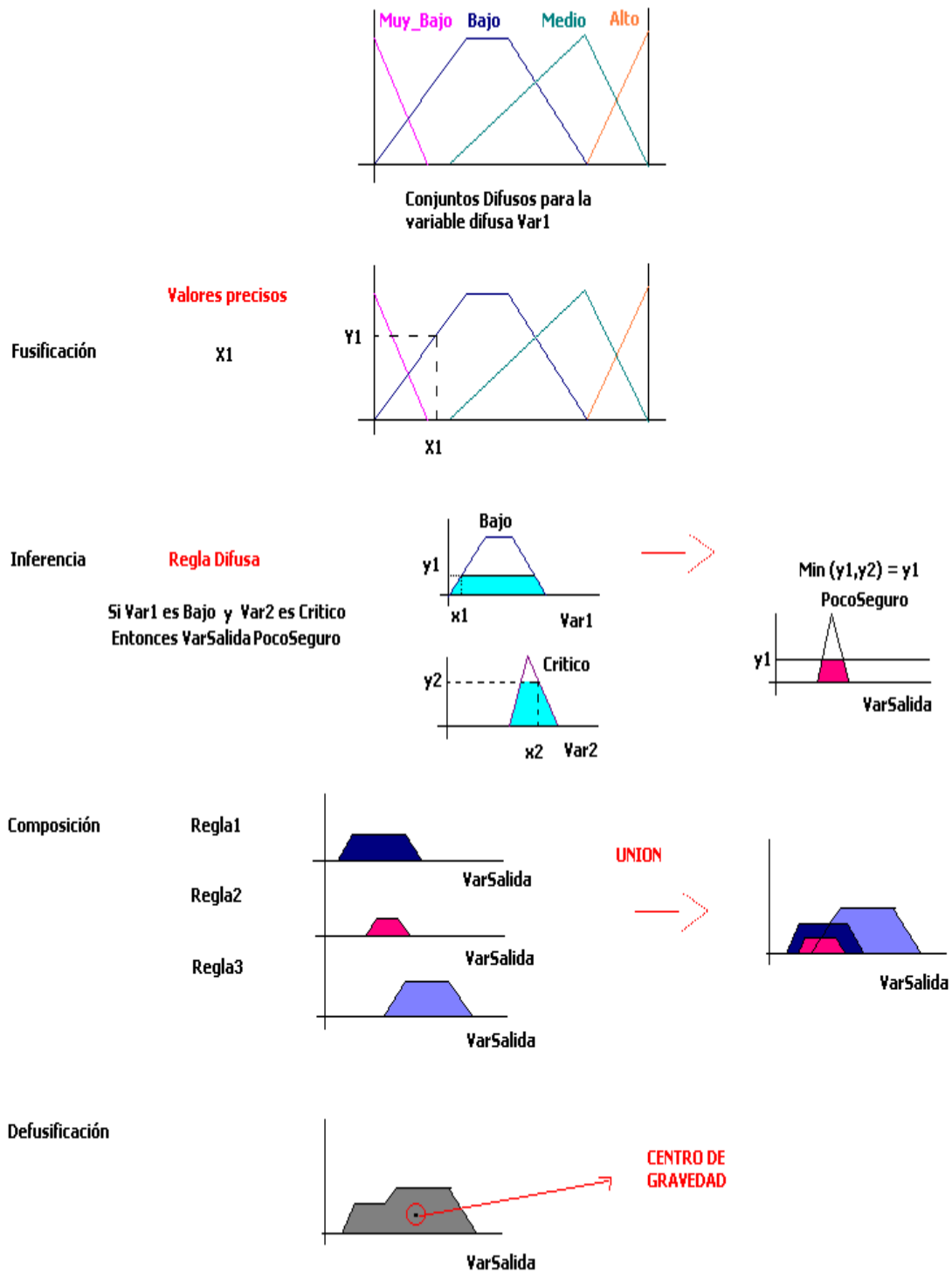


Figura 3.3. Pasos generales del proceso de inferencia difuso

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE REDES LOCALES

- 4.1. CONCEPTOS BÁSICOS
- 4.2. COMPONENTES DE UNA RED
- 4.3. TECNOLOGÍAS DE REDES LOCALES
- 4.4. DISEÑANDO UNA RED LOCAL

El diseño de redes de área local es un proceso complejo que requiere el estudio de los requerimientos de la organización a la cual servirá la red y la toma de decisiones basadas en dichos requerimientos en busca de disponer de todos los elementos que integran la red de forma que permitan establecer y desarrollar las comunicaciones con la calidad esperada y a un coste razonable, a la vez que se ofrezca la flexibilidad necesaria para su crecimiento en función de la demanda. El éxito del diseño se asegura si se siguen estrategias de diseño adecuadas que permitan la captura de la visión y expectativas de los integrantes de la organización.

Este capítulo contiene los conceptos claves de las redes de área local, su estructura, metodologías y estrategias de diseño y las ideas fundamentales necesarias para una comprensión global de su significado.

4.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Red de Area Local

Existen muchas definiciones para el término "red", sin embargo la mayoría de técnicos y expertos coinciden en que las redes son colecciones de dos o más computadores interconectados que

permiten compartir archivos, aplicaciones y periféricos, tales como modems, cintas de backup, impresoras entre otros.

Una **Red de Area Local (LAN)**, es un tipo especial de red que tiene cobertura en un área geográfica relativamente pequeña, puede ser una oficina, un piso en un edificio, un edificio o un campus y que permite la intercomunicación entre un conjunto de terminales o equipos, que por lo general suelen ser computadores personales, para la transmisión de información a gran velocidad. A través de servicios contratados con entidades externas, las redes locales pueden conectarse entre si, y permitir al usuario la utilización de servicios tales como E-Mail y videoconferencia.

Las redes de área local permiten compartir recursos tales como cableado interno, periféricos de una amplia variedad y, particularmente, archivos y aplicaciones entre diferentes grupos de trabajo dentro de una organización.

4.2. COMPONENTES DE UNA RED

Toda red por compleja que sea está compuesta por:

Equipos terminales de datos(DTE's): Los DTE's típicamente hacen referencia a dispositivos tales como estaciones de trabajo, servidores (de archivos, de impresión, etc), que son conocidos en grupo como estaciones finales. Cada uno está provisto de una tarjeta de interfaz de red o NIC.

Dispositivos de interconexión (DCE's): Son los dispositivos de red intermedios que reciben y reenvían tramas a través de la red. Pueden ser hub's, repetidores, switches, bridges, routers, transceivers, conversores de medio entre otros.

Medios de Transmisión: Usados para transportar señales entre los componentes de red. Los más comunes son coaxial, par trenzado, y fibra óptica.

Los componentes básicos de una red se muestran en la figura 4.1.

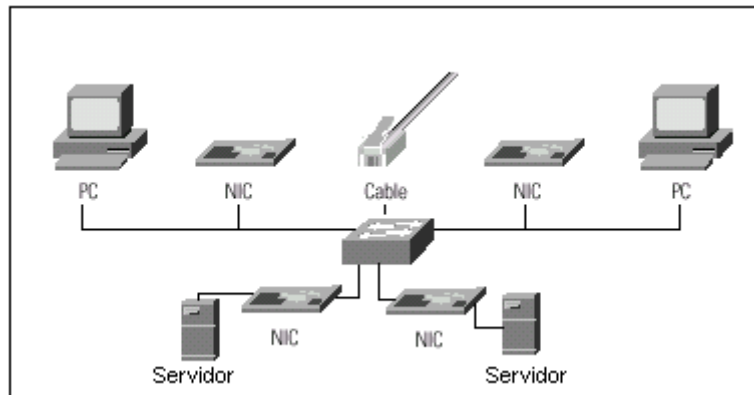


Figura 4.1. Componentes básicos de una red

Estaciones de trabajo y Servidores

Un servidor es un punto central de almacenamiento de archivos o programas de aplicación compartidos en una red. Adicionalmente los servidores proveen conexión a periféricos compartidos tales como impresoras.

Los servidores pueden ser categorizados en dos clases distintas: los servidores empresariales, los cuales deben ser dimensionados para soportar todos los usuarios de la red, ofreciendo servicios tales como e_mail, y DNS y los servidores de grupo de trabajo que soportan comunidades específicas de usuarios y ofrecen servicios tales como procesamiento de texto, y aplicaciones especiales de grupos de trabajo(ej. aplicaciones de ingeniería). Los servidores empresariales deben ser servidores dedicados, mientras que los servidores de grupo de trabajo pueden jugar también el rol de estación de trabajo.

Las estaciones de trabajo suelen ser PC's conectados a la red que por lo general mantienen su capacidad de trabajar de forma autónoma utilizando su propio software, pero normalmente están conectadas al servidor de la red de modo que pueden acceder a la información contenida en éste.

El término estación de trabajo también está relacionado con los periféricos (una impresora, un módem, un escáner, etc.) que conectados a un computador o de manera independiente a través de una tarjeta de interfaz de red pueden ser accedidos y utilizados por los usuarios.

Cada servidor o estación de trabajo debe ser provista de una tarjeta de interfaz de red. Una NIC, usualmente se instala dentro del case del computador y provee interfaces de uno o más tipos para conectar un equipo a la red a través del medio de transmisión.

Medios de transmisión

Existen tres tipos primarios de medios de transmisión en entornos LAN. La elección de uno respecto a otro depende del ancho de banda necesario, las distancias existentes y el coste del medio.

- Cable de cobre apantallado, incluyendo cable STP, coaxial y twin-axial (twinax)
- Cable de cobre no apantallado(cable UTP)
- Fibra óptica

El cable coaxial fue popular en los comienzos de las redes de área local hasta el surgimiento de las tecnologías sobre cableado UTP y fibra óptica. El cable coaxial y otros tipos de cable de cobre apantallado generalmente no son recomendados para nuevas instalaciones excepto para cables cortos conectando dispositivos en un closet de telecomunicaciones o en cuartos de computadores o en casos en donde existan necesidades específicas de apantallamiento o seguridad.

El cableado UTP es el más típico en las construcciones actuales. Este es generalmente el más barato de todos los tipos de cables además de tener las menores capacidades de transmisión por que está sujeto a diafonía, ruido e interferencias electromagnéticas. Por esta razón se utilizan en distancias cortas para minimizar los efectos de estos problemas.

Existen 5 categorías de cableado UTP

Categoría 1 y 2. No son recomendados para transmisión de datos.

Categoría 3. Probado para velocidades de hasta 16 MHZ. Es a menudo llamado cableado de grado-voz, pero es ampliamente usado en transmisión de datos, particularmente en redes Ethernet 10BASET y Token Ring.

Categoría 4. Es probado para velocidades de hasta 20 MHZ. Es usado en redes Token Ring a 16 Mbps y en redes Fast Ethernet (100BASET4).

Categoría 5. Es probado para velocidades de 100 MHZ. FDDI y Ethernet a 100 Mbps lo utilizan.

La fibra óptica no es afectada por diafonía, ruido ni interferencias electromagnéticas, y tiene la mayor capacidad de los tres tipos de cables. Puede ser de dos tipos monomodo y multimodo. La fibra óptica monomodo tiene un diámetro del núcleo mucho más pequeño que la fibra óptica multimodo, lo que asegura que solamente un rayo de luz se propaga y que las distancias alcanzadas sean mayores. La fibra óptica monomodo así como los equipos requeridos para su manejo son mucho más caros. La fibra óptica es utilizada por lo general en el backbone para redes de edificaciones y de campus.

Dispositivos de interconexión

La estructura de una red corporativa tiende a la integración de los distintos sistemas sobre una misma infraestructura. Si además, se tiene dispersión geográfica, la integración implica una necesidad de interconexión. En ámbitos locales, la interconexión es muchas veces una necesidad debida a motivos de mejora de prestaciones o a necesidades de integración de distintos sistemas con distintas tecnologías. La interconexión, por tanto, se puede realizar a varios niveles y con distintos objetivos.

Los diseñadores de redes se enfrentan actualmente a seleccionar entre cuatro tipos de dispositivos principales:

- Hubs (concentradores)
- Bridges
- Switches
- Routers

Hub's. Los Hub's o repetidores son simples dispositivos que interconectan grupos de usuarios. Los Hub's reenvían paquetes de datos recibidos desde una estación de trabajo a todos los puertos restantes. Todos los usuarios conectados a un simple Hub o pila de Hub's están en el mismo segmento o dominio de colisión compartiendo el ancho de banda y la capacidad de transporte de datos. Entre más usuarios son adheridos a un segmento, mayor es la competencia por una cantidad finita de ancho de banda asignada a cada segmento.

Bridges. Los Bridges son dispositivos de interconexión al nivel de enlace de datos utilizados principalmente para mejorar las prestaciones de la red, mediante la interconexión de segmentos del

mismo tipo y de segmentos de red de distintos tipos, realizando la conversión de formatos de trama MAC adecuada.

Switches. Los switches ofrecen ancho de banda dedicado para usuarios y grupos de usuarios. Un Switch reenvía los paquetes de datos solo al puerto apropiado basado en la información del encabezado de los paquetes. Para aislar la transmisión desde los otros puertos, el Switch establece una conexión temporal entre la fuente y el destino, y la termina una vez la comunicación ha sido completada. Dentro de un entorno LAN pueden clasificarse en switches de grupo de trabajo en donde a cada puerto del conmutador se conecta una estación o segmento de red y switches de red en donde a cada puerto del conmutador se conecta un concentrador LAN o conmutador.

Routers. Son elementos de interconexión al nivel de red. Los enrutadores consolidan dos o más redes en una sola y mantienen una identificación lógica de cada segmento. A diferencia de los bridges que leen la dirección física de cada dispositivo, los enrutadores redirigen el tráfico basados en el número de destino de la red indicada en el paquete. Sus principal ventaja es que no propagan los paquetes de difusión (p. ej., los paquetes ARP), y que teóricamente, facilitan la división administrativa de la red, al poder segmentarse a nivel de direcciones de red.

La siguiente tabla provee una vista de las diferencias entre hubs(repetidores), bridges, switches, y routers.

Tabla 4.1 Comparación entre dispositivos de interconexión

	Capas OSI	Dominios de ancho de banda	Dominios broadcast	Aplicaciones típicas	Rasgos típicos adicionales
Hub	1	Todos los puertos están en el mismo dominio de ancho de banda	Todos los puertos están en el mismo dominio broadcast	Conecta dispositivos individuales en LANs pequeñas	Particionamiento automático para aislar nodos con fallas
Bridge	1-2	Cada puerto delinea un dominio de ancho de banda	Todos los puertos están en el mismo dominio broadcast	Conecta redes	Filtración de paquetes configurada por el usuario
Switch	1-2	Cada puerto delinea un dominio de ancho de banda	Todos los puertos están en el mismo dominio broadcast	Conecta dispositivos individuales o redes	Filtración, capacidades ATM, procesamiento cut-through, características multimedia

Router	1-3	Cada puerto delinea un dominio de ancho de banda	Cada puerto delinea un dominio broadcast	Conecta redes	Filtración, firewalling, enlaces WAN de alta velocidad, gestión de colas y procesos de envío avanzados, características multimedia.
---------------	-----	--	--	---------------	---

4.3. TECNOLOGÍAS DE REDES LOCALES

Esta sección provee una breve descripción del sistema Ethernet. Ethernet es recomendada para nuevas redes por que provee superior escalabilidad, gestionabilidad, disponibilidad y accesibilidad (hablando en términos de costos). ATM también provee buena escalabilidad, pero es más compleja y cara que Ethernet. Token Ring es más susceptible a problemas que Ethernet y no es recomendada en diseños actuales. FDDI ha sido desplazada por Fast Ethernet y Gigabit Ethernet sobre fibra óptica en entornos de backbone.

4.3.1. Redes Ethernet

El término Ethernet se refiere a la familia de implementaciones de redes de área local (LAN) que incluye las siguientes cuatro categorías principales:

- Ethernet a 10 Mbps—Especificaciones que operan a 10 Mbps sobre cable coaxial, par trenzado y fibra óptica.
- Ethernet a 100-Mbps—Especificación LAN, también conocida como Fast Ethernet, que opera a 100 Mbps sobre par trenzado y fibra óptica.
- Ethernet a 1000 Mbps—Especificación LAN, también conocida como Gigabit Ethernet, que opera a 1000 Mbps (1 Gbps) sobre cables de fibra y par trenzado.

- Ethernet a 10000 Mbps— Especificación LAN, también conocida como 10 Gigabit Ethernet, que opera a 10000 Mbps (10 Gbps) sobre fibra óptica

Ethernet a sobrevivido como una tecnología imprescindible gracias a su gran flexibilidad y a la relativa simplicidad para implementarla y entenderla. Aunque otras tecnologías han sido creadas para reemplazarla, los diseñadores de redes tienden a elegir Ethernet y sus variantes, como una solución efectiva para un amplio rango de requerimientos en el diseño de redes locales.

Redes Ethernet a 10 Mbps

El sistema original Ethernet opera a 10 Mbps, y existen cuatro estándares de cableado de banda base definidos: 10BASE5, 10BASE2, 10BASET y 10BASEF;

Ethernet 10Base5. Basado en cable coaxial grueso, 500 metros por segmento, en desuso.

Ethernet 10Base2. Basado en cable coaxial fino, 185 metros por segmento, en desuso.

Ethernet 10BaseT. Basado en cable UTP, 100 metros por segmento, es apropiado para cableado horizontal.

Ethernet 10BaseF. Basado en fibra óptica multimodo, 2 kilómetros por segmento, es apropiado para backbone de red.

Redes Ethernet a 100 Mbps ó Fast Ethernet

Ethernet a 100 Mbps puede correr sobre varios tipos de medios, incluyendo UTP, STP, y fibra. La especificación Fast Ethernet define subcapas separadas para cada tipo de medio:

100BaseT4. Sobre cuatro pares de cable UTP Categoría 3, 4 y 5, 100 metros por segmento máximo. Es apropiado para cableado horizontal y backbone de red.

100BaseTX. Sobre dos pares de cable UTP Categoría 5 o STP, 100 metros por segmento máximo. Es apropiado para cableado horizontal y backbone de red.

100BaseFX. Sobre dos hilos de fibra óptica multimodo (62.5/125-micrómetros), 2000 metros por segmento máximo. Es apropiado para cableado horizontal y backbone de red.

El estándar Fast Ethernet define dos tipos de repetidores: Clase I (un repetidor por dominio de colisión) y Clase II (dos repetidores por dominio de colisión).

Auto-Negociación. La autonegociación es una parte opcional del estándar Ethernet que permite a los dispositivos intercambiar información de sus capacidades sobre un segmento de enlace. Esto a su vez permite a los dispositivos configurarse automáticamente para lograr el mejor modo de operación posible.

Tabla 4.2. Resolución de prioridades en autonegociación

Tabla de resolución de prioridades en autonegociación	
A:	100BASE-TX Full Duplex
B:	100BASE-T4
C:	100BASE-TX
D:	10BASE-T Full Duplex
E:	10BASE-T

Redes Ethernet a 1000 Mbps ó Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet es definido en el estándar IEEE 802.3z. Este opera esencialmente como Ethernet a 100 Mbps, pero 10 veces más rápido. Usa CSMA/CD con soporte de un repetidor por dominio de colisión, y opera en modo full duplex y half duplex. El tamaño y formato de la trama es el mismo que para las demás variedades de Ethernet.

Ethernet a 1000 Mbps puede correr sobre varios tipos de medios, incluyendo UTP y fibra. La especificación Gigabit Ethernet define subcapas separadas para cada tipo de medio:

Ethernet 1000BaseSX. También conocida como especificación de longitud de onda corta, es apropiado para cableado horizontal y backbone de red. Sobre fibra óptica multimodo, 550 metros por segmento máximo.

Ethernet 1000BaseLX. Usa una longitud de onda larga, y soporta cableado multimodo y monomodo. Es apropiada para redes de backbone de campus y edificaciones. Hasta 5000 metros por segmento máximo.

Ethernet 1000BaseCX. Es apropiado para closets de comunicaciones o cuartos de computadores donde la distancia entre dispositivos es de 25 metros o menos.

Ethernet 1000BaseTX. Es apropiado para cableado horizontal y del área de trabajo sobre UTP Categoría 5. Esta definido en el estándar 802.3ab el cual es un subgrupo del 802.3z. 100 metros por segmento máximo.

Gigabit Ethernet es una apuesta tecnológica impulsada por el gran volumen de redes Ethernet en el mercado para las cuales no presenta impacto tecnológico elevado como el de otras soluciones de redes de alta velocidad.

Ethernet Full Duplex

Ethernet Full duplex es una variante de la tecnología Ethernet. La operación full duplex es mucho más simple que Ethernet normal. Los dispositivos en cada extremo de un enlace full duplex pueden enviar y recibir datos de manera simultanea sobre el enlace. Una de las ventajas de esta propuesta es que el enlace full duplex puede teóricamente proveer el doble del ancho de banda que Ethernet normal (half duplex). El modo de operación full duplex requiere que cada extremo del enlace este conectado únicamente a un único dispositivo, tal como una estación de trabajo o un puerto de un switch.

4.3.2. ATM

ATM es una tecnología en evolución y maneja grandes velocidades para transferencia de voz, vídeo y datos a través de redes publicas y privadas de una manera efectiva. Su uso en entornos LAN puede ser como tecnología de Backbone en una red de campus.

ATM es una buena elección para vídeo conferencia, telefonía, aprendizaje a distancia, y otras aplicaciones que mezclan datos, vídeo y voz, y requieren gran ancho de banda, bajo retardo, y poca o nada variación en el retardo. ATM soporta garantías de QoS extremo a extremo.

Actualmente ATM puede soportar más ancho de banda que Ethernet, lo cual la hace una buena elección para redes de backbone y aplicaciones de gran ancho de banda. ATM soporta OC-192(10 Gbps).

La mezcla de redes ATM/LAN es a menudo necesaria cuando se desea introducir ATM en la red. Las soluciones para integrar ATM con los protocolos existentes, incluyen emulación LAN(LANE) y multiprotocolo sobre ATM(MPOA).

4.4. DISEÑANDO UNA RED LOCAL

El proceso de diseño de una red local y su estructura puede ser caracterizado en función de su alcance, y los estándares tecnológicos y de cableado. Son de vital importancia conceptos que permitan determinar y delimitar el ambiente de diseño.

4.4.1. Alcance del diseño

El alcance de un proyecto de diseño de red puede definirse en términos del modelo de referencia OSI y de los tipos de funcionalidad que proveerá la red. Entre otros términos importantes, los más descriptivos son:

Segmentos de Red. Una simple red basada en un protocolo particular de la capa 2. Puede incluir hubs, repetidores y unidades de acceso multiestación. En el caso de Ethernet esta limitada a un dominio de colisión.

Redes LAN. Un grupo de segmentos conectados a través de bridges o switches, usualmente basados en un protocolo particular de la capa 2 (También es posible la mezcla de LANs). Puede tener uno o más protocolos de la capa 3 asociados.

Red de Edificio. Múltiples redes LAN dentro de una construcción usualmente conectadas a un backbone de red.

Red de Campus. Múltiples construcciones dentro de un área geográfica local, usualmente conectados a un backbone de campus.

Acceso remoto. Soluciones Dial-in o Dial-out, ya sea analógicas o digitales.

WAN. Una red geográficamente dispersa incluyendo conexiones punto a punto, Frame Relay, ATM, y otras conexiones de larga distancia

Red Empresarial. Una red extensa y diversa que consiste de campus, servicios de acceso remoto y una o más WAN's.

El enfoque de cada diseñador puede utilizar estos términos para definir conceptos propios guiados por modelos y topologías de diseño que faciliten el proceso de diseño y la delimitación de su alcance.

4.4.2. Tipos de LAN's

En adición a la anterior clasificación es importante establecer las siguientes definiciones en función del alcance en número de usuarios, de las características técnicas y de negocios, y de las aplicaciones de red más comunes:

Red SOHO. Redes de menos de 20 usuarios, con un presupuesto bajo, corriendo aplicaciones tales como e-mail, procesamiento de texto, impresión, y transferencia de archivos. Están basadas por lo general en hub's.

Red Pequeña. Redes entre 20 y 99 usuarios con un presupuesto bajo, corriendo aplicaciones tales como e-mail, procesamiento de texto, impresión, transferencia de archivos y acceso a internet. Están basadas en una combinación de hub's y switches.

Red mediana. Redes entre 100 y 499 usuarios con un presupuesto medio, corriendo aplicaciones con requerimientos críticos de rendimiento y disponibilidad, además de las aplicaciones básicas. Suelen estar basadas en Ethernet conmutada aunque pueden utilizar hub's.

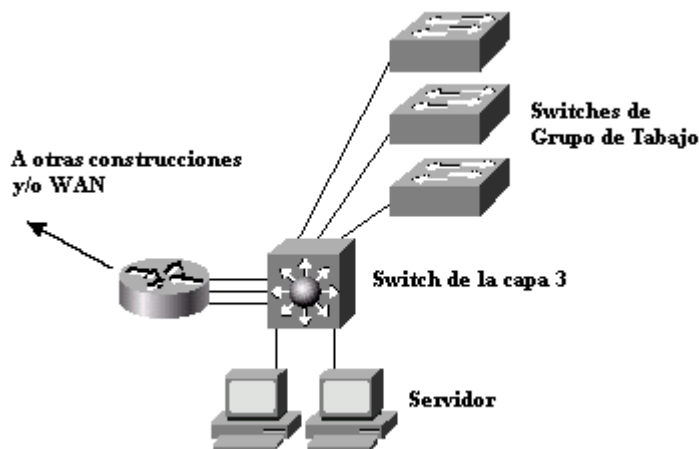


Figura 4.2. Modelo típico de diseño de redes medianas

Red Empresarial. Redes entre 500 y 999 usuarios. Las aplicaciones más comunes en este tipo de redes incluyen aplicaciones multimedia, con requerimientos muy críticos de rendimiento y disponibilidad.

Grandes Redes Empresariales. Redes con más de 1000 usuarios.

4.4.3. Topologías de diseño de red

Una de las mejores prácticas cuando se diseña una red local es el desarrollo de un modelo jerárquico y modular. Comparado con otros modelos de diseño tales como un modelo de red plano o en malla, el modelo jerárquico permite a la red ser diseñada en capas discretas cada una enfocada en una función específica. La modularidad permite a los diseñadores de redes crear elementos que puedan ser replicados a medida que la red crezca y cambie proporcionando superior escalabilidad.

Topología de red jerárquica. Los expertos han desarrollado un modelo de diseño de redes jerárquicas basado en el desarrollo de una topología en capas discretas. Una típica topología jerárquica esta compuesta por una capa núcleo de routers y switches de alta capacidad optimizados para disponibilidad y rendimiento, una capa de distribución de routers y switches, y una capa de

acceso que conecta usuarios a través de hubs, switches, y otros dispositivos. Una topología de red jerárquica unida a un diseño estructurado y modular es la mejor alternativa en diseños de redes actuales. En muchas redes solo son identificables dos capas, dado que con frecuencia en un mismo dispositivo residen más de una capa. En redes de edificación la capa de acceso, por lo general, esta compuesta por todas las redes departamentales o de grupo de trabajo. La capa núcleo y la de distribución corresponden a la red de backbone de la edificación.

El diseño de una red jerárquica debe partir del diseño de la capa de acceso, seguida de la capa de distribución para terminar con la capa núcleo.

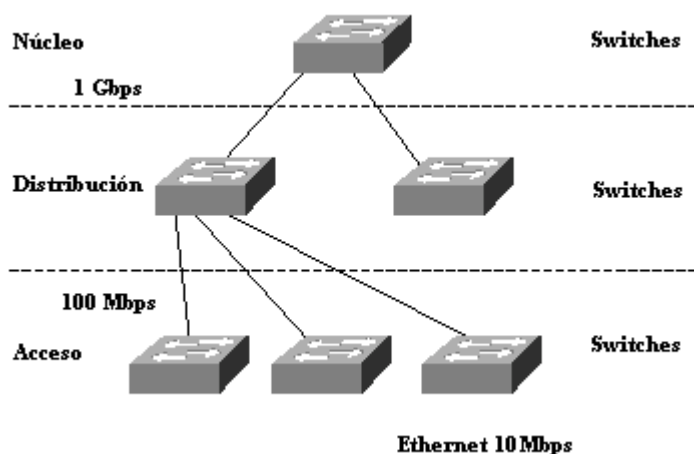


Figura 4.3. Ejemplo de diseño de una red jerárquica basada en switches

Topología de red plana. Es adecuada para redes muy pequeñas. En este tipo de topología no hay jerarquía. Todos los dispositivos de red cumplen esencialmente la misma tarea y la red no esta dividida en capas o módulos. Una topología de este tipo es fácil de diseñar, implementar y mantener mientras la red se mantenga pequeña.

Topología en malla. En una topología de malla total, cada router o switch es conectado a todos los demás lo que permite una completa redundancia, y ofrece buen rendimiento. Es posible realizar una topología de malla parcial. Aunque las redes en malla tienen una buena confiabilidad, puede tener muchas desventajas si no se diseñan de manera adecuada. Los diseños en malla tienen varias desventajas tales como el costo de su desarrollo y mantenimiento, su difícil optimización, actualización y localización de averías, a no ser que sean diseñadas usando un modelo jerárquico.

En una topología en malla no jerárquica los dispositivos no son optimizados para sus funciones específicas.

4.4.4. Variables básicas de diseño

Las variables a tener en cuenta al diseñar una red pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

Objetivos y restricciones de negocios. Identifican la labor que el diseño de red desempeñará dentro del funcionamiento global de la organización.

Requerimientos y restricciones técnicas. Incluye variables como escalabilidad, disponibilidad, rendimiento, confiabilidad y restricciones tales como el presupuesto estimado para el diseño.

Características físicas del entorno. Es muy importante a la hora de establecer la ubicación de los nodos, de los enlaces entre ellos, la concentración, y la distancia media de los terminales de acceso.

Características del tráfico. Identifican las aplicaciones de red y los requerimientos en función del ancho de banda, tipos de flujos de tráfico y carga de la red.

La profundidad en el estudio de estas variables varía de un diseñador a otro.

4.4.5. Metodología de diseño

Muchas de las metodologías y herramientas de diseño de redes actuales escapan al análisis de requerimientos de la organización, de las aplicaciones de red y a la selección de dispositivos y medios basada en dichos requerimientos. Un buen diseño de red debe reconocer que los requerimientos del cliente envuelven muchos objetivos técnicos y de negocios incluyendo abordabilidad, escalabilidad, rendimiento, disponibilidad, seguridad y gestión.

Un diseño de red que cumpla con las expectativas del cliente debe ser el resultado de una metodología enfocada en los requerimientos y aplicaciones de usuario además de las características técnicas en las que normalmente se basa. La metodología Top-Down [46] brevemente descrita en esta monografía permite obtener primero una vista lógica de la red, incluyendo una descripción de

los flujos de tráfico y la topología de red, antes de desarrollar una vista física. La metodología incluye entre otras las siguientes etapas de diseño:

Selección del equipo de diseño. Durante esta etapa se debe seleccionar un equipo de diseño que debe incluir ingenieros, técnicos, y personal adicional para realizar cada una de las labores asociadas con el diseño.

Reconocimiento de las necesidades. Durante esta etapa se analizan los requerimientos de negocios de la organización, las aplicaciones y servicios de red, así como los requerimientos técnicos (ej. escalabilidad, disponibilidad, flexibilidad, etc.). Es de vital importancia durante esta fase recolectar información sobre los flujos y la carga de tráfico para dar un soporte adecuado a la toma de decisiones durante las fases de diseño lógico y diseño físico.

Desarrollo de un diseño lógico. Durante esta fase del diseño, el diseñador debe desarrollar una topología de red. La topología de red debe incluir los segmentos de red, los puntos de interconexión, el tamaño y alcance de las redes y los tipos de dispositivos de red que serán requeridos. Adicionalmente se deben tomar decisiones relacionadas con los modelos de direccionamiento y nombrado de la red, los protocolos de enrutamiento, puenteo y conmutación, así como con el diseño de la seguridad y la gestión. El diseño lógico de la red depende en gran parte del conocimiento ganado en la fase de análisis de requerimientos sobre flujos y carga de tráfico.

Desarrollo de un diseño físico. La fase de diseño físico incluye la selección de tecnologías y dispositivos para la red y segmentos de red, incluyendo tecnologías como Ethernet, Token ring, FDDI, y ATM; y routers, hub's, switches y cableado para implementar estas tecnologías. El diseño físico depende de los objetivos de negocios, los requerimientos técnicos, las características de tráfico, y los flujos de tráfico.

Prueba, optimización y documentación del diseño. Como paso final en el diseño de redes se debe escribir e implementar un plan de pruebas, construir un prototipo de red, y documentar la propuesta final de diseño.

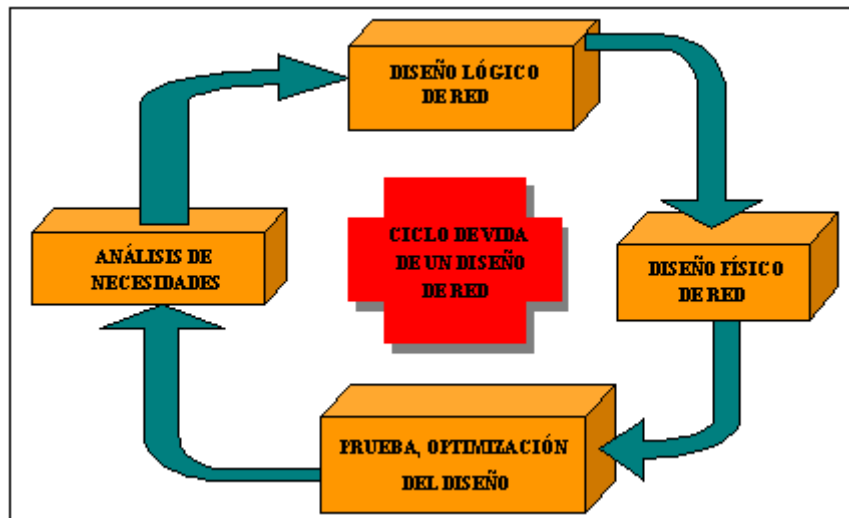


Figura 4.4. Ciclo de vida de un proceso de diseño de red

El proceso de diseño es iterativo. Nunca un análisis de requerimientos estará totalmente completo y el diseño físico y lógico de la red pueden cambiar a medida que más información es recolectada.

No existe una metodología única para el diseño de redes locales, y el análisis de los factores que determinan las decisiones de diseño varían de un diseñador a otro. Sin embargo, una propuesta de diseño basada en los requerimientos técnicos y de negocios de la organización así como en las aplicaciones de red y el análisis de tráfico puede asegurar en gran parte que el diseño de red tendrá éxito. Si adicionalmente se adopta una estrategia de diseño modular y jerárquica es posible obtener un modelo de diseño independiente del enfoque y con una gran flexibilidad para adaptarse a los continuos cambios en los estándares, productos y necesidades.

CAPÍTULO 5

SIELAN, UNA ALTERNATIVA PARA EL DISEÑO DE REDES LOCALES

5.1. INTRODUCCIÓN

5.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE DISEÑO DE REDES LAN

5.3. SIELAN ARQUITECTURA Y OPERACIÓN

5.4. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

5.5. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

La tarea de diseñar y configurar grandes redes de computadores que satisfagan los requerimientos de ciertos ambientes y aplicaciones es difícil, dado que requiere conocimiento y experiencia técnica altamente especializada, así como un profundo entendimiento del cambiante mundo de la industria y del mercado.

SIELAN presenta una propuesta moderna para usar sistemas expertos en el diseño de redes teniendo en mente: 1) Modularidad que permita al sistema futura adaptabilidad y funcionalidad, 2) El uso de herramientas, paradigmas y metodologías de última generación en el área de la inteligencia artificial y el diseño de redes y 3) Facilidad de uso, y de actualización.

5.1. INTRODUCCIÓN

En un mundo cambiante y cada vez más competitivo la habilidad para comunicarse efectivamente es la clave para el éxito en los negocios. Un diseño de red óptimo y eficiente es necesario para hacer las redes de datos asequibles.

Por diseño de red se entiende la selección de estándares tecnológicos, dispositivos de red y conexiones para cumplir con los objetivos operacionales de la organización. Adicionalmente una configuración de red adecuada, puede afectar en gran medida su costo y rendimiento. Por consiguiente, es de vital importancia obtener la mejor combinación de equipos y conexiones para satisfacer los objetivos de la organización. Estos objetivos pueden incluir una multitud de factores de negocios y técnicos tales como escalabilidad, disponibilidad, tiempos de respuesta, rendimiento entre otros.

En este capítulo se presenta la forma como SIELAN aplica los conceptos de sistemas expertos para dar solución al problema de diseño de redes LAN. La primera parte muestra la propuesta de solución que presenta el sistema, después se detalla la arquitectura de SIELAN junto con las herramientas incorporadas, se continúa con la forma de representación del conocimiento al interior de SIELAN y se finaliza con algunos ejemplos de prueba.

5.2. PROBLEMA DE DISEÑO DE REDES LOCALES

En diseños de redes actuales es de vital importancia el análisis de factores críticos como abordabilidad, disponibilidad y rendimiento de la organización y de las aplicaciones de misión crítica que dan soporte a su misión de negocios. Un *modelo de diseño de red modular*, puede dar soporte a un estudio confiable de estos factores y conducir a diseños de red altamente escalables, disponibles, y de gran rendimiento.

SIELAN desarrolla una metodología propia basada en una propuesta de diseño de redes modular, jerárquica y estructurada trabajando sobre *modelos de diseño*. Un diseño estructurado permite una clara definición de límites de fallas dentro de los componentes de la red. Un diseño basado en un

modelo jerárquico divide el problema en subproblemas más manejables y permite al diseñador enfocarse en requerimientos y soluciones particulares. Un diseño modular crea bloques de diseño y permite una gran flexibilidad y escalabilidad.

SIELAN implementa adicionalmente un *modelo de tareas* basada en la metodología de diseño de redes elegida y que se aplica a la estrategia de diseño modular.

5.2.1. Propuesta de diseño Modular

SIELAN crea un modelo global para el diseño de una red empresarial basado en el diseño de cinco bloques funcionales: módulo grupo de trabajo, núcleo, edificación, centro de datos y conectividad externa (ver Figura 5.1). Cada módulo representa un bloque funcional independientemente de los componentes que puedan ser empleados lo que hace que el modelo global de diseño sea fácilmente adaptable a diversas estrategias de diseño de redes. Estos módulos pueden ser adicionados o eliminados del diseño para crear una gran red jerárquica.

El problema de diseño de un módulo de edificación se descompone inicialmente en cuatro submódulos principales que incluyen el diseño de los módulos de grupo de trabajo, el diseño del módulo núcleo, el diseño del módulo centro de datos y el diseño del módulo de conectividad externa. Los módulos grupo de trabajo proveen la implementación de la capa de acceso definida con anterioridad en el modelo de red jerárquica. La capa núcleo reside en el módulo núcleo.

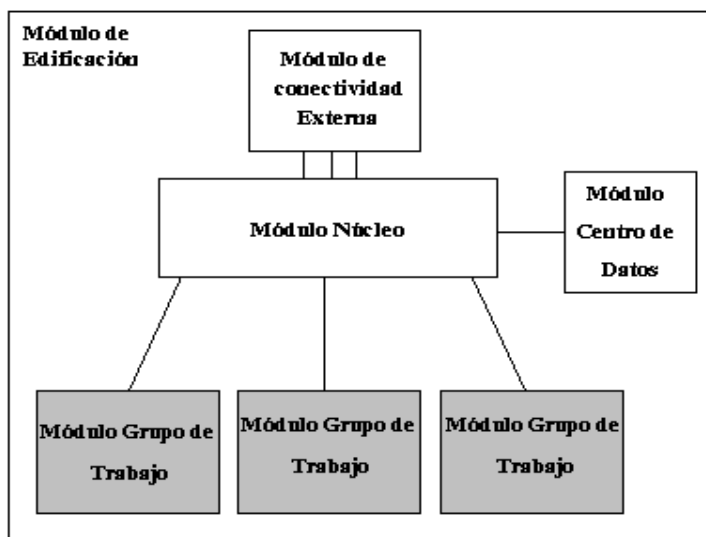


Figura 5.1. Modelo de Diseño de red modular

El problema de diseño de cada uno de los módulos es dividido en tareas específicas de acuerdo a un modelo de tareas. El diseño de los módulos de grupo de trabajo incluye la selección de la tecnología, la selección de dispositivos, el diseño de conexiones y el diseño del sistema de cableado (generalmente asociada con el subsistema de cableado horizontal).

A nivel del módulo de núcleo o de backbone la subdivisión sigue parámetros similares.

El diseño del módulo de conectividad externa esta relacionada con la selección de soluciones de conectividad a la red de backbone de campus si es el caso y/o soluciones de acceso WAN.

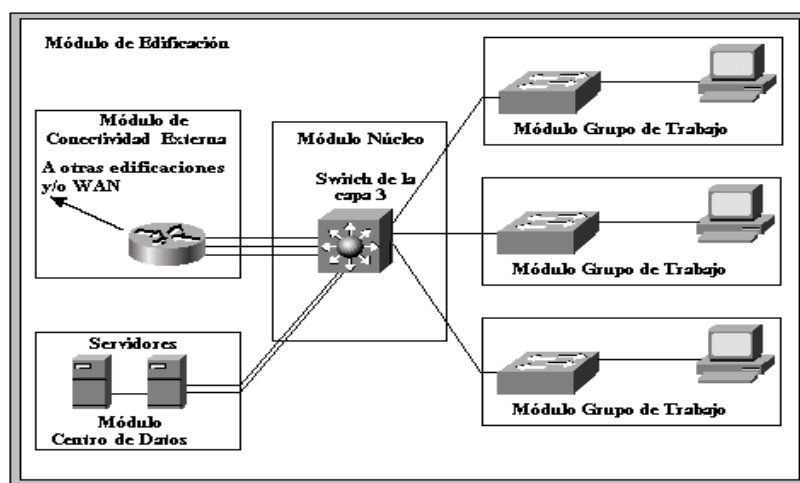


Figura 5.2. Ejemplo de diseño de una red Modular

El diseño del módulo Centro de Datos esta relacionado con la selección de un dispositivo específico para la conexión de servidores, la elección de la tecnología de conexión, y el diseño de conexiones de servidores y de la conexión con el módulo Núcleo si es el caso.

5.2.2. Modelo de tareas

Durante el desarrollo de SIELAN se generó un modelo de tareas basado en la metodología de diseño de redes elegida: "Diseño de Red Top-Down" [46], aplicada a la estrategia de diseño modular. Dicho modelo de tareas permite la subdivisión del problema en subproblemas más manejables y la identificación de variables claves.

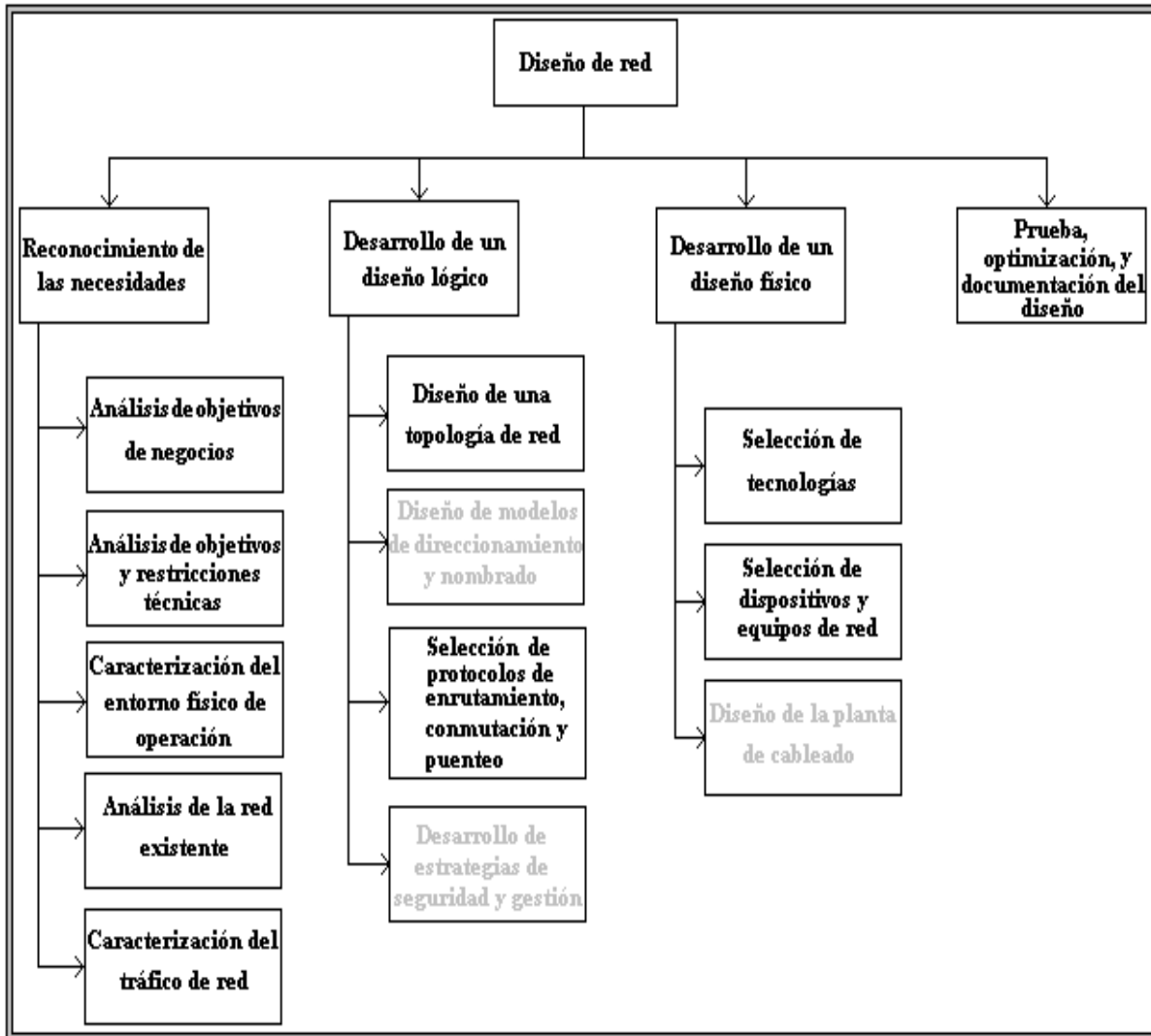


Figura 5.3. Estructura general del modelo de tarea

Cada una de las tareas del modelo general es aplicada y especificada de acuerdo a cada uno de los módulos de diseño. Durante la fase de diseño lógico, por ejemplo, el diseño de una topología de red implica la selección del dispositivo más adecuado para la conexión de estaciones de trabajo dentro del módulo grupo de trabajo.

procesamiento de texto, hojas de cálculo, transferencia de archivos y acceso a internet. No existen aplicaciones de misión crítica y los requerimientos de ancho de banda son mínimos. Existe por lo general un único grupo de trabajo o comunidad de usuarios y un único servidor en donde residen las principales aplicaciones de red. La función más importante desempeñada por el servidor es la de servidor de archivos.

Diseño de una red SOHO. Comprende el diseño de los módulos Grupo de Trabajo, Conectividad Externa y Centro de datos. A nivel de grupo de trabajo durante la etapa de diseño lógico se obtiene que la opción a elegir es la utilización de Ethernet compartida. Como solución para el módulo de Conectividad Externa, la mejor alternativa es la utilización de un pequeño router. Durante la etapa de diseño físico se selecciona Ethernet 10BaseT como tecnología para la conexión de equipos terminales de datos dentro del módulo Grupo de Trabajo, Ethernet 10/100BaseT para la conexión del servidor, Ethernet 10BaseT para la conectividad LAN del router y una conexión WAN ISDN.

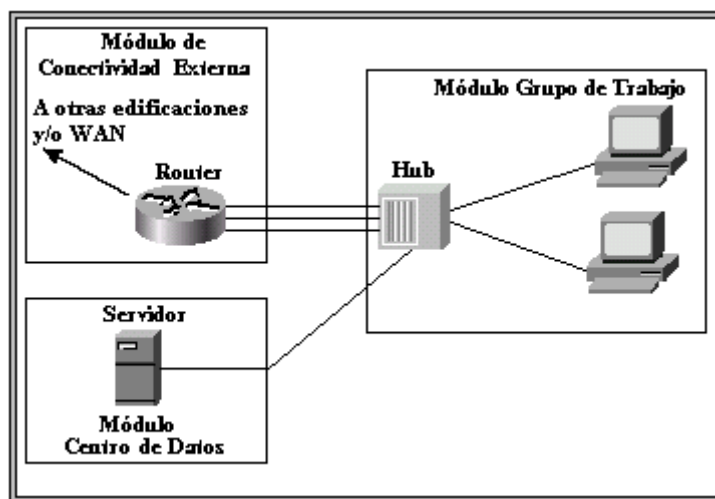


Figura 5.5. Modelo por defecto red SOHO

SIELAN utiliza lógica difusa para el análisis de las variables básicas de diseño citadas en el capítulo 4 y para la toma de decisiones basado en dichas variables.

A partir del modelo por defecto se obtienen reglas de diseño relacionando variables de entrada con soluciones de diseño. Reglas adicionales son obtenidas mediante el análisis de cada módulo del modelo original por separado. A nivel del módulo de Grupo de trabajo, por ejemplo, es posible

considerar la utilización de un Switch cuando se tienen requerimientos especiales de rendimiento y disponibilidad y el presupuesto no es un factor crítico.

Diseño de redes Pequeñas

El diseño de una red Pequeña esta compuesto por defecto de uno o más módulos Grupo de Trabajo, un módulo opcional de Backbone o Núcleo, un módulo Centro de Datos y un módulo opcional de Conectividad Externa.

Requerimientos en una red Pequeña. Puede llegar a manejar entre 20 y 99 usuarios. Los requerimientos de disponibilidad y rendimiento no son considerados críticos en la mayoría de los casos, aunque la aparición a este nivel de aplicaciones con requerimientos más exigentes de ancho de banda puede cambiar la valoración de estos factores. El presupuesto bajo es considerado la restricción más importante. En este tipo de redes el cliente tiende a sacrificar el rendimiento y la disponibilidad de la red a cambio de mantener los costos muy bajos. Las aplicaciones que la red soporta incluyen las aplicaciones básicas, e_mail, procesamiento de texto, hojas de cálculo, transferencia de archivos y acceso a internet aunque son utilizadas de manera más intensiva. No existen por lo general aplicaciones de misión crítica y los requerimientos de ancho de banda aunque un poco más exigentes siguen siendo muy bajos. Se pueden identificar una o más comunidades de usuarios y los requerimientos pueden variar de una a otra. La función más importante desempeñada por el servidor es la de servidor de archivos.

Diseño de una red Pequeña. Comprende el diseño de los módulos Grupo de Trabajo, módulo Núcleo o de Backbone (opcional), Conectividad Externa y Centro de Datos. A nivel del módulo grupo de trabajo durante la etapa de diseño lógico se obtiene que la opción a elegir varía de acuerdo con los requerimientos de cada comunidad de usuarios. Por lo general Ethernet compartida es suficiente para cumplir con los requerimientos del cliente, pero en aquellos módulos con requerimientos de ancho de banda un poco más intensivo un switch puede ser una mejor alternativa. A nivel del módulo núcleo, si este existe, se hace indispensable el uso de un switch. Como solución para el módulo de Conectividad Externa, la mejor alternativa es la utilización de un pequeño router. Durante la etapa de diseño físico se selecciona Ethernet 10BaseT como tecnología para la conexión de equipos terminales de datos dentro del módulo Grupo de Trabajo, Ethernet 10/100BaseT para las conexiones de los módulos Grupo de Trabajo al modulo Núcleo, Ethernet 10/100BaseT full duplex

para la conexión del servidor, Ethernet 10BaseT para la conectividad LAN del router y una conexión WAN ISDN.

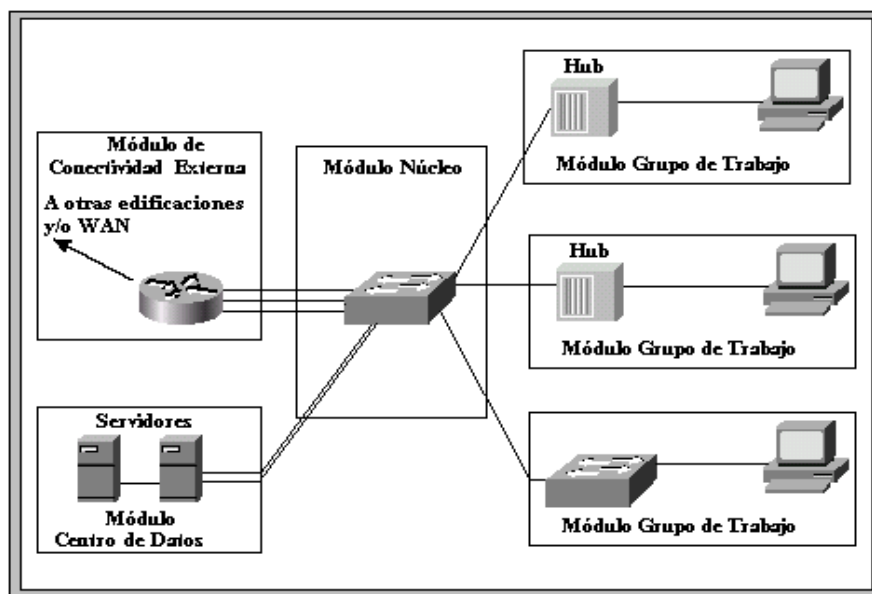


Figura 5.6. Modelo de diseño por defecto para una red Pequeña

Diseño de redes Medianas

El diseño de una red mediana esta compuesto por defecto de módulos Grupo de Trabajo, módulos Centro de Datos, módulo Núcleo, módulo de Edificación y uno o más módulos de Conectividad Externa.

Requerimientos en una red Mediana. Puede llegar a manejar entre 100 y 499 usuarios. Este tipo de redes cuenta por lo general con un presupuesto anual fijo. A este nivel existe una comunidad entera dedicada al control y administración de la red. Las aplicaciones tienden a ser una mezcla de aplicaciones básicas y aplicaciones propias desarrolladas. Los requerimientos de disponibilidad y rendimiento son considerados críticos para algunos usuarios, y se dispone de recursos para invertir en factores como la tolerancia a fallas. Puede llegar a proveer servicios a trabajadores móviles. El presupuesto bajo pasa a un segundo plano ante requerimientos específicos de adaptabilidad, disponibilidad y rendimiento. Algunas de las aplicaciones pueden ser consideradas de misión crítica y pueden llegar a tener fijados valores específicos de disponibilidad y rendimiento. Los requerimientos de ancho de banda son un poco más exigentes. Se pueden identificar una o más comunidades de usuarios y los requerimientos pueden variar de una a otra. Existe más de un servidor central y en algunos casos pueden ser requeridos servidores locales para servir grupos de usuarios particulares.

Diseño de una red Mediana. Comprende el diseño de los módulos Grupo de Trabajo, módulo Núcleo o de Backbone, Conectividad Externa y Centro de Datos. El diseño de una red mediana debe estar basada en la selección de equipo efectivo en costos. A nivel del módulo grupo de trabajo durante la etapa de diseño lógico se obtiene que la opción a elegir es por lo general la utilización de Ethernet conmutada aunque pueden existir algunos módulos cuyos requerimientos no justifiquen la utilización de un switch en cuyo caso la elección sería Ethernet compartida. A nivel del módulo núcleo, se hace indispensable el uso de un switch de la capa 3. Como solución para el módulo de Conectividad Externa, la mejor alternativa es la utilización de uno o más router's. Durante la etapa de diseño físico se selecciona Ethernet 10BaseT y Ethernet 100BaseT como tecnología para la conexión de equipos terminales de datos dentro del módulo Grupo de Trabajo, Ethernet 100BaseT para las conexiones de los módulos Grupo de Trabajo al modulo Núcleo, Ethernet 100BaseT full duplex para la conexión de servidores, Ethernet 100BaseT para la conectividad LAN del router y una conexión WAN ISDN.

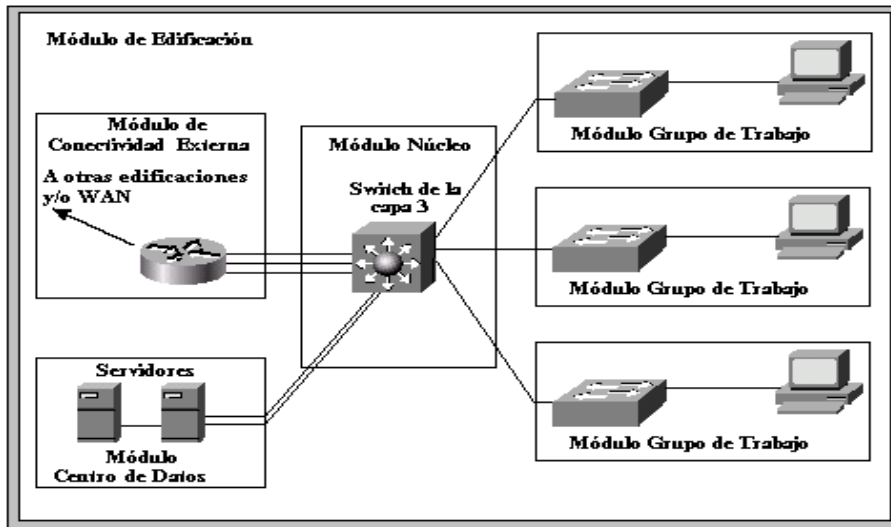


Figura 5.7. Modelo por defecto de diseño de una red mediana

5.3. SIELAN, ARQUITECTURA Y OPERACIÓN

La siguiente figura ilustra la estructura interna de SIELAN

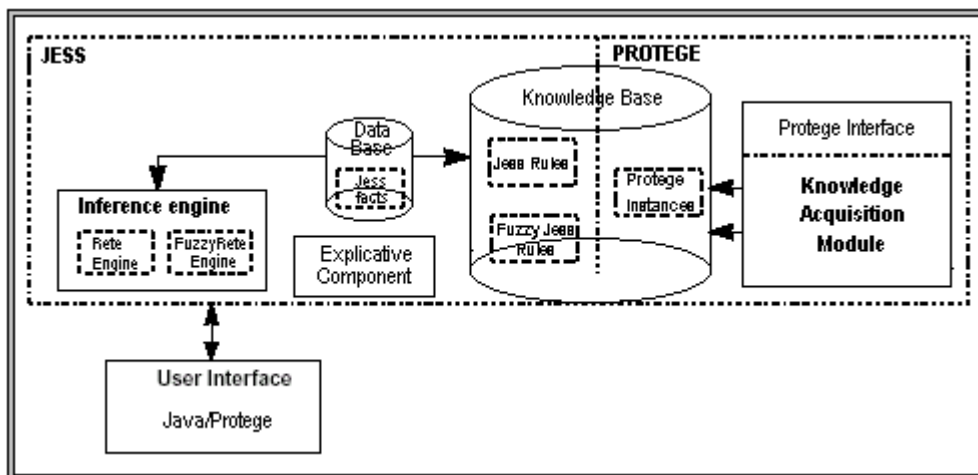


Figura 5.8. Estructura de SIELAN

SIELAN orienta el proceso de diseño de acuerdo a la metodología de diseño de redes locales “Top-Down” [46] especificada en el capítulo anterior. Aunque la flexibilidad del sistema permite al usuario seguir una metodología de diseño propia, SIELAN recomienda seguir las siguientes fases:

Fase1. Especificación de requerimientos

En esta fase, SIELAN interactúa con el usuario a través de la interfaz de usuario para obtener una descripción del proyecto de diseño iniciando con datos generales. La descripción es obtenida a través de un grupo de planeadores que manejan el proceso de adquisición de conocimiento a través de un árbol de requerimientos y formularios para cada una de las instancias involucradas. SIELAN solicita al usuario los datos relacionados con los requerimientos más generales de la organización, incluyendo requerimientos de negocios y técnicos, restricciones de negocios y técnicas, el alcance del proyecto y las aplicaciones de red, y su estructura en términos de departamentos, grupos de trabajo, líneas de negocios y socios. Adicionalmente SIELAN permite al usuario definir características del tráfico de red en función de comunidades de usuario y almacenes de datos. SIELAN maneja un proceso de consulta no controlado lo que deja al usuario en libertad de realizar modificaciones a los datos en cualquier momento del proceso de diseño. Estos cambios se propagan de manera transparente al usuario.

Fase 2. Diseño de red

Durante esta fase SIELAN obtiene del usuario un modelo de red en función de los módulos Grupo de Trabajo, Centro de Datos, Conectividad Externa, Núcleo y Edificación, a través de un grupo de planeadores que manejan el proceso de adquisición y visualización del conocimiento por medio de un árbol de diseño y formularios para cada una de las instancias involucradas. Posteriormente SIELAN permite al usuario el diseño de módulos particulares o de la red global, a través de un mecanismo de control de propósito general que captura los datos necesarios, los mapea a la base de datos de Jess y ejecuta la maquina de reglas. Aun durante esta fase, los requerimientos pueden ser alterados, pero para observar los cambios en el diseño se hace necesario volver a ejecutar el mecanismo de control.

Fase 3. Análisis de soluciones y documentación

En esta fase el usuario tiene la posibilidad de modificar las decisiones del sistema, agregar nuevos componentes y validar los resultados del proceso. Adicionalmente el usuario puede generar la documentación del diseño de red.

5.3.1. Herramientas de Desarrollo

5.3.1.1. JESS (The Expert System Shell for the Java Platform)

Jess fue escogido como shell para el desarrollo de SIELAN por su facilidad de integración con aplicaciones Java, libre distribución, capacidad de transporte, eficiencia y velocidad [18].

El cuerpo de *Jess* es compatible con CLIPS. *Jess* al igual que CLIPS usa el algoritmo Rete para procesar reglas, un mecanismo muy eficiente para resolver el difícil problema de igualación de múltiples patrones. *Jess* adiciona muchas características a CLIPS, incluyendo encadenamiento hacia atrás y la habilidad de manipular y razonar directamente sobre *objetos* Java.

Jess un shell de sistemas expertos y un lenguaje de scripting escrito en su totalidad en el lenguaje Java. Los sistemas expertos basados en reglas desarrollados con *Jess*, pueden ser integrados con

código Java. Desde *Jess* se pueden llamar funciones Java, también se puede extender con código Java y embeber *Jess* en aplicaciones Java.

Jess provee los elementos básicos para la implementación y operación de SIELAN:

Base de conocimiento

Memoria de trabajo

Agenda

Máquina de inferencia

Jess permite la creación de bases de conocimiento, para almacenar el conocimiento embebido, construido o diseñado dentro de un sistema experto. Integra una memoria de trabajo que contiene los hechos representando conclusiones, hipótesis y metas. También incluye una agenda, que reúne las reglas aplicables en un estado dado de ejecución del sistema. La máquina de inferencia es el mecanismo que emplea *Jess* para obtener conclusiones y tomar decisiones usando la base de conocimientos y la memoria de trabajo. *Jess* incluye el Algoritmo Rete para la equiparación de patrones.

Jess permite representar el conocimiento de tres formas: como reglas, como objetos, y como hechos. A través de las reglas se representa el conocimiento heurístico basado en la experiencia. En los objetos se representa el conocimiento de las entidades del dominio. Los hechos sirven para representar la información introducida por el usuario o información generada por sistema, son los datos que estimulan la ejecución guiada por la máquina de inferencia.

Jess soporta las características de programación orientada a objetos: clases, abstracción, encapsulación, herencia, y polimorfismo. Las reglas pueden emparejar patrones en los objetos y hechos. Se puede desarrollar un SE solo usando reglas, solo objetos, o una mezcla de objetos y reglas.

La memoria de trabajo. La memoria de trabajo almacena todas las modificaciones que se producen en la lista de hechos que maneja el sistema. Estos hechos pueden representar información temporal introducida al sistema o conclusiones derivadas de la ejecución de reglas. Cuando una regla es ejecutada, puede causar la adición de hechos o eliminación de hechos existentes. La

memoria de trabajo registra estas modificaciones, y permite además hacer un seguimiento de las reglas disparadas, las reglas emparejadas, y los hechos emparejados.

Base de conocimiento. *Jess* es un shell de sistema experto basado en reglas, donde las reglas pueden corresponder a objetos o hechos, pero los objetos son independientes de las reglas. El propósito de *Jess* es continuamente aplicar un conjunto de enunciados si-entonces (reglas) a un grupo de datos (la base de conocimiento). El ingeniero de conocimiento define las reglas que constituyen su sistema experto particular.

Máquina de inferencia. La máquina de inferencia tiene la tarea central de encontrar que reglas son aplicables y activarlas, es decir colocarlas en la agenda. Es también el componente que evalúa expresiones lógicas y actualiza y lee la memoria de trabajo.

Jess trabaja normalmente con encadenamiento hacia adelante, dado que la inferencia hace avanzar el proceso de razonamiento conforme se proporcionan más datos. Sin embargo, *Jess* también permite especificar encadenamiento hacia atrás cuando sea necesario.

El Algoritmo Rete. El proceso de encontrar reglas que igualen hechos es llamado pattern-matching. *Jess* utiliza para este propósito el Algoritmo Rete. Este algoritmo, obtiene su velocidad del almacenamiento de información sobre las reglas de una red. En lugar de igualar los hechos con todas las reglas en cualquier ciclo-acto reconocimiento, el algoritmo Rete sólo busca los cambios en las correspondencias de cada ciclo. Esto acelera en gran medida la correspondencia de los hechos con los antecedentes, porque los datos estáticos que no cambiaron de un ciclo a otro pueden pasarse por alto.

FuzzyJess. Extiende *Jess* para proveer un formato para el manejo de reglas y hechos difusos [47].

5.3.1.2. PROTEGE

Después de un estudio y experimentación con algunas herramientas de representación fue seleccionado PROTEGE [33] un editor de bases de conocimiento basado en clases y sus atributos que permite una organización y modificación sencilla del conocimiento mediante un lenguaje visual apropiado para todos los usuarios. PROTEGE puede interactuar con *Jess* y Java de manera simple a través de Java Beans.

Protege-2000 es un ambiente de edición de bases de conocimiento compatible con OKBC, el Protocolo de Conectividad Abierta de Bases de Conocimiento. Existen varios sistemas de representación del conocimiento disponibles compatibles con OKBC, entre ellos Ontolingua, Telar, y Protege-2000.

El modelo de conocimiento de Protege-2000 es basado en marcos: los marcos son los bloques de construcción principales de una base de conocimiento. Una ontología de Protege consiste de clases, slots, facetas, y axiomas. Las **clases** son conceptos en el dominio de discurso. Los **slots** describen propiedades o atributos de las clases. Las **facetatas** describen propiedades de los slots. Los **axiomas** especifican restricciones adicionales. La figura 4 muestra un ejemplo. Una **base de conocimiento** Protege-2000 incluye a la ontología y a las **instancias** individuales de clases con valores específicos para los slots.

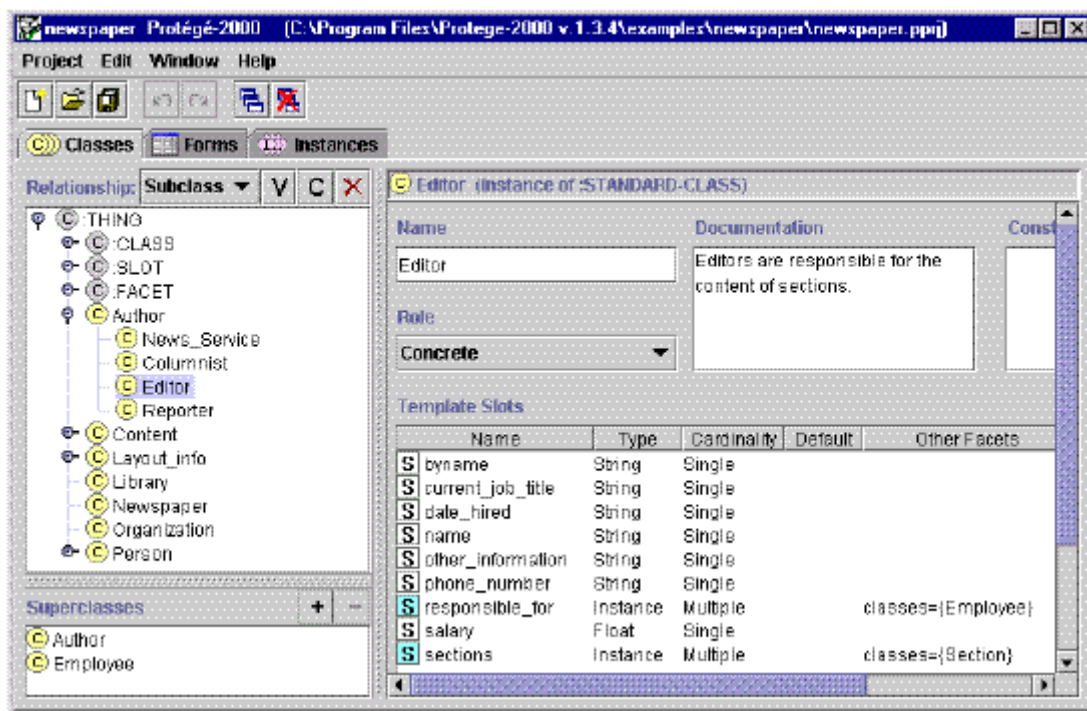


Figura 5.9. La representación de una ontología en Protege-2000. El panel de lado izquierdo contiene la jerarquía de clases. La clase Editor seleccionada es una subclase de dos clases: Empleado y Autor. El panel del lado derecho es el formulario para la clase Editor que contiene los slots propios para la clase y sus valores y los template slots unidos a la clase junto con sus restricciones de valor (facetats).

5.4. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Dada la gran cantidad de conocimiento y factores relevantes dentro del proceso de diseño de una red de área local y la complejidad de sus estructuras, se decidió la utilización de una metodología de representación híbrida basada en objetos y reglas.

Para soportar el proceso de diseño de redes locales basado en módulos el esquema de representación del conocimiento desarrollado en SIELAN almacena conocimiento estático y dinámico a través de una serie de módulos de conocimiento:

- El módulo conceptual almacena conocimiento organizado taxonómicamente, acerca de los diversos conceptos relacionados con el diseño de redes de área local incluyendo estándares tecnológicos y de cableado utilizando una representación orientada a objetos.
- El módulo estructural define conocimiento de los componentes del modelo de diseño de redes utilizando una representación orientada a objetos.
- El módulo experto almacena conocimiento heurístico sobre la lógica del diseño, incluyendo bloques funcionales para la definición de reglas y conocimiento difuso.
- El módulo metodológico almacena conocimiento de control sobre el proceso de diseño en forma de reglas.

Bloques Difusos

Durante el desarrollo de SIELAN la integración de bloques difusos tiene un significado potencial dentro de la representación del conocimiento y el proceso de razonamiento del sistema experto dado que la mayor parte de las variables claves dentro del proceso de diseño son de carácter difuso. SIELAN utiliza bloques de reglas y hechos difusos para representar las estrategias de solución y el conocimiento requerido para solucionar tareas específicas dentro de los módulos de diseño. La

solución de tareas como la selección de la tecnología a nivel del módulo Grupo de Trabajo implica el análisis de variables como el rendimiento y la disponibilidad cuyos valores tienden a ser estimados en forma vaga e imprecisa.

La lógica difusa provee una manera más adecuada de representación del conocimiento, optimiza el rendimiento del razonamiento y mejora la administración de factores de certeza.

Ontologías del Dominio

SIELAN crea ontologías para representar el conocimiento conceptual y estructural del dominio del problema abarcando principalmente los estándares tecnológicos existentes y representando la propuesta de diseño modular especificada para la solución del problema de diseño. Algunas de las razones que motivan la realización de ontologías son:

Compartir un común entendimiento de la estructura de información entre las personas o agentes del software.

Permitir el reuso del conocimiento del dominio

Para hacer asunciones explícitas del dominio

Para separar conocimiento del dominio del conocimiento operacional

Para analizar conocimiento del dominio

Una ontología es una descripción explícita formal de los conceptos en un dominio de discurso (clases, a veces llamados conceptos), propiedades de cada concepto que describen varias características y atributos del concepto (slots, algunas veces llamados roles o propiedades), y restricciones en slots (facetitas, a veces llamadas restricciones de roles).

Una ontología junto con un grupo de instancias individuales de clases constituye una Base de conocimiento. Una clase puede tener subclasses, éstas representan conceptos que son más específicos que los de la superclase. Los slots describen propiedades de las clases y también de instancias.

5.5. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

En el diseño de sistemas expertos es necesaria una continua verificación del conocimiento y de las estrategias de solución propuestas. En el área de diseño de redes la verificación es una labor compleja por la enorme cantidad de información y conocimiento manejado. La propuesta de diseño modular en adición a la especificación de modelos de diseño para cada uno de los tipos de redes permite, sin embargo, realizar un proceso de verificación estructurado enfocado en módulos de red determinados, lo que facilita la validación de resultados.

El objetivo de esta sección es presentar ejemplos de diseño de red desarrollados empleando SIELAN. La sección describe ejemplos de diseño de red reales.

Para la fase de prueba del sistema SIELAN se consideró de gran importancia definir ejemplos de prueba para cada uno de los modelos de diseño definidos. A continuación se presentan dos ejemplos reales de diseño empleando SIELAN.

Ejemplo de diseño red SOHO: Diseño de una red para una empresa de montajes eléctricos

1. Fase de especificación de requerimientos

Proyecto:

Nombre: Ejemplo1 Organización: MontaElectrics Equipo de diseño: Angel Ibañez Jimenes Armando Pita Arenas Descripción: Este trabajo abarcará la descripción del modelo de funcionamiento de la ... Fecha: Mayo 2001

Organización:

Nombre: MontaElectrics																		
Número de trabajadores: 26																		
Cabeza: Salvador Rodríguez																		
Descripción: Empresa especializada en realizar instalaciones eléctricas industriales, montajes e instalaciones en naves industriales y reparación de maquinaria eléctrica.																		
Departamentos:																		
Consejo de administración																		
Secretaría jurídica																		
Gerencia																		
Secretaria																		
Taller																		
Montajes																		
Reparaciones																		
Gabinete Técnico																		
Administración																		
Número de usuarios iniciales: 12																		
Escalabilidad: 50 %																		
Disponibilidad: Poco Crítica (99.7% fijado por defecto)																		
Rendimiento: Poco Crítico																		
Seguridad: Poco Crítica																		
Gestión: Poco Crítica																		
Usabilidad: Crítica																		
Adaptabilidad: Poco Crítica																		
Abordabilidad: Muy Crítica																		
Tradeoffs:																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>Inversión \$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Escalabilidad:</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Disponibilidad:</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento:</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Seguridad:</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Gestionabilidad</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Usabilidad:</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Adaptabilidad:</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Abordabilidad:</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Variable	Inversión \$	Escalabilidad:	15	Disponibilidad:	10	Rendimiento:	10	Seguridad:	5	Gestionabilidad	5	Usabilidad:	20	Adaptabilidad:	5	Abordabilidad:	30
Variable	Inversión \$																	
Escalabilidad:	15																	
Disponibilidad:	10																	
Rendimiento:	10																	
Seguridad:	5																	
Gestionabilidad	5																	
Usabilidad:	20																	
Adaptabilidad:	5																	
Abordabilidad:	30																	

Organización(Continuación):

Aplicaciones de Red:

- E-Mail Externo
- Procesamiento de texto
- Hoja de cálculo
- Servicio de impresión en red
- Transferencia de archivos
- Acceso a internet

Comunidades de Usuario: Consejo de Administración

Almacenes de datos: Servidor Windows NT

Aplicaciones de red

La caracterización de las aplicaciones de red en redes SOHO no se considera importante dado que los requerimientos de carácter técnico y de tráfico son mínimos. El sistema estima entonces valores por defecto, típicos de las aplicaciones básicas manejadas en este tipo de ambientes.

(caracterización por defecto)

Nivel Crítico: No Crítica

Costo del tiempo de baja: Muy bajo

Disponibilidad: No_Crítica(99.7 % por defecto)

Sensitividad al retardo: Poco Sensitiva

Tiempo de respuesta : Nominal

Ancho de banda típico: Mínimo

Flujos de tráfico: Flujos de tráfico típicos

Flujos de tráfico

Los requerimientos a nivel de características de tráfico de las aplicaciones de red son mínimos en ambientes SOHO. Aun así es posible estimar valores por defecto para los flujos individuales de cada aplicación y de los flujos compuestos hacia internet y dentro del grupo (hacia el almacén de datos).

(caracterización por defecto)
 Ancho de banda: Muy Bajo
 Requerimientos de QoS: Flexible
 Disponibilidad: No Crítica
 Retardo: No Sensitiva

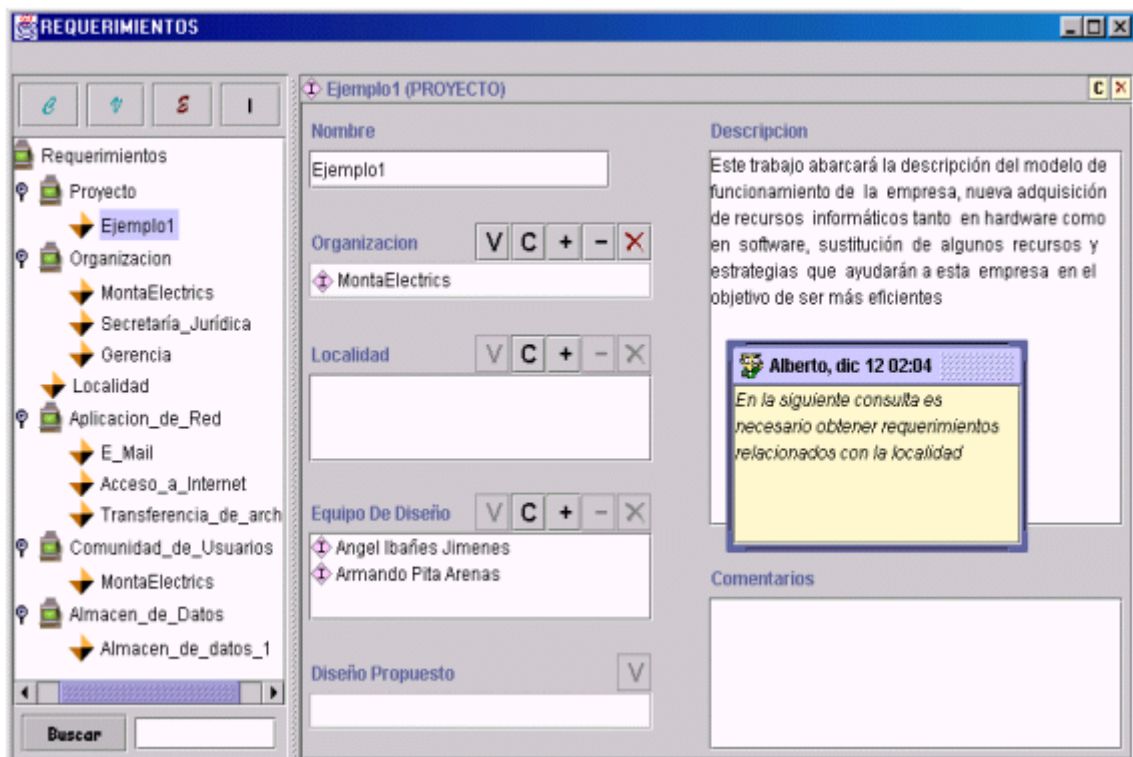


Figura 5.10. Fase de análisis de requerimientos proyecto Ejemplo1.

2. Fase de diseño de red

Basado en los requerimientos recolectados en la fase de especificación de requerimientos el diseñador puede iniciar la fase de diseño, creando una topología de red como se especifica en la metodología de diseño adicionado módulos Grupo de Trabajo, Centro de Datos, etc.

En redes SOHO el sistema crea un modelo por defecto compuesto por un módulo Grupo de Trabajo, un módulo Centro de Datos y un módulo de Conectividad Externa. El diseñador puede eliminar o crear módulos adicionales de acuerdo a sus necesidades.

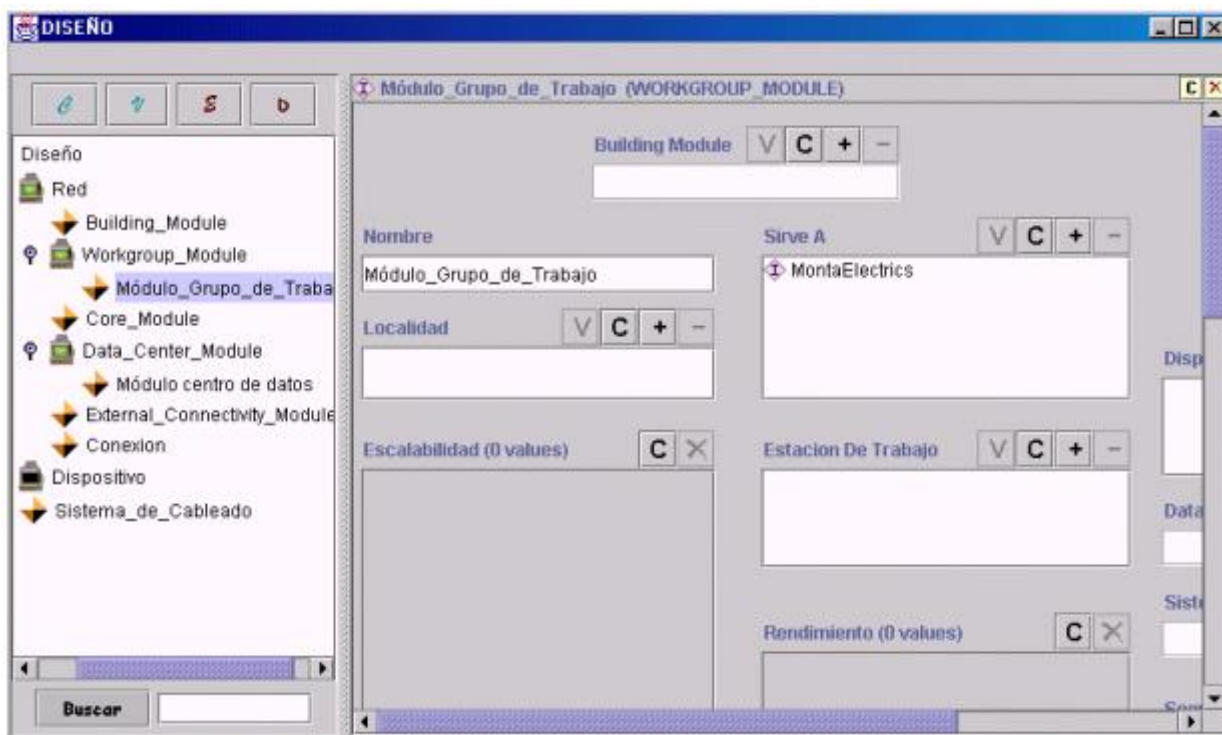


Figura 5.11. Fase de Diseño proyecto Ejemplo1

Módulo Grupo de Trabajo

Al describir el módulo Grupo de Trabajo el usuario únicamente debe especificar la(s) comunidad(es) de usuarios a la(s) que sirve. El sistema mapea los requerimientos de estas comunidades como requerimientos propios del módulo para iniciar el proceso de diseño.

En redes SOHO existe por lo general una única comunidad de usuarios que representa toda la organización. Basado en los requerimientos del módulo Grupo de Trabajo, SIELAN obtiene los siguientes resultados para cada una de las tareas especificadas en el modelo de tarea:

Nombre: Módulo Grupo de Trabajo

Comunidades: Consejo de Administración

Dispositivo:

HUB

Número de puertos: 24

Tecnología: Ethernet 10BaseT

Medio_de_Tx: UTP5

Estaciones de Trabajo: 12

Estación de trabajo

Conexión

Segmento de enlace: SE10BaseT-half duplex

Medio de Tx: UTP5

Conectores: RJ45

Capacidad: 10 Mbps

Distancia: <60 mts

NIC: Nic 10/100BaseT

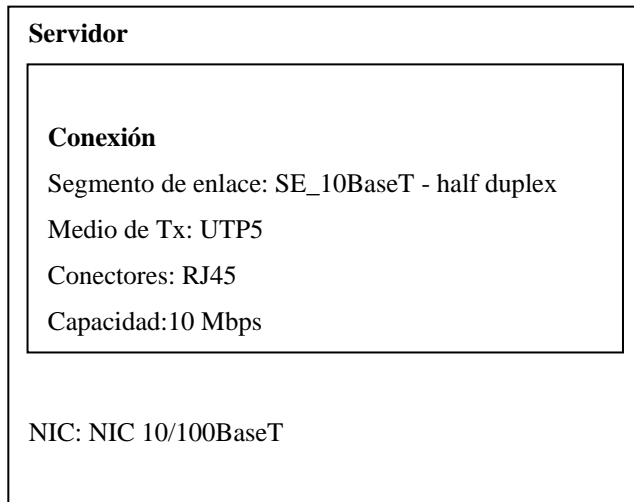
Módulo Centro de Datos

En redes SOHO el módulo centro de datos esta conformado por lo general por un único servidor y su diseño implica la selección de la tecnología de conexión del servidor y el diseño de su conexión. El usuario únicamente debe especificar el(los) almacén(es) de datos o servidor(es) que integra(n) el módulo. El sistema mapea los requerimientos de los almacenes de datos como requerimientos propios del módulo para iniciar el proceso de diseño.

Nombre: Módulo centro de datos

Almacenes de datos: Almacén de datos 1

Tecnología: Ethernet 10BaseT



Módulo de Conectividad Externa

En redes SOHO el módulo de conectividad externa ofrece al cliente conectividad a internet ya sea a través de un modem o de un pequeño router. En el caso del diseño ejemplo se ha seleccionado un router con conectividad LAN Ethernet 10BaseT y conectividad WAN ISDN

Como una explicación de como SIELAN llega a estas soluciones de diseño se pueden seleccionar tareas específicas y observar su estrategia de solución.

Diseño del módulo Grupo de trabajo

Tarea: Selección del tipo de dispositivo

Agente: SIELAN

Entradas: Requerimientos técnicos del módulo grupo de trabajo y de las aplicaciones de red

Salida: Tipo de dispositivo propuesto

Objetivo: Especificar el uso de Ethernet compartida o Ethernet conmutada como solución de conectividad para el módulo Grupo de Trabajo

SIELAN define un bloque de reglas y hechos difusos para dar solución a esta tarea. Las reglas relacionan los requerimientos técnicos del módulo grupo de trabajo con las soluciones de diseño. Los datos introducidos por el usuario son transformados por el sistema, si es el caso, a formato difuso y entregados a la máquina de reglas. Para cada una de las alternativas de solución SIELAN define un valor de certeza el cual es el resultado de combinar los resultados de cada una de las

reglas difusas disparadas. La máquina de reglas retorna un valor no difuso, representando la certeza de cada una de las soluciones, el cual es analizado y utilizado para fijar los valores respectivos dentro del módulo.

Para el ejemplo de diseño los factores de certeza obtenidos son:

Ethernet compartida 75.34%

Ethernet conmutada 32.32%

Un Hub como dispositivo de interconexión es entonces seleccionado.

Ejemplo de diseño red Pequeña: Diseño de una red para la firma de asistentes legales Fernández Abogados

1. Fase de especificación de requerimientos

Proyecto:

Nombre: Ejemplo2

Organización: Fernández Abogados

Equipo de diseño:

Francisco Miraval

Cesar Andrés Pérez

Descripción:

El proyecto de diseño debe romper primero con los paradigmas tradicionales...

Fecha: Marzo 2002

Organización:

Nombre: Fernández Abogados

Cabeza: Julio Fernández

Descripción:

Departamentos:

Número de usuarios iniciales: 50

Numero de impresoras en red: 10

Escalabilidad: 30 %

Disponibilidad: Poco Crítica (99.7% fijado por defecto)

Rendimiento: Poco Crítico

Seguridad: Poco Crítica

Gestión: Poco Crítica

Usabilidad: Crítica

Adaptabilidad: Crítica

Abordabilidad: Crítica

Tradeoffs:

Variable	Inversión \$
Escalabilidad:	10
Disponibilidad:	10
Rendimiento:	10
Seguridad:	5
Gestionabilidad	5
Usabilidad:	20
Adaptabilidad:	20
Abordabilidad:	20

Aplicaciones de Red:

E-Mail Externo

Procesamiento de texto

Hoja de cálculo

Servicio de impresión en red

Transferencia de archivos

Acceso a internet

Organización(Continuación):

Comunidades de Usuario:

Nombre: Asistentes legales

Número de usuarios iniciales: 30

Número de usuarios Estimados: 40

Numero de impresoras: 7

Aplicaciones usadas por la comunidad: todas

Comentarios: A este nivel no se especificaron valores propios de la comunidad para requerimientos técnicos. Se adoptan los valores fijados para la organización como un todo

Nombre: Asistentes administrativos

Número de usuarios Iniciales: 20

Número de usuarios estimados: 25

Número de impresoras: 3

Aplicaciones usadas por la comunidad: E_Mail, Procesamiento de texto

Comentarios: A este nivel no se especificaron valores propios de la comunidad para requerimientos técnicos. Se adoptan los valores fijados para la organización como un todo

Almacenes de datos: Servidor Novell NetWare

Nombre: Almacén de datos1

Aplicaciones Relacionadas: todas

Comunidades de usuario: todas

Caracterización del tráfico de las aplicaciones de red

Flujos de tráfico individuales

Aplicación	Tipo Flujo	Protocolos	Comunidades	Almacenes de datos	Ancho de banda	QoS	Disp %	Retardo
E-Mail	C/S	SMTP / POP	Asistentes Legales	Almacén de datos1	Algo intensivo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
			Asistentes administrativos	Almacén de datos1	Muy Bajo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
Transferencia de archivos	C/S		Asistentes Legales	Almacén de datos1	Intensivo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
Acceso a internet	C/S	HTTP sobre TCP	Asistentes Legales	Externo	Bajo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
			Asistentes administrativos	Externo	Muy Bajo	Flexible	99.7	Poco sensitivo

Factores como la disponibilidad y el retardo son obtenidos de los valores especificados para cada aplicación particular

Flujos de tráfico compuestos

Las características de los flujos de tráfico compuestos se obtienen seleccionando el peor de los casos para variables como QoS, retardo y disponibilidad de cada uno de los flujos individuales que contribuyen al flujo compuesto y sumando los valores para variables como el ancho de banda.

En este caso se obtienen valores para los flujos de tráfico entre cada una de las comunidades y el almacén de datos y hacia Internet

Nombre	Protocolos	Ancho de banda	QoS	Disp %	Retardo
FC1	SMTP / POP	Intensivo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
FC2		Algo intensivo	Flexible	99.7	Poco sensitivo
FC3 (hacia internet)	HTTP sobre TCP	Bajo	Flexible	99.7	Poco sensitivo

2. Fase de diseño

Basado en los requerimientos recolectados en la fase de especificación de requerimientos el diseñador puede iniciar la fase de diseño, creando una topología de red como se especifica en la metodología de diseño de redes adicionando módulos Grupo de Trabajo, Centro de Datos, etc.

En redes Pequeñas el sistema puede sugerir un modelo de diseño compuesto por un modulo de trabajo por cada comunidad de usuarios definida, un módulo Centro de Datos, un modulo núcleo y un módulo de Conectividad Externa. El diseñador puede eliminar o crear módulos adicionales de acuerdo a sus necesidades.

Módulos Grupo de Trabajo

Al describir el módulo Grupo de Trabajo el usuario únicamente debe especificar la(s) comunidad(es) de usuarios a la(s) que sirve. El sistema mapea los requerimientos de estas comunidades como requerimientos propios del módulo para iniciar el proceso de diseño.

Nombre: Módulo Grupo de Trabajo 1

Comunidades: Asistentes Legales

Dispositivo:

SWITCH

Número de puertos: 48

Tecnología: Ethernet 10BaseT

Medio_de_Tx: UTP5

Estaciones de Trabajo: 30

Estación de trabajo

Conexión

Segmento de enlace: SE10BaseT-half duplex

Medio de Tx: UTP5

Conectores: RJ45

Capacidad: 10 Mbps

Distancia: <60 mts

NIC: Nic 10/100BaseT

Conexión al Backbone:

Conexión

Segmento de enlace: SE_100BaseTx - half duplex

Medio de Tx: UTP5

Conectores: RJ45

Capacidad: 100 Mbps

Distancia: <60 mts

Nombre: Módulo Grupo de Trabajo 2

Comunidades: Asistentes Administrativos

Dispositivo:

HUB

Número de puertos: 48

Tecnología: Ethernet 10BaseT

Medio_de_Tx: UTP5

Estaciones de Trabajo: 30

Estación de trabajo

Conexión

Segmento de enlace: SE10BaseT-half duplex

Medio de Tx: UTP5

Conectores: RJ45

Capacidad: 10 Mbps

Distancia: <60 mts

NIC: Nic 10/100BaseT

Conexión al Backbone:

Conexión

Segmento de enlace: SE10BaseT-half duplex

Medio de Tx: UTP5

Conectores: RJ45

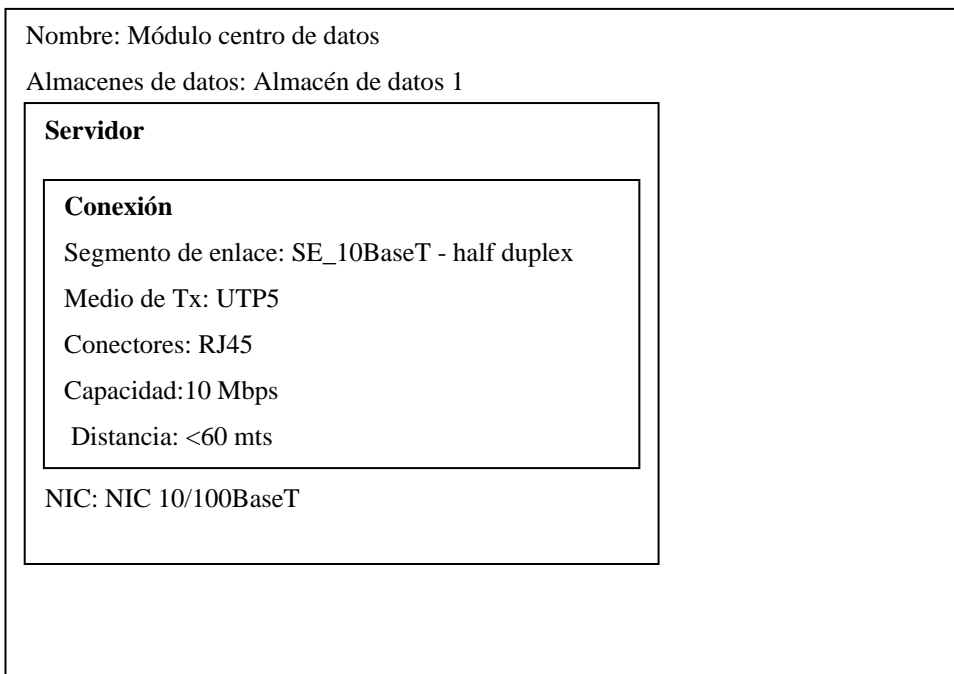
Capacidad: 10 Mbps

Distancia: <60 mts

Módulo Centro de Datos

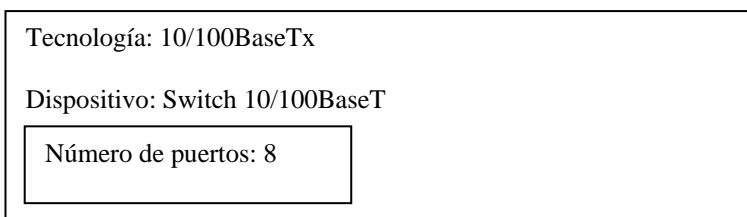
En redes pequeñas por lo general el módulo centro de datos esta conformado por un único servidor y su diseño implica la selección de la tecnología de conexión del servidor y el diseño de su conexión.

El usuario únicamente debe especificar el(los) almacén(es) de datos o servidor(es) que integra(n) el módulo. El sistema mapea los requerimientos de los almacenes de datos como requerimientos propios del módulo para iniciar el proceso de diseño.



Módulo Núcleo

SIELAN especifica la selección de la tecnología y del dispositivo para el módulo núcleo



Módulo de Conectividad Externa

En redes Pequeñas el módulo de conectividad externa ofrece al cliente conectividad a internet a través de un pequeño router. En el caso del diseño ejemplo se ha seleccionado un router con conectividad LAN Ethernet 10BaseT y conectividad WAN ISDN.

En este capítulo se describió la propuesta de solución que SIELAN da al problema de Diseño de Redes de Área Local. Esta se basa en tres componentes: una Propuesta de Diseño Modular, que crea un modelo global para el diseño de una red empresarial basado en el diseño de cinco bloques funcionales: módulo grupo de trabajo, núcleo, edificación, centro de datos y conectividad externa;

un Modelo de tareas que define las tareas a realizar para llevar a cabo el diseño de red en cada módulo de acuerdo a la metodología de diseño “top-down” escogida; y tres tipos de Modelos de Diseño, que caracterizan los casos de diseño más típicos, y que guían la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

- En diseños de redes actuales es de vital importancia el análisis de factores críticos como abordabilidad, disponibilidad y rendimiento de la organización y de las aplicaciones de misión crítica que dan soporte a su misión de negocios. Un modelo de diseño de red modular, puede dar soporte a un estudio confiable de estos factores y conducir a diseños de red altamente escalables, disponibles, y de gran rendimiento.
- La utilización de lógica difusa en el desarrollo de sistemas expertos en el área de las telecomunicaciones ha probado ser muy exitosa en la formalización de reglas prácticas usadas por los expertos. La lógica difusa provee una manera más adecuada de representación del conocimiento, optimiza el rendimiento del razonamiento y mejora la administración de factores de certeza.
- El desarrollo de ontologías es un proceso creativo y nunca dos ontologías diseñadas por diferentes personas serán iguales. Las aplicaciones potenciales de la ontología y el entendimiento y visión del diseñador indudablemente afectarán su diseño y estructura. La única manera de probar la calidad de una ontología es usándola en las aplicaciones para la cual fue diseñada.
- La generación de modelos de tareas durante el desarrollo de un sistema experto facilita la comprensión de problemas complejos y de variables clave en dominios como el diseño de redes al subdividir el problema global de diseño en subproblemas más sencillos.
- SIELAN desarrolla una propuesta alternativa y confiable en la solución de problemas generales de diseño. La propuesta basada en módulos y modelos de diseño, sobre la base de la representación orientada a objetos permite a cualquier sistema ser fácilmente actualizable y adaptable. La experiencia en su desarrollo puede servir de base para futuros trabajos en el área

de diseño de redes a diferente escala y en general en el área de las telecomunicaciones, como por ejemplo para la gestión de redes y servicios.

- El prototipo inicial de SIELAN provee un apoyo confiable en la toma de decisiones durante el proceso de diseño de una red para una edificación, empleando tecnologías y herramientas de última generación en el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento.
- SIELAN es un sistema de gran valor agregado. Provee una ontología con conocimiento estructural, conceptual y metodológico en el área de redes locales. Provee un modelo para la solución de problemas de diseño, basado en módulos. Utiliza paradigmas como la lógica difusa y desarrolla herramientas reutilizables en cualquier desarrollo similar. El trabajo llevado a cabo durante el desarrollo de SIELAN incluye además un alto contenido investigativo.
- SIELAN actualmente puede ser usado por los expertos en el campo como un ayudante, para mejorar su productividad, y ahorrar tiempo y dinero. SIELAN también permite conservar los valiosos conocimientos de estos expertos y difundirlos más fácilmente. Se puede usar como consultor cuando no se tiene acceso a la experiencia, y hace posible a una persona que utilice regularmente el sistema aprender de él y aproximarse a la capacidad del especialista.

RECOMENDACIONES

El diseño de SIELAN fue una experiencia muy enriquecedora porque se adquirió un conocimiento especializado en el diseño de redes de computadores y por que se aprendió a trabajar con este tipo de sistemas, aprendiendo a reconocer mejor sus capacidades y a emplearlas para obtener las soluciones deseadas. El principal inconveniente encontrado se presentó durante la adquisición y formalización del conocimiento, debido a que se cumplió el papel tanto de desarrolladores como de expertos, lo cual es difícil cuando en realidad no se es un experto.

La principal recomendación en este sentido es ante todo asegurarse de que se dispone del elemento fundamental del sistema, el experto, o que se cuenta con una base de conocimiento heurístico que será suficiente para el mismo. Un Sistema Experto debe nacer de un acuerdo de apoyo mutuo casi permanente entre experto e ingeniero del conocimiento. La relación entre experto e ingeniero en las etapas iniciales del sistema ayudará a dimensionar y planear mejor el alcance del proyecto. La idea de un Sistema Experto no puede surgir solo de la persona con conocimientos en sistemas expertos, esta persona interviene en explicar las bondades del sistema, lo apropiado de su uso, en implementarlo, pero la persona que de verdad lo alimentará, y podrá establecer su verdadero alcance y la posibilidad de éxito será el experto.

El desarrollo de este tipo de sistemas debería estar enmarcado dentro de proyectos de investigación que representen un verdadero compromiso y que permitan evaluar y demostrar la utilidad del sistema, ya que su desarrollo consume mucho tiempo, que se desperdicia en la mayoría de casos, pues estos sistemas no son aprovechados.

Es muy importante continuar con el trabajo, ya que este representa experiencia que se puede aprovechar para implementar sistemas más sofisticados, con funcionalidad más avanzada y de mayor alcance, ahorrando tiempo y esfuerzo. SIELAN puede extenderse por ejemplo para proveer conectividad a nivel de campus, y para dar soporte a la selección entre protocolos y dispositivos de las capas superiores. SIELAN además puede usarse como una base para la construcción de sistemas

que exhiban características similares de representación del conocimiento y mecanismos de solución del problema.

BIBLIOGRAFIA

- [1] McCarthy, John. **What is Artificial Intelligence?** Computer Science Department, Stanford University. July 20, 2002. Disponible en <http://www.formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>
- [2] Leake, David B. **Artificial Intelligence**. Indiana University. [To appear, Van Nostrand Scientific Encyclopedia, Ninth Edition, Wiley, New York, 2002.] Disponible en <http://www.cs.indiana.edu/%7ELeake/papers/p-01-07/p-01-07.html>
- [3] Reingold, Eyal y Nightingale, Johnathan. **Artificial Intelligence Tutorial Review**. University of Toronto. Disponible en <http://psych.utoronto.ca/%7Ereingold/courses/ai/>
- [4] Roque, Uriel Andres. **Tesis Introducción a la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos**. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 1996.
- [5] Nebendahl, Dieter. **Sistemas Expertos Introducción a la Técnica y aplicación**. Marcombo Boixareu Editores, 1988.
- [6] Arboleda, Maria Paola y Bustos, Yelena. **Tesis Diseño e Implementación de un Sistema Experto Aplicado a la TMN**. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 1999.
- [7] Rich E., Knight K. **Inteligencia Artificial**. McGraw-Hill, 1998.
- [8] Winston P. **Inteligencia Artificial**. Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- [9] Montelongo, Carlos Gerardo. **La Robótica como herramienta del hombre**. Disponible en http://www.sitioeducativo.com/A_Sec/a_Sec_internet_Tecno_01Robotica.htm
- [10] Moriello, Sergio. **¿Qué se entiende por inteligencia artificial?**. Disponible en <http://www.control-automatico.net/recursos/articulos/art085.htm>
- [11] Cárdenas Fernández, Joaquín. **Curso de Doctorado: Sistemas Expertos**. Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla. Disponible en http://www.lafacu.com/apuntes/ingenieria/sist_expe/
- [12] Programa de EMESIS. **Redes Neuronales: una breve introducción**. Disponible en www.uv.es/~soriae/charla.PDF
- [13] Gutiérrez, José Manuel. **Introducción a la Inteligencia Artificial**. Universidad de Cantabria 2000. Disponible en http://personales.unican.es/gutierjm/docs/trans_ai.pdf
- [14] **Redes Neuronales**. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos/redesneuro/redesneuro.shtml>
- [15] **CLIPS Expert System Shell**. Disponible en <http://www.jsc.nasa.gov/~clips/CLIPS.html>
- [16] **The CLIPS home page**. Disponible en <http://www.ghgcorp.com/clips/CLIPS.html>
- [17] **CLIPS Executable and Documentation directory**. Disponible en <http://www.ghgcorp.com/clips/download/>
- [18] **Jess. The Java Expert System Shell**. Disponible en <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>

- [19] Liebowitz, Jay. **Expert System Applications to Telecommunications**. Wiley Series in Telecommunications, 1988
- [20] Giarratano, Riley. **Sistemas Expertos Principios y Programación**. Internacional Thomson Editores, 2001.
- [21] Pignani, Juan Manuel. **Sistemas Expertos**. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Disponible en <http://www.modeloingenieria.edu.ar/utnfrro/orientacionl/monografias/pignani-sistemasexpertos.pdf>
- [22] **Agentes inteligentes**. Disponible en <http://cruzrojaguayas.org/inteligencia/Introducci%F3n1.htm>
- [23] **Estructura de los agentes inteligentes y tipos de agentes**. Disponible en <http://cruzrojaguayas.org/inteligencia/Estructura%20de%20Agentes%20Inteligentes.htm>
- [24] **Características de un agente autónomo inteligente y sus aplicaciones**. Disponible en <http://www.redcientifica.com/doc/doc199903310001.html>
- [25] **Agentes Autodidactas**. Disponible en <http://www.redcientifica.com/doc/doc199904190010.html>
- [26] Iglesias Fernandez, Carlos Angel. **Estado del arte en la programación de agentes inteligentes**. 2000. Disponible en http://out.cgrsoftware.com/web.htm?http://www.gsi.dit.upm.e/~rgarcia/pfc_phaya/node10.html
- [27] Aler Mur, Ricardo; Borrajo Millán, Daniel y Silva Vazquez, Andrés. **Unidad Didáctica: Inteligencia Artificial**.
- [28] **Expert Systems**. Disponible en <http://www.cs.cofc.edu/~manaris/ai-education-repository/expert-systems-tools.html>
- [29] Abdelmadjid Merabti B.Sc. “**Distributed Real-Time Systems: A Design Environment**”. Department of Computing University of Lancaster, June 1992. Disponible en <http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/16611/ftp:zSzzSzftp.comp.lancs.ac.ukzSzpubzSzreportszSzThesisAM.pdf/merabti92distributed.pdf>
- [30] Walter D. Potter, R. Pitts, P. Gillis, J. Young, and J. Caramadre. “**IDA-NET: An Intelligent Decision Aid for Battlefield Communications Network Configuration**”. Department of Computer Science & Artificial Intelligence. Disponible en http://203.162.7.73/ieee/htmls/disk_40/396/5200/247_253_IDA-NET%20an%20intelligent%20d.htm
- [31] Brown, D.C., Chandrasekaran, B. *Design Problem Solving* Pitman, Research Notes in AI, 1989
- [32] Tong, C., Sriram, D. (Hrsg.) **Design Representation and Models of Routine Design**. Academic Press, 1992
- [33] **Protégé-2000**. Disponible en <http://protege.stanford.edu/>
- [34] Andreas Günter, Christian Kühn. **Knowledge-Based Configuration - Survey and Future Directions**. Disponible en www.hitec-hh.de/aguenter/xps-99.pdf
- [35] Linnemann, B. **Technologie Transfer in the Knowledge Engineering for the Configuration Expert Systems**. Hamburg, 1994
- [36] Christoph s. Herrmann. **Fuzzy Logic as Interfacing Technique in Hybrid AI-Systems**. Intellectics Group, Darmstadt University of Technology. Germany 1995. Disponible en <http://citeseer.nj.nec.com/herrmann95fuzzy.html>

[37] Bonissone, Piero P. **Soft Computing: The Convergence of Emerging Reasoning Technologies**. General Electric Corporate Research Development 1997. Disponible en <http://citeseer.nj.nec.com/bonissone97soft.html>

[38] Hany I. Fahmy and Christos Douligeris. “**Applications of Hybrid Fuzzy Expert Systems in Computer Networks Design**”. Dept. of Electrical and Computer Engineering University of Miami. Submitted to ESIT '99: European Symposium on Intelligent Techniques, Greece June 1999. Disponible en http://www.erudit.de/erudit/events/esit99/12529_p.pdf

[39] M. Mehdi Owrang O., and Cheoul-Shin Kang. “**An Expert System Based Configuration Design of Hybrid-Ethernet Local Area Network**”. Computer Science & Info Systems The American University Washington, D.C. Disponible en http://203.162.7.73/ieee/htmls/disk_33/604/4401/807_812%20vol.2_An%20expert%20system%20based%20co.htm

[40] Max P. M. Leitgeb, and E. Staffan M. Pernler. “**Knowledge-Based Systems for Configuration - A Survey**”. Swedish Institute of Computer Science, Sweden January 1995. Disponible en http://www.sics.se/~klasorsv/papers/max_staffan_survey.ps

[41] Potter, W. “**IDA-NET: An Intelligent Decision Aid for Battlefield Communications Networks Configuration**”. 8th CAIA, -92

[42] Jackson, P. **Introduction to Expert Systems**. Addison-Wesley, 1986.

[43] Abdelmadjid Merabti B.Sc. “**Distributed Real-Time Systems: A Design Environment**”. Department of Computing University of Lancaster, June 1992. Disponible en <http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/16611/ftp:zSzzSzftp.comp.lancs.ac.ukzSzpubzSzreportszSzThesisAM.pdf/merabti92distributed.pdf>

[44] Simon, H. A.. **The Sciences of the Artificial**. The MIT Press, Cambridge, Massachussets, 1981.

[45] Leitgeb, Max, y Pernler, Staffan. **Knowledge-Based Systems for Configuration - A Survey**. Swedish Institute of Computer Science, January 1995. Disponible en www.sics.se/~klasorsv/papers/max_staffan_survey.ps

[46] Oppenheimer Priscilla. **Top-Down Network Design A**. Cisco Press. Indianapolis USA Junio 2001.

[47] **FuzzyJ ToolKit** for the Java(tm) Platform & **FuzzyJess**. Disponible en http://ai.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJDocs.zip.

Ontologías. Disponible en <http://protege.stanford.edu/ontologies.html>

Parnell, Tere. **Guía LAN Times de Redes de Alta Velocidad**. Osborne/McGraw-Hill. 1997.

Stallings, Willian. **Local and Metropolitan Area Networks**. Fourth Edition. Prentice Hall. 1996.

Tanembaum, Andrew S. **Computer Networks**. Third Edition. Prentice Hall. 1996.

Redes de computadoras. Disponible en http://www.geocities.com/elplanetamx/Redes_de_computadoras.html

Charles Spurgeon's Ethernet Web Site. Disponible en <http://www.ethermanage.com/ethernet/ethernet.html>

Redes de Area Local. Disponible en <http://www.map.es/csi/silice/Redareloc1.html>

Ethernet Evolution. Disponible en ftp://ftp.iol.unh.edu/pub/gec/training/ethernet_evolution.pdf

Ethernet. Disponible en <http://www.compaq.com/support/techpubs/whitepapers/407a0796.html>

Gigabit Ethernet 1000BASET. Disponible en http://www.10gea.org/GEA1000BASET1197_rev-wp.pdf

Fast Ethernet Resources. <http://www.iol.unh.edu/training/fe.html>

ATM Service Aspects and Applications. Disponible en <http://www.atmforum.com/pages/library/53bytes/backissues/others/53bytes-0395-3.html>

ATM. Disponible en http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm

IEEE 802.3 CSMA/CD (ETHERNET). Disponible en <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>

Cableado estructurado. Disponible en <http://www.gsint.com/Redes/Estructurado.htm>

Normas EITIA de Cableado Estructurado. Disponible en <http://www.gsint.com/Redes/NormasEITIA.htm>

IBM Multisegment Local Area Networks Design Guide. Disponible en <http://www.redbooks.ibm.com/pubs/pdfs/redbooks/gg243398.pdf>

Networks Design. Disponible en <http://www.cs.pdx.edu/~jrb/netmgmt/lectures/netdesign/>

LAN Design. Disponible en <http://www.delmar.edu/Courses/ITSC1391/index.html>

LAN switching. Disponible en <http://www.delmar.edu/Courses/ITSC1391/Sem3/2LANswitching.htm>

Local Area Networks Design. Disponible en http://www.coastside.net/hmbhs/pages/putnam/PDF_files/cisco_sem3_ch4.pdf

LAN Design Guide for the Midmarket. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Small Business Networking Examples. Disponible en <http://www.cisco.com>.

How LAN Switches Work. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Complete LAN Switching and Routing Solution for Mid-Sized Networks. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Hub-to-Switch Upgrade Step-by-Step Planning. Disponible en <http://www.cisco.com>.

The Hub Stops Here Why Organizations Are Migrating to LAN Switches. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Designing Internetworks for Multimedia. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Designing Switched LAN Internetworks. Disponible en <http://www.cisco.com>.

Lan Switching. Disponible en <http://www.cisco.com>.

rfc2688 - Integrated Services Mappings for Low Speed Networks. Disponible en <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2688.html>

IEEE 802.1 P,Q - QoS on the MAC level. Disponible en <http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/08IEEE802.1QosInMAC/qos.html>

Defining the scope of bandwidth management. Disponible en
<http://vig.pearsoned.com/samplechapter/0130113913.pdf>

QoS magazine_net - What is Quality of Service. Disponible en
<http://www.qosmagazine.net/What is Quality of Service.asp>

QoS with TCP/IP and shared media LANs. Disponible en
<http://keskus.hut.fi/opetus/s38130/k99/presentations/5.pdf>