

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS

XXI CONGRESO CIENTÍFICO NACIONAL

PONENCIA: **INTERNET 2: LA “NUEVA” AUTOPISTA DE LA INFORMACIÓN.**

EXPOSITOR: **RAÚL ENRIQUE DUTARI DUTARI.**

FECHA: **10 DE OCTUBRE DE 2002.**

HORA: **01:25 P. M.**

LUGAR: **AUDITÓRIUM DEL CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS.**

DIRIGIDA A: **PROFESORES UNIVERSITARIOS, PROFESIONALES Y ESTUDIANTES QUE PARTICIPARON EN EL EVENTO.**

DURACIÓN: **20 MINUTOS.**

OBJETIVOS GENERALES

1. Elevar el nivel de cultura informática de los participantes.
2. Exponer la evolución tecnológica que sigue Internet hacia su siguiente fase: Internet 2.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Explicar en qué consiste el proyecto Internet 2 (I2).
2. Contrastar algunas de las principales diferencias entre Internet (I) e (I2).
3. Exponer algunas de las aplicaciones prácticas del proyecto (I2).
4. Contrastar algunas de las tecnologías que fundamentan el proyecto (I2), contra las que fundamentan al proyecto (I).

RESUMEN DE LA PONENCIA

Esta ponencia pretende ofrecer al auditorio una panorámica objetiva de lo que representa actualmente el proyecto Internet2.

Internet2 es un proyecto colectivo que reúne a más de 100 universidades de los EU. Se desarrolla la próxima generación de aplicaciones telemáticas para facilitar las misiones de investigación y educación de las universidades, para acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones Internet.

El proyecto pretende crear y mantener redes de alta capacidad para la comunidad nacional de investigación.

Se busca lograr la inmediata transferencia de los nuevos servicios y aplicaciones de red a todos los niveles educativos y a la totalidad de la comunidad Internet.

Algunos de los proyectos de aplicaciones que se desarrollan son:

- El learning ware y el Instructional Management System.
- Las nuevas bibliotecas digitales y el acceso y distribución de la información.
- La teleinmersión.
- Los Laboratorios Virtuales.

Este proyecto se fundamenta en tecnologías pre-existentes, tales como el modo de transferencia asíncrona (ATM), así como otras nuevas, como IP V6.

Internet2 es una clara señal de cómo la enseñanza superior intenta contribuir al avance de esas tecnologías de red y, especialmente, aquellas que serán el fundamento de la sociedad del conocimiento que le espera a nuestros descendientes.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen De La Ponencia.....	iv
1. Observaciones Preliminares.	1
2. ¿Qué Es Internet2?	1
2.1. Principios En Los Que Se Sustenta Internet2.	3
2.2. Organizaciones Participan En I2.	4
2.3. Fondos Y Personal De I2.	5
2.4. Alcance De I2.....	6
2.5. Dedicación Prioritaria A Las Aplicaciones.....	7
2.6. Los Sistemas Clientes De Las Aplicaciones Internet2.	10
3. ¿En Qué Se Diferencia Internet2 De La Internet Actual?.....	11
4. Ejemplos De Aplicaciones Internet2 Y Herramientas De Desarrollo De Aplicaciones.	12
4.1. El Software Educativo (Learningware) Y El Instructional Management System (IMS).	12
4.1.1. ¿Qué Es El Instructional Management System (IMS)?	13
4.1.2. ¿Quién Usará El IMS?	14

4.1.3.	Un Ejemplo En El Campo De La Enseñanza.	16
4.2.	Las Bibliotecas Digitales Y El Acceso Y Distribución De La Información.	17
4.3.	La Teleinmersión.....	19
4.3.1.	¿Cuál Es El Potencial De La Teleinmersión?.....	19
4.4.	El Laboratorio Virtual: Un Entorno De Aplicación Para La Informática Y La Ingeniería.	20
4.4.1.	¿Cuál Es El Potencial Del Laboratorio Virtual?	20
4.4.1.1.	El Grand Challenge Computational Cosmology Consortium.....	21
4.4.1.2.	Diseño Multidisciplinar Y Fabricación.....	22
4.4.1.3.	Predicción Metereológica.	22
5.	Directrices Técnicas De Internet2.	23
5.1.	Modo De Transferencia Asíncrona (ATM).....	23
5.1.1.	Significado De ATM.	24
5.1.2.	Antecedentes De ATM.	24
5.1.3.	Características Esenciales De Los Enlaces ATM.	25
5.1.4.	Aspectos Básicos De Diseño del Proyecto ATM.....	27

5.1.5.	Problemas Asociados A Los Sistemas Existentes Antes De ATM.	28
5.1.6.	Base Conceptual De La Tecnología ATM.	29
5.1.7.	Arquitectura De ATM.....	31
5.1.7.1.	Clases De Servicios ATM.	33
5.1.7.2.	Arquitectura De Las Redes ATM.....	34
5.1.7.3.	Componentes De La Tecnología ATM: TP, VP y VC.....	34
5.1.7.4.	Identificación De Conexiones.....	35
5.1.7.5.	Las Celdas En ATM.	37
5.1.7.6.	Encaminamiento Dentro De Las Redes ATM.....	39
5.1.7.7.	Calidad De Servicio.....	40
5.2.	IP Versión 6: La Próxima Generación Del Protocolo Internet.	42
5.2.1.	El Origen De IPv6.	42
5.2.2.	¿Porqué Se Debe Implementar A IPv6?	45
5.2.3.	IPv4 Ha Muerto, Viva IPv6.	48
5.2.4.	IP NG.	48

5.2.5.	Características Esenciales De IPv6.	49
5.2.6.	Los Cimientos De IPv6.....	52
5.2.7.	Especificaciones Básicas De IPv6 (RFC2460).....	52
5.2.8.	Direcciones Y Direccionamiento En IPv6 (RFC2373).	55
5.2.9.	Definición De Dirección En IPv6.	55
5.2.10.	Diferencias Entre El Direccionamiento IPv6, Ante IPv4.	56
5.2.11.	Reservas De Espacio De Direccionamiento En IPv6.....	58
5.2.12.	Direcciones Especiales En IPv6.....	58
5.2.13.	Representación De Las Direcciones IPv6.....	59
6.	Conclusiones.....	62
7.	Referencias Bibliográficas.....	63

1. OBSERVACIONES PRELIMINARES.

Esta ponencia pretende responder a dos preguntas:

1. ¿Internet 2 y sus tecnologías de información colaterales pueden mejorar significativamente nuestras sociedades?
2. ¿Cuales son las tecnologías que subyacen bajo el proyecto Internet 2, que la hacen diferente de Internet?

Las preguntas deben ser entendidas en el marco de que si es posible utilizar la tecnología que proviene de dicho proyecto, en aplicaciones prácticas en nuestras sociedades, y contrastar las tecnologías que fundamentan a Internet 2 frente a las que sustentan al proyecto Internet original.

2. ¿QUÉ ES INTERNET2?

Internet2 (también conocida como I2) es un proyecto colectivo que, actualmente, reúne a más de 130 universidades del mundo.

El esfuerzo se formalizó, inicialmente, durante octubre de 1996, en la ciudad de Chicago, EUA, cuando se reúnen 34 universidades estadounidenses para ponerse de acuerdo en las acciones necesarias para facilitar y coordinar el desarrollo, despliegue, operación y transferencia tecnológica de aplicaciones avanzadas con base en la red y en los servicios de red, para promover el liderazgo de los Estados Unidos en la investigación y la educación superior y acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones en Internet.

El esfuerzo está orientado hacia la creación de un Internet, no comercial, orientado a la investigación, la ciencia y la tecnología, con el fin de desarrollar servicios y aplicaciones que hoy en día no puede entregar la Internet tradicional.

En principio, la posibilidad de navegar en la red a una velocidad de al menos 600Mbits por segundo, más de 1000 veces la velocidad actual disponible, considerando que una conexión a Internet de unos 512Kbits se considera una buena conexión, estamos hablando de un gran salto de velocidad.

Se pretende desarrollar la próxima generación de aplicaciones telemáticas para facilitar las misiones de investigación y educación de las universidades, así como acelerar la disponibilidad de nuevos servicios y aplicaciones, para las empresas privadas y el proyecto Internet tradicional (I1). Adicionalmente, cada cierto tiempo, se pretende repetir el esfuerzo completo, de manera que a futuro, se podrá hablar de Internet3 (I3), Internet4 (I4) y así sucesivamente.

En cada una de las universidades que participan en el proyecto existe un equipo de desarrolladores e ingenieros que trabaja para desarrollar y hacer posibles las aplicaciones de Internet2.

Las universidades de punta consideran las telecomunicaciones avanzadas como algo crítico para sus misiones de investigación y educación. Internet2 proporciona el marco para un trabajo común en estas áreas.

De forma simultánea, el proyecto hará avanzar los límites de las redes multimedia de banda ancha y ayudará a satisfacer las crecientes necesidades productivas de las universidades miembro. I2 está colaborando también con empresas del sector telemático y con organizaciones sin ánimo de lucro para asegurar que los resultados de I2 se utilizan para mejorar todas las redes telemáticas, incluyendo la Internet que existe actualmente.

I2 proporciona un marco para desarrollar las herramientas – las aplicaciones y las redes - necesarias para conectar a las universidades miembro. Internet2 se basa en el desarrollo de aplicaciones de vanguardia tales como la teleinmersión, bibliotecas digitales y laboratorios virtuales. La ingeniería de redes se desarrollará cuanto sea necesario para posibilitar estas aplicaciones.

Es el desarrollo de estas aplicaciones el que permitirá mejorar el nivel de vida de nuestra sociedad, al posibilitar la existencia de aplicaciones y servicios que actualmente no se conciben.

Internet2 no substituirá a la Internet actual ni tiene como objetivo construir red nueva alguna. Inicialmente, Internet2 hará uso de la redes nacionales norteamericanas existentes tales como la *vBNS National Science Foundation's very high speed Backbone Network Service*).

En último término, I2 utilizará otras redes de alta velocidad para conectar a todos sus miembros entre sí y con otras organizaciones de investigación. Parte de la misión de Internet2 es asegurar que tanto la tecnología hardware como software se basan en estándares abiertos y puede ser adoptada por otros, incluidas las redes comerciales y los proveedores de servicios Internet (PSIs).

2.1. PRINCIPIOS EN LOS QUE SE SUSTENTA INTERNET2.

La construcción de Internet2 se sustenta en seis principios básicos surgidos del trabajo del grupo de ingeniería, que fundamentalmente establecen:

1. **Comprar en vez de construir:** Cuando sea posible es mejor utilizar la tecnología existente.

2. **Abrir en vez de cerrar:** De manera similar que el proyecto original de Internet se fundamentó en los estándares abiertos tales como el TCP/IP, se desea que Internet2 siga apoyándose en este tipo de protocolos abiertos.
3. **Redundancia en vez de confianza:** Evitar que se formen relaciones de dependencia a largo plazo hacia proveedores de bienes y servicios únicos.
4. **Lo básico en vez de lo complejo:** Preferir los métodos, algoritmos y soluciones más sencillas para los problemas que se deban enfrentar.
5. **Producir (principalmente) en vez de experimentar (eventualmente);** El propósito principal es proporcionar apoyo para el desarrollo de aplicaciones avanzadas, no montar un laboratorio de redes.
6. **Dar servicio a usuarios finales en lugar de ofrecerlo entre proveedores comerciales:** La intención es clara, que toda esta tecnología benefice al ciudadano común.

2.2. ORGANIZACIONES PARTICIPAN EN I2.

A fin de asegurar el cumplimiento del objetivo de transferir la tecnología I2 a la generalidad de las redes y de aprovechar la enorme experiencia existente fuera de las universidades, este proyecto está trabajando con aquellas agencias y organismos de la Administración Federal y con las empresas privadas y organizaciones sin ánimo de lucro que tienen la experiencia y el conocimiento precisos para desarrollar redes telemáticas.

Estas organizaciones suministran a los miembros de I2 recursos y experiencia adicionales a las existentes en los centros universitarios. Más aún, ofrecen un canal al proyecto para conocer los asuntos y problemas que habrán de tenerse en cuenta para lograr que la tecnología I2 migre a redes comerciales y a redes de base más amplia.

En realidad lo que denota el proyecto no es la voluntad de las primeras treinta y cuatro universidades –a las que hoy se han sumado más de setenta para rebasar la centena- sino la necesidad de contar con una red de cómputo que permita llevar a cabo proyectos avanzados como el uso extendido de la educación a distancia, el mejor aprovechamiento de los Laboratorios Nacionales de los Estados Unidos, la telemedicina y el manejo de grandes bases de datos, típicas del trabajo de astrónomos y geofísicos.

Además de las universidades y el gobierno norteamericano, se integraron al proyecto empresas tales como: Advanced Network & Services, Cisco Systems, Fore Systems, IBM, MCI, Sprint, SUN Microsystems y el Centro Nacional para las Aplicaciones de Supercómputo (NCSA), entre otras.

2.3. FONDOS Y PERSONAL DE I2.

Las instituciones miembros deben decidir a quién extender el proyecto a fin de identificar las áreas de desarrollo de aplicaciones clave y proveer de fondos a las mismas. Los grupos regionales de las instituciones participantes y sus socios regionales, se constituyen para implementar la arquitectura distribuida *GigaPoP* prevista por el Grupo de Ingeniería de Internet2.

Estas coaliciones regionales invertirán, casi con toda seguridad, en desarrollo de aplicaciones. Pero será importante identificar las herramientas de desarrollo y

sus áreas de aplicación que no deberían dejarse a los caprichos de los esfuerzos regionales, y reservar estas como prioridades nacionales merecedoras de inversiones por parte del Proyecto Internet2 y sus socios nacionales.

En el caso de proyectos de desarrollo nacionales y regionales, el Proyecto Internet2 debería coordinarlos y , cuando se necesiten inversiones, dirigir estos esfuerzos de desarrollo. Con este fin, el proyecto empleará personal de aplicaciones que facilitará la coordinación y dirección del mismo. Se ha contratado ya a un jefe para dicho equipo de desarrollo que trabajará conjuntamente con el Grupo de Trabajo de Aplicaciones y con las instituciones miembro participantes a fin de diseñar y implementar una arquitectura de desarrollo para las mismas.

Las universidades participantes han comprometido un apoyo de 50 millones de dólares anuales y los socios corporativos darán entre 10 y 20 millones al año en apoyo técnico al proyecto.

2.4. ALCANCE DE I2.

Fundamentalmente, el proyecto pretende concentrar atención, energía y recursos para el desarrollo de una nueva familia de aplicaciones avanzadas con objeto de satisfacer las necesidades que están surgiendo en el campo académicos respecto a investigación, enseñanza y aprendizaje. En concreto:

- Lo primero y más importante, se creará y mantendrá una alta capacidad de red para la comunidad nacional de investigación.
- Los esfuerzos de desarrollo de red se dirigirán a crear una nueva generación de aplicaciones que exploten totalmente las capacidades de las redes de gran ancho de banda.

- Finalmente, el trabajo del proyecto Internet2 se integrará con los esfuerzos ya en curso para mejorar la producción de servicios Internet para todos los miembros de la comunidad académica.

Un objetivo primordial del proyecto es la transferencia inmediata de los nuevos servicios y aplicaciones de red a todos los niveles de uso educativo y a la totalidad de la comunidad Internet, tanto nacional como internacionalmente.

2.5. DEDICACIÓN PRIORITARIA A LAS APLICACIONES.

Uno de los ejes prioritarios del proyecto consiste en que se desea que el crecimiento sustancial del ancho de banda, sea acompañado por el desarrollo significativo de aplicaciones que exploten positivamente este recurso.

Las aplicaciones más populares hoy en Internet siguieron los pasos de la investigación y el desarrollo de vanguardia de la tecnología de redes. Hoy el contexto es bastante diferente. Las aplicaciones en entorno de red capturan progresivamente el capital intelectual de la nación constituyéndose en motor para el desarrollo económico. Pero la provisión de ancho de banda y de tecnología avanzada de redes está retrasando el desarrollo de aplicaciones, ya que éstas van requiriendo cada vez más prestaciones en aquellas.

El correo con normas MIME y los servidores/navegadores *Web* se han desarrollado en paralelo a sofisticadas herramientas para el desarrollo de aplicaciones multimedia autónomas. Y junto a estos desarrollos han aparecido expectativas para distribuir a través de la red flujos de audio y video.

MUDD (Multi-User Dungeons & Dragons) sincrónos, *MOO (Multi-User Domain Oriented Object)*, charlas (*chat*) y tecnologías multidifusión (*multicast*), así como las cada vez más sofisticadas herramientas asíncronas para la trabajo en grupo

(*workflow*), han levantado expectativas sobre el uso de la red para programas de trabajo en grupo basados en compartir aplicaciones, teleconferencia desde el ordenador de sobremesa con vídeo incorporado u otras tecnologías de la comunicación en tiempo real.

La prensa popular habla a menudo sobre las aplicaciones médicas de estas tecnologías. Por ejemplo, la posibilidad de que puedan distribuirse datos con garantías de calidad de servicio, junto a la transmisión a grandes distancias de imágenes de alta resolución, puede hacer posible que los profesionales de la medicina traten remota, interactiva y directamente al paciente. Los resultados de búsquedas en bases de datos en línea pueden ser facilitados casi inmediatamente al médico que necesita comparar imágenes mientras hace un diagnóstico.

Por lo tanto, las expectativas al día de hoy incluyen el acceso a bases de datos más grandes, generales y distribuidas y a instrumentos conectados a la red con posibilidad de análisis distribuido de sus flujos de datos, incluso de forma interactiva. Al reducir las barreras a los límites en la capacidad de proceso y ancho de banda, los análisis llevados a cabo de forma “autónoma” podrían hacerse ahora de forma interactiva con Internet2.

Los investigadores de sistemas de información geográficos, por ejemplo, podrían correlacionar interactivamente datos de bases de datos distribuidas sobre ciencias sociales y físicas. Estos servicios avanzados son aplicables incluso a los análisis de textos. Por ejemplo, los investigadores podrían llevar a cabo de forma interactiva análisis iterativos relevantes sobre el contenido de bibliotecas digitales almacenadas en grandes bases de datos distribuidas por múltiples lugares.

La promesa de nuevas aplicaciones para enseñanza distribuida, investigación colaborativa y nuevas e impactantes formas de publicación y difusión es muy atractiva. En el potencial de estas aplicaciones, las universidades participantes en el Proyecto Internet2 han entrevisto el futuro de la educación superior y están determinadas a adueñarse de ese futuro por el bien común de todo el sistema educativo. Estas metas están en consonancia y en total sintonía con las propuestas por Clinton y Gore para la iniciativa *Nueva Generación de Internet*.

El desarrollo de aplicaciones para Internet2 debe respetar una serie de pautas establecidas por el proyecto, entre otras, resalta que:

- Deberán usar APIs y servicios abiertos para asegurar que, a medida que estos servicios suban de nivel, las aplicaciones se beneficien inmediatamente de esas mejoras. Así las experiencias más valiosas podrán convertirse en procesos de definición de estándares en vez de tener que esperar a que esos procesos resuelvan los problemas típicos que seguramente se producirán dentro de este área dentro del Proyecto Internet2.
- Se debe dar por supuesto un entorno de red de ámbito universal, en el que los datos de usuario se van a almacenar, preferentemente, fuera del sistema cliente.
- Las aplicaciones serán “conscientes del ancho de banda” que permita la negociación dependiente de la función -por ejemplo, la negociación de los codificadores de audio y vídeo, dependiendo del ancho de banda que se dispone en una red en particular.

- Las aplicaciones deberían explotar las garantías de calidad de servicio para aprovechar los beneficios que proporcionan la infraestructura y servicios de Internet2.

2.6. LOS SISTEMAS CLIENTES DE LAS APLICACIONES INTERNET2.

Los requerimientos previamente mencionados, parecen implicar, aparentemente, que el sistema cliente de Internet2 será un computador de sobremesa dedicado equipado con un sistema operativo multiusuario y multitarea (NT o UNIX en términos actuales) con procesador de gama alta (RISC o Pentium) y con una conexión de amplio ancho de banda (por ejemplo un mínimo de 25 Mbps).

Sin embargo, aunque ésta podría ser la plataforma dominante pero sería la única. Además, pronto la expresión “informática de sobremesa” puede convertirse en un anacronismo ante la explosión de otros tipos de dispositivos de comunicaciones, tales como los teléfonos celulares inteligentes.

Por lo tanto, el entorno de aplicaciones Internet2 deberá trabajar dentro de una malla de conectividad en la que un individuo con múltiples dispositivos de acceso recibe comunicaciones a través de un complejo engranaje de redes.

Este universo de dispositivos puede incluir: asistentes digitales personales, ordenadores portátiles y estaciones de trabajo con funcionalidades superpuestas; asistentes digitales personales (*PDA*s) y teléfonos móviles que se introducen en un mundo de PCs; “cajas de alta tecnología” (*set-top boxes*), como por ejemplo la *WebTV*, que proporcionan funcionalidades en competencia con el PC; finalmente, redes de sistemas incorporados o incrustados que den soporte a aplicaciones tanto simples como complejas.

Todo esto en un entorno de red con opciones de conectividad que incluirán desde la más alta conexión directa a Internet2 extremo a extremo, a los servicios inalámbricos de amplio espectro y todo lo que pueda existir en medio.

3. ¿EN QUÉ SE DIFERENCIA INTERNET2 DE LA INTERNET ACTUAL?

Además de que las redes de I2 serán mucho más rápidas, las aplicaciones que se desarrollen utilizarán todo un conjunto de herramientas de red que no existen actualmente. Por ejemplo, una de estas herramientas es conocida como garantía de calidad de servicio (*QoS o Quality of Service guarantees*).

Hoy toda la información que circula por la red recibe la misma prioridad. La implantación de la QoS permitiría a las aplicaciones solicitar por sí mismas una cantidad determinada de ancho de banda o una prioridad específica.

Esto permitiría que dos ordenadores que estuviesen procesando una aplicación como la teleinmersión se pudiesen comunicar entre sí a la alta velocidad requerida para las interacciones en tiempo real. Al mismo tiempo, aplicaciones de red menos intensivas como la WWW necesitarían utilizar únicamente la velocidad necesaria para funcionar adecuadamente.

Es importante darse cuenta de que la diferencia de velocidad proporcionará mucho más que una WWW más rápida. Se prevé que una red entre 200 y 1.000 veces más rápida que la actual posibilitará aplicaciones que cambiarán la forma en que la gente trabaja e interactúa por medio de los ordenadores.

Aplicaciones como la teleinmersión y las bibliotecas digitales cambiarán el modo en que la gente utiliza los ordenadores para aprender, comunicarse y colaborar.

Quizás las más apasionantes posibilidades son las que aun no imaginamos pero que se desarrollarán durante la vida del proyecto I2.

4. EJEMPLOS DE APLICACIONES INTERNET2 Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE APLICACIONES.

Un primer objetivo del Grupo de Aplicaciones de Internet2 es facilitar y coordinar la creación de una arquitectura de aplicaciones y herramientas de desarrollo de aplicaciones que se beneficie de los servicios avanzados de red de Internet2. Estas herramientas aparecerán, seguramente, en el proceso de desarrollo de aplicaciones específicas a través de todo un rango de áreas de aplicación, pero su valor fundamental será el de poner los cimientos para el desarrollo de aplicaciones distribuidas que contribuyan al objetivo general de servir a la educación superior, enseñanza, investigación y servicio público.

Algunas áreas de aplicación, y sus correspondientes herramientas, se perfilan en esta sección, en la que se describen algunas de las aplicaciones avanzadas que deberían guiar a la ingeniería en Internet2.

4.1. EL SOFTWARE EDUCATIVO (LEARNINGWARE) Y EL INSTRUCTIONAL MANAGEMENT SYSTEM (IMS).

Hay muy poco software de alta calidad disponible en el área de la enseñanza que sirva como base de contenido para la enseñanza distribuida. La mayoría del software educativo ha sido diseñado para su uso autónomo, especialmente el que incorpora sonido, imagen y vídeo. Por otra parte, buena parte del mismo depende de un único sistema operativo. Internet2 es una oportunidad para

trabajar en una arquitectura de desarrollo de aplicaciones que cree un software educativo (*learningware*) con sus correspondientes aplicaciones que pueda proporcionarse y usarse dentro de la enseñanza distribuida.

4.1.1. ¿QUÉ ES EL INSTRUCTIONAL MANAGEMENT SYSTEM (IMS)?

Cualquier proceso educativo, ya sea de enseñanza primaria o media, universitaria o de formación profesional, incorpora, de forma típica, las siguientes acciones:

- Establecer los objetivos de enseñanza.
- Localizar y revisar (o crear) los materiales educativos (por ejemplo: instrumentos de diagnosis, libros de texto, software educativo, instrumentos de valoración, pruebas de maestría).
- Determinar el nivel de destreza o conocimiento del estudiante.
- Asignar los materiales apropiados al estudiante.
- Proporcionar acceso al estudiante a los módulos y componentes educativos.
- Revisar y seguir la trayectoria de los progresos académicos del alumnado, interviniendo directamente cuando sea necesario.
- Proporcionar y dirigir las comunicaciones estudiante-tutor y estudiante-estudiante, tanto de forma síncrona como asíncrona.

- Evaluar el aprendizaje del alumno.
- Informar de los logros en el aprendizaje.

En el entorno educativo tradicional, este proceso es diseñado, controlado y llevado a cabo por los profesores. En un entorno educativo distribuido en red, este proceso debería ser diseñado por los mismos profesores, pero manejado por el software, que debería ser, a menudo, compartido por alumnos, profesores y por otras entidades como editores y proveedores de información. A este sistema de dirección educativa basada en red se le denomina IMS.

El IMS se compone de servicios y estándares. Los estándares permitirán a los módulos educativos distribuidos interoperar en lo que respecta a aspectos tales como el seguimiento del progreso de los alumnos, incorporación automática de los módulos en marcos más amplios, interacción colaborativa y flujos entre los módulos.

Los estándares crearán también un mecanismo común para la organización y recuperación de los objetos educativos basados en red al reflejar la relación entre los módulos educativos individuales y los objetivos específicos de aprendizaje. Mientras algunas de las tecnologías de IMS podrían ser desarrolladas en el entorno de la Internet actual, los componentes síncronos de comunicación y las tecnologías para enlazar y proporcionar materiales multimedia de aprendizaje requerirán servicios de red todavía no disponibles.

4.1.2. ¿QUIÉN USARÁ EL IMS?

Hay toda una gama de usuarios que utilizarán esta herramienta, a saber:

- Los estudiantes, que podrán aprender en cualquier lugar y a cualquier hora, y ser capaces de controlar el proceso de aprendizaje hasta un grado inalcanzable hoy usando los medios tradicionales educativos. El IMS proporcionará un híbrido entre la típica experiencia de aula altamente estructurada y la falta total de organización asociada, normalmente, con navegar por la red.
- Los instructores, que podrán acceder fácilmente a un amplio abanico de materiales educativos. Desde el punto de vista del profesor, el IMS abrirá la posibilidad de explorar la red a la búsqueda de materiales educativos potenciales de una forma coherente y productiva, revisando con anterioridad estos materiales, incorporándolos a los cursos, y poniéndolos a disposición de los alumnos.
- Los autores, que conseguirán una mayor difusión de sus trabajos y se asegurarán la interoperación con otros objetos. Una ventaja particular del IMS es que permite a los autores la publicación de módulos relativamente pequeños, tanto si los usuarios tienen que pagar una tarifa como si no; y ser usados en conjunción con módulos de otras fuentes, creando así grandes ofertas educativas. Una analogía similar sería el caso de los apuntes de clase frente a los libros de texto. La mayor parte de los instructores no tienen el tiempo o la inclinación a escribir y publicar manuales, pero preparan guiones para sus clases y apuntes. El IMS permitirá publicar el equivalente electrónico a esos guiones, que podrán ser incorporadas por otros en sus trabajos.
- Los editores actuarán como recolectores de contenidos y controladores de la calidad de los materiales incluidos en el IMS. Existen oportunidades específicas en este aspecto que van desde la recolección y desarrollo de listas de objetivos educativos hasta el ensamblaje en cursos completos de

colecciones de módulos individuales producidos por diversos autores. Con la publicación de los estándares se asegura a los editores un amplio mercado para sus productos, promocionándose así el desarrollo y distribución de software educativo.

4.1.3. UN EJEMPLO EN EL CAMPO DE LA ENSEÑANZA.

El estudio y práctica de la música proporciona un buen ejemplo. Algunos centros han desarrollado interesantes casos de software educativo para la difusión de la música. La traslación de estos programas, como los desarrollados por la Universidad de Indiana y la Universidad Purdue en Indianápolis, a un entorno *Web* se ven constreñida por las limitaciones y calidad de los flujos de audio.

Internet2 podría solventar estas limitaciones y el IMS podría ayudar a los profesores a localizar tales materiales y utilizarlos en un entorno educativo distribuido mediante una variedad de herramientas síncronas y asíncronas que permitieran la comunicación entre el alumno y el profesor.

En un entorno Internet2, por otra parte, la enseñanza de la música en estudio podría tener nuevas oportunidades. Así, podrían realizarse actividades que actualmente son imposibles de realizar por las limitaciones de la Internet actual, tales como:

- Se podría invitar a músicos mundialmente reconocidos a ofrecer lecciones magistrales y a aportar sus puntos de vista.
- Una conexión bidireccional video/audio podría poner en contacto conectar a una banda de jazz de una escuela superior con un artista residente en la universidad. La alta calidad del enlace podría permitir demostraciones y juicios críticos.

- Los alumnos podrían participar, literalmente, en una “improvisación” junto a su profesor de la universidad. Esta conexión podría extenderse a otros músicos (tanto alumnos como profesionales) de otras localidades.
- La enseñanza podría enriquecerse con la incorporación de actuaciones grabadas en audio y vídeo extraídas de un servidor de la red.
- La interacción entre el alumno y el profesor podría, asimismo, grabarse para una revisión posterior, tanto por parte del maestro como en las prácticas de los alumnos.

4.2. LAS BIBLIOTECAS DIGITALES Y EL ACCESO Y DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Los esfuerzos actuales en el campo de la investigación han demostrado ya que la Internet comercial puede ser un entorno efectivo para el desarrollo de los sistemas de bibliotecas digitales. Estos esfuerzos incluyen los *Digital Library Programs* patrocinados por ARPA/NASA/NSF, así como un amplio abanico de sistemas operacionales de bibliotecas institucionales que ofrecen catálogos en línea, resúmenes e indexación de las bases de datos, así como contenidos, como en el caso de los periódicos en formato electrónico.

A pesar de que estos sistemas sufren hoy los problemas de seguridad y prestaciones provenientes de los defectos de Internet, no requieren, sin embargo, un gran ancho de banda dedicado a sus aplicaciones, ni reserva de dicho ancho e banda. Requieren, únicamente, que las funciones existentes en Internet se mantengan con un cierto grado de fiabilidad dentro de los parámetros actuales de diseño. No obstante, muchos de los problemas más importantes - derechos de propiedad intelectual, administración de derechos y modelos viables

económicamente para la publicación escolar en el siglo XXI - quedan fuera de las competencias de cualquier programa de infraestructura de red.

Pero los nuevos servicios y capacidades contemplados en Internet2 ofrecen importantes oportunidades para extender los programas de bibliotecas digitales a nuevas áreas. Un ancho de banda muy amplio, y su reserva, van a permitir en la práctica que videos digitales continuos y audio migren de su uso en la investigación (como en el Proyecto de Biblioteca Digital de la Universidad Carnegie-Mellon) a usos más amplios.

Imágenes, audio y video podrán al menos desde el punto de vista de la distribución, moverse por los canales normalmente ocupados, casi exclusivamente, por materiales textuales. Esto facilitará también una investigación más extensiva en los difíciles problemas de organización, indexación y acceso inteligente a estas clases de materiales.

En Internet2 debería ser posible hacer fluir la información de cualquier tipo - actualizaciones de bases de datos, anuncios de publicaciones, telemetría, lecturas de sensores- hacia las comunidades de receptores interesados, en vez de que estos últimos tuvieran que ir periódicamente a las bases de datos centralizadas en busca de la última información.

Otra implicación de la disponibilidad de controles de calidad de servicio y multidifusión, es que Internet2 será bastante más hospitalaria para conectar un gran número de sensores que lo que es la Internet actual. De hecho, los sensores, con el tiempo, podrían sobrepasar en número a las estaciones de trabajo. La capacidad de hacer que gran parte de la telemetría de sensores públicos compartidos esté disponible para la comunidad de Internet 2 representa una excitante oportunidad para explorar nuevas clases de aplicaciones.

4.3. LA TELEINMERSIÓN.

La teleinmersión es la combinación eficaz de:

- La tecnología de inmersión al estilo de “dragones y mazmorras”, tal y como la actualmente asociada con *MUDD (Multi-User Dungeons & Dragons)* y *MOOs (Multi-User Domain Oriented Object)*
- Sistemas avanzados de telecomunicación de alta velocidad que permiten las aplicaciones colaborativas y
- Ampliaciones significativas de esta tecnología de “cavernas” para reconocer la presencia y el movimiento de individuos dentro de esas “cavernas”, rastrear esa presencia y sus movimientos, para después permitir su proyección en verdaderos entornos de inmersión múltiples, geográficamente distribuidos, en los cuales estos individuos podrían interactuar con modelos generados por ordenador computador.

Se considera que esta combinación de escenarios ofrece un nuevo paradigma en la colaboración y comunicación humanas.

4.3.1. ¿CUÁL ES EL POTENCIAL DE LA TELEINMERSIÓN?

La teleinmersión tiene el potencial de cambiar significativamente los paradigmas educativos, científicos y de fabricación. Un sistema de teleinmersión permitiría a personas situados en distintos lugares compartir el mismo entorno virtual.

Por ejemplo, los participantes en una reunión podrían interactuar con un grupo virtual, casi de la misma forma a como lo harían si estuvieran en la misma

habitación. Los individuos podrían compartir y manipular datos, simulaciones y modelos de moléculas; construcciones físicas o económicas; y participar juntos en la simulación, revisión de diseños o procesos de evaluación.

Como ejemplo, piénsese en alumnos de ingeniería mecánica o industrial trabajando juntos para diseñar un nuevo puente o brazo de robot mediante la teleinmersión. Los miembros del grupo podrían interactuar con otros miembros del grupo mientras comparten el objeto virtual que está siendo modelado.

4.4. EL LABORATORIO VIRTUAL: UN ENTORNO DE APLICACIÓN PARA LA INFORMÁTICA Y LA INGENIERÍA.

Un laboratorio virtual es un entorno distribuido heterogéneo de resolución de problemas que permite a un grupo de investigadores esparcidos por todo el mundo trabajar juntos en un conjunto común de proyectos.

Como en cualquier otro laboratorio, las herramientas y técnicas son específicas del dominio de investigación, pero los requisitos de infraestructura básica se comparten entre las distintas disciplinas.

Aunque próximas a algunas de las aplicaciones de teleinmersión, el laboratorio virtual no supone a priori la necesidad de compartir un entorno tal de inmersión.

4.4.1. ¿CUÁL ES EL POTENCIAL DEL LABORATORIO VIRTUAL?

A continuación se presentan algunos proyectos en los que se está trabajando, actualmente, para desarrollar e implementar este concepto.

4.4.1.1. EL GRAND CHALLENGE COMPUTATIONAL COSMOLOGY CONSORTIUM.

Está formado por un grupo de astrónomos teóricos y de informáticos, comprometidos en una investigación y trabajando en colaboración sobre el origen del universo y la emergencia de estructuras a gran escala.

Este grupo incluye a científicos de la Universidad de Indiana, NCSA, Princeton, MIT, UC-SC y el Centro de Supercomputación de Pittsburgh.

Su trabajo precisa de simulaciones masivas por medio de múltiples supercomputadores que funcionan simultáneamente; grandes bases de datos con los resultados de la simulación; visualizaciones extensas que muestran la evolución de estrellas y galaxias, y un amplio repositorio de software compartido que hace posible todo lo anterior.

Si bien algunos experimentos se realizan de forma aislada, la mayor parte de los mismos requiere una estrecha colaboración entre equipos de personas distribuidos por múltiples zonas.

Cada miembro de un equipo es un experto en un componente particular de la heterogénea mezcla formada por la simulación, el análisis de los datos y la visualización.

El equipo debe poder compartir una visión común de la simulación y participar de forma interactiva en la computación colectiva.

4.4.1.2. DISEÑO MULTIDISCIPLINAR Y FABRICACIÓN.

Una compañía involucrada en la fabricación de un producto grande y complejo como un avión puede dirigir el proceso de simulación e interactuar con las bases de datos de diseño que contienen las especificaciones técnicas y de fabricación.

El diseño y simulación pueden requerir el acceso simultáneo a cientos de subcomputaciones, que son proporcionadas por subcontratistas en diferentes localidades. El resultado es una “optimización multidisciplinar” mediante la cual puede fabricarse un producto más rentable y seguro de acuerdo con las especificaciones del cliente.

4.4.1.3. PREDICCIÓN METEREOLÓGICA.

Podrían incorporarse a estas predicciones datos de satélites, gran número de entradas provenientes de los sensores y simulaciones masivas para las predicciones meteorológicas a corto y medio plazo.

Una variación sobre lo anterior consiste en predecir la calidad del aire a través de un laboratorio virtual que acople los modelos meteorológicos con los modelos de las corrientes oceanográficas y la química de la polución, todo ello basado en sensores especializados tanto terrestres como aéreos.

En un laboratorio semejante, los científicos medioambientales podrían sugerir, a partir de las condiciones presentes, cuándo se podrían clausurar temporalmente ciertos tipos de fabricación a fin de evitar una crisis potencial en la calidad del aire. Se han propuesto laboratorios virtuales para otras muchas disciplinas, incluyendo la biología computacional, la radioastronomía, el diseño de medicinas y las ciencias de los materiales.

5. DIRECTRICES TÉCNICAS DE INTERNET2.

La consecución de un esquema común requerirá la definición de un conjunto de directrices, también común, para los proveedores de servicios de red y a los desarrolladores de aplicaciones.

Para los operadores de red

- El ancho de banda de las redes de distribución primarias debe estar en el rango de OC-12 a OC-48 para el bienio 1997/1998 previéndose en breve plazo un fuerte aumento de dicho ancho.
- Los centros universitarios deberán empezar a corto plazo a asignar y a garantizar ancho de banda en volumen significativo a los sistemas clientes de Internet2.

Ahora, surge la pregunta: ¿Cómo pueden garantizar los operadores de redes semejantes incrementos con las tecnologías disponibles, o que pueden desarrollarse a corto plazo? Las respuestas más relevantes se plantean a continuación.

5.1. MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM).

La respuesta se ofrecen a través de los enlaces que funcionan en el Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode, mejor conocidos como enlaces ATM), que es la tecnología subyacente que hace posible la B-ISDN (red digital de servicios integrados).

5.1.1. SIGNIFICADO DE ATM.

ATM es el acrónimo de “**Asynchronous Transfer Mode**”, o **Modo De Transferencia Asíncrono**, en español. También conocido como “Retransmisión de Celdas”. Es una tecnología desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de servicios y aplicaciones que requieren de un ancho de banda significativo. Surge como una tecnología derivada del proyecto **RDSI**, pero ha encontrado aplicación en entornos muy diversos, que requieren de velocidades de transmisión muy elevadas.

5.1.2. ANTECEDENTES DE ATM.

En los Laboratorios Bell, durante los años 60's se patentó un modo de transferencia no síncrono. Sin embargo, fue en 1988, cuando el “**Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico**”¹ de la **UIT**, la seleccionó como la tecnología de conmutación de las redes ISDN en banda ancha.

En sus inicios, ATM enfrentó un fuerte debate relacionado con el tamaño de la celda que se utilizaría. Un grupo de naciones, encabezadas por los EUA proponía el empleo de un tamaño de celda grande (64 bytes), en tanto que las naciones europeas proponían uno más pequeño (32 bytes). Este dilema fue zanjado en junio de 1989 en la reunión del CCITT realizada en Ginebra - Suiza,

1 Mejor conocido en su época como **CCITT**, y actualmente el **UIT-T**, está encargado de establecer las recomendaciones para la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial.

donde estableció una solución de compromiso, adoptando un tamaño de celda de 48 bytes y 5 bytes para la cabecera.

Es decir, la idea fundamental en que se basa la tecnología ATM consiste en transmitir toda la información en paquetes pequeños de tamaño fijo, los llamados **células o celdas**. Las celdas tienen una longitud de 53 bytes, de los cuales 5 son de encabezado y 48 de carga útil.

5.1.3. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS ENLACES ATM.

ATM es tanto una tecnología (oculta a los usuarios) como un servicio potencial (visible a los usuarios). A veces se llama al servicio cell relay, como analogía a la tecnología ya superada frame relay.

En gran medida, ATM es un proyecto inventado por la industria telefónica porque después de que se instaló ampliamente Ethernet la industria de las computadoras nunca apoyó una tecnología de redes de alta velocidad específica para hacerla estándar.

Las compañías telefónicas crearon ATM, aunque en 1991 muchos proveedores de computadoras se unieron con las compañías de teléfonos para crear el ATM Forum, un grupo de industriales que guiará el futuro de ATM.

Aunque ATM promete tener la capacidad de entregar la información en cualquier parte a velocidades que pronto excederán de 1Gbps, el cumplimiento de esta promesa no será fácil.

Bajo esta tecnología, a fin de aprovechar al máximo la capacidad de los sistemas de transmisión, sean estos de cable o radioeléctricos, la información no es transmitida y conmutada a través de canales asignados en permanencia, sino en forma de cortos paquetes (celdas ATM) de longitud constante y que pueden ser enrutadas individualmente mediante el uso de los denominados canales virtuales y trayectos virtuales.

Esencialmente, los diferentes flujos de información, de características distintas en cuanto a velocidad y formato, son agrupados en el denominado "Módulo ATM" para ser transportados mediante grandes enlaces de transmisión a velocidades de 155 o 622 Mbit/s facilitados generalmente por sistemas de enlace de fibra óptica.

En el terminal transmisor, la información es escrita byte a byte en el campo de información de usuario de la celda y a continuación se le añade la cabecera.

En el extremo distante, el receptor extrae la información, también byte a byte, de las celdas entrantes y de acuerdo con la información de cabecera, la envía donde ésta le indique, pudiendo ser un equipo terminal u otro módulo ATM para ser encaminada a otro destino. En caso de haber más de un camino entre los puntos de origen y destino, no todas las celdas enviadas durante el tiempo de conexión de un usuario serán necesariamente encaminadas por la misma ruta, ya que en ATM todas las conexiones funcionan sobre una base virtual.

La ilustración que se presenta a continuación, muestra el proceso de transmisión de datos para los enlaces ATM, de manera simplificada.

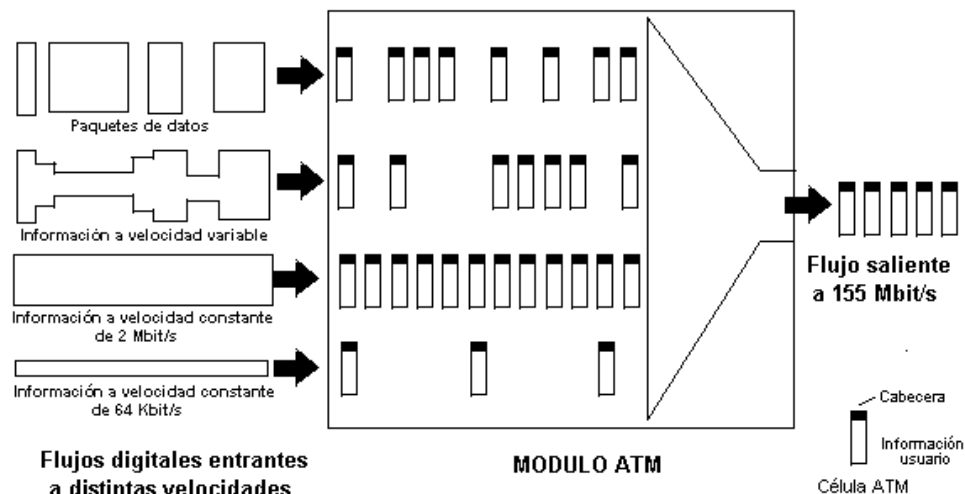


Ilustración 1: Diagrama simplificado de un enlace ATM

Básicamente, ATM es un conmutador de paquetes de alta velocidad, una tecnología con la que las compañías de teléfonos tienen poca experiencia. Lo que sí tienen es una inversión enorme en una tecnología diferente. No es necesario decir que esta transición no ocurrirá rápidamente.

Estos principios se ven traducidos en el uso de algunos protocolos ya existentes como IPv6 y RSVP, un protocolo para la calidad del servicio, definido recientemente por el IETF.

5.1.4. ASPECTOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL PROYECTO ATM.

El proyecto ATM se caracteriza por ciertos puntos clave de diseño, que se exponen a continuación:

- ATM debe optimizar el empleo de los medios de transmisión de alta velocidad, tales como las fibras ópticas.

- El uso de ATM como protocolo de propósito general, implica la necesidad de implementar una capa de adaptación, que le permita interactuar eficientemente con protocolos de transferencia de información que no se encuentren basados en ATM.
- ATM debe ser una tecnología relativamente barata de implementar, para lograr que se implemente fácilmente a escala mundial.
- El sistema ATM debe ser compatible con la mayor cantidad posible de tecnologías de comunicaciones pre-existentes.
- La tecnología ATM debe basarse en servicios orientados a la conexión, de manera que se asegure una entrega precisa y predecible de los paquetes.
- ATM debe desplazar hacia el hardware tantas funciones como sea posible, de manera que las funciones que se ejecuten en software sean las mínimas indispensables, con el objetivo de elevar la velocidad de transferencia de datos.

5.1.5. PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS SISTEMAS EXISTENTES ANTES DE ATM.

ATM viene a responder a toda una problemática existente, previa a su introducción, que se destaca por los siguientes problemas:

- Las redes existentes se basan en conmutación de paquetes de muy diversos tamaños y tipos, con los problemas correspondientes de sobre

utilización y subutilización de los paquetes, tal como se aprecia en la ilustración siguiente:

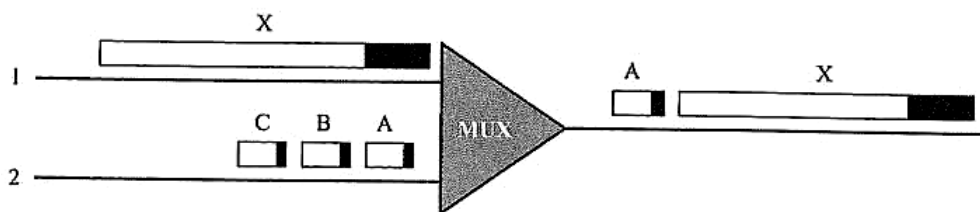


Ilustración 2: Multiplexación de paquetes de longitud variable

- Para optimizar el uso de los enlaces existentes, ellos pueden transmitir cualquier tipo de paquete, lo que obliga a implementar costosos sistemas basados en software que deben analizar las cabeceras de los paquetes y decidir en que momento se envían los paquetes, lo que conlleva frecuentemente a cuellos de botella por los retardos inaceptables en que se incurre.

5.1.6. BASE CONCEPTUAL DE LA TECNOLOGÍA ATM.

El modo de transferencia asíncrono es similar en muchos aspectos a la conmutación de paquetes basada en X.25 conjuntamente con la técnica de retransmisión de tramas.

Además, permite la multiplexación de varias conexiones lógicas a través de una única interfaz física.

En el caso de ATM, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo denominados celdas, ofreciendo una capacidad mínima de control de errores y de flujo, para reducir el costo de procesamiento de las celdas, así como las metadatos.

Los paquetes de gran tamaño – que generalmente son los de datos – se subdividen en pequeñas partes dentro de las celdas, de modo que otros paquetes que pueden contener pocos datos, - como sonido o vídeo – se entrelazan entre si, ofreciendo de este modo, un flujo continuo de datos para todos los destinos, a través del canal, tal como se aprecia en la siguiente ilustración:

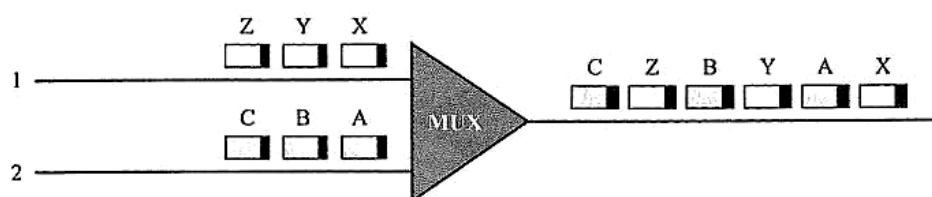


Ilustración 3: Multiplexación de celdas de longitud fija

En consecuencia, el principio de ATM es bastante simple: primero se toman todos los paquetes de datos, de longitud variable, de cada uno de los canales de origen y se subdividen en celdas de longitud fija. Posteriormente, toman los paquetes de cualquiera de los canales de entrada que tenga alguna celda que transmitir y la encaminan por el medio, utilizando la multiplexación por división de tiempo asíncrona. En caso que ninguno de los canales de entrada tenga celdas que transmitir, entonces la ranura del canal de salida se transmite vacía, tal como se aprecia en la siguiente ilustración:

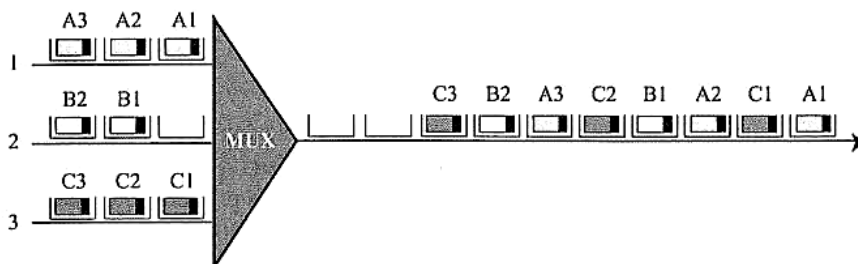


Ilustración 4: Multiplexación de celdas en ATM

De este modo, los paquetes de gran tamaño – que generalmente son los de datos – se subdividen en pequeñas partes dentro de las celdas, de modo que otros paquetes que pueden contener pocos datos, - como sonido o vídeo – se entrelazan entre si, ofreciendo de este modo, un flujo continuo de datos para todos los destinos, a través del canal, compartido.

En consecuencia, ATM es una interfaz funcional de transferencia de paquetes de tamaño fijo llamados celdas. El uso de tamaño y formato fijos, hacen que la técnica resulte eficiente para transmisión a través de redes de alta velocidad.

5.1.7. ARQUITECTURA DE ATM.

La arquitectura de protocolos ATM, se presenta en la siguiente ilustración:

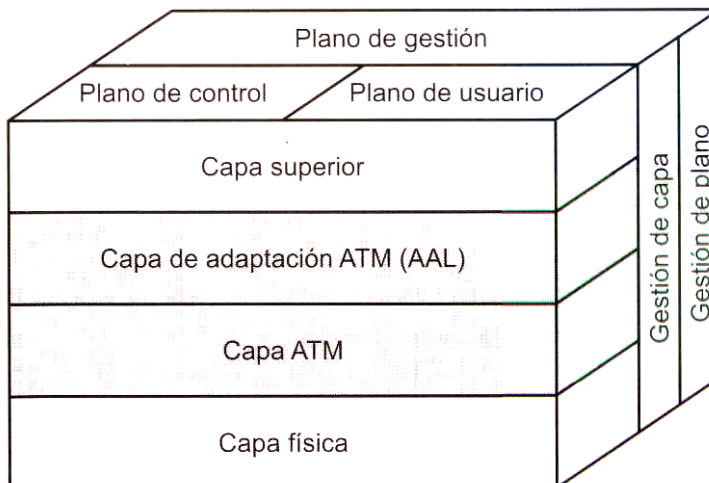


Ilustración 5: Arquitectura ATM

En ella, se deben resaltar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Existe una capa física, que se refiere al medio de transmisión propiamente utilizado (cable, fibra o irradiación de señales), que es completamente hardware.

- La capa ATM, se encarga propiamente de implementar en hardware, tanto como sea posible, toda la norma en sí, atendiendo a la transmisión de datos en celdas de tamaño fijo y el establecimiento de conexiones lógicas.
- La capa de adaptación ATM (ATM Adaptation Layer o AAL), es dependiente del tipo de servicio o protocolo que utilizará esta tecnología, y se encarga de subdividir las unidades de transmisión del servicio en particular, en celdas de longitud fija, mismo tiempo que extrae la información contenida en las celdas ATM y la transmite a las capas superiores. Tiene la intención de ofrecer soporte a los protocolos de transferencia de información que no se fundamentan en ATM.
- La capa superior, se refiere al protocolo que utiliza los servicios de transmisión de celdas de ATM.
- Por otro lado, el modelo ATM involucra tres planos de acción independientes:
 - ❖ **Plano de usuario:** que permite la transferencia de información del usuario, así como de controles asociados (flujo y errores, entre otros).
 - ❖ **Plano de control:** que realiza funciones de control de llamada y de control de conexión.
 - ❖ **Plano de gestión:** comprende a la gestión de plano, que controla el funcionamiento del sistema como un todo y coordina la acción de todos los planos, así como la gestión de capa, que realiza

funciones de gestión relativas a los recursos y los parámetros residentes en las entidades del protocolo.

5.1.7.1. CLASES DE SERVICIOS ATM.

ATM proporciona servicios en tiempo real o no real, soportando una amplia variedad de tipos de tráfico, a través de los servicios conocidos como:

- **Servicio de velocidad constante (CBR, constant bit rate)**, diseñado para clientes que requieren servicios en tiempo real.
- **Servicio de velocidad variable en tiempo real (rt-VBR, real-time variable bit rate)**, para usuarios que requieren servicios en tiempo real y utilizan técnicas de compresión de datos.
- **Servicio en no tiempo real de velocidad variable (nrt-VBR, no-real-time variable bit rate)**, para usuarios que no requieren servicios en tiempo real, pero que utilizan compresión de datos.
- **Servicio de velocidad disponible (ABR, available bit rate)**, para usuarios que requieren los datos por ráfagas, pero esencialmente, operan a la velocidad mínima del sistema, con posibilidad de incrementarse, si es posible.
- **Servicio de velocidad sin especificar (UBR, unspecified bit rate)**, es un servicio que se ofrece a clientes que requieren de la mejor entrega que sea posible, pero sin ningún tipo de garantía.

- **Servicio de velocidad de tramas garantizada (GFR, guaranteed frame rate)**, que se ofrece a clientes que requieren de servicios con calidad de servicio.

5.1.7.2. ARQUITECTURA DE LAS REDES ATM.

Las redes basadas en la tecnología ATM se caracterizan porque los sistemas de usuario final se conectan a los conmutadores de la red mediante un interfaz usuario-red (UNI User-Network Interface). Por otro lado, los conmutadores se conectan entre si mediante interfaces red a red (Network to Network Interface), tal como se aprecia en la siguiente ilustración:

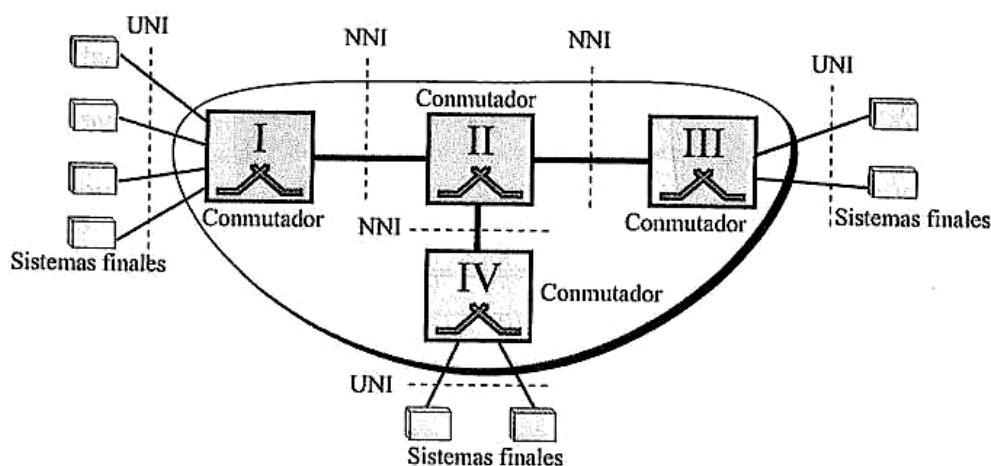


Ilustración 6: Arquitectura de una red basada en ATM

5.1.7.3. COMPONENTES DE LA TECNOLOGÍA ATM: TP, VP Y VC.

La conexión entre usuarios finales se realiza vía caminos de transmisión (TP, transmtion Path), caminos virtuales (VP, virtual Path) y circuitos virtuales (VC, Virtual Circuits).

El camino de transmisión es simplemente el medio físico entre un equipo final y el conmutador ATM. Es como si entre dos ciudades existieran muchas carreteras que las conectan, entonces ese conjunto de carreteras representa a los caminos de transmisión.

El camino de transmisión se divide en varios caminos virtuales, que son esencialmente, conjuntos de conexiones entre conmutadores ATM. Siguiendo la analogía anterior, cada una de las carreteras que conecta a las ciudades, es un camino de transmisión.

Todas las celdas que pertenecen a un mismo mensaje siguen el mismo circuito virtual y mantienen su orden original hasta llegar a su destino. Los circuitos virtuales vienen a ser los carriles de la autopista.

La ilustración que se muestra a continuación, ejemplifica los conceptos antes señalados (TP, VP, VC):

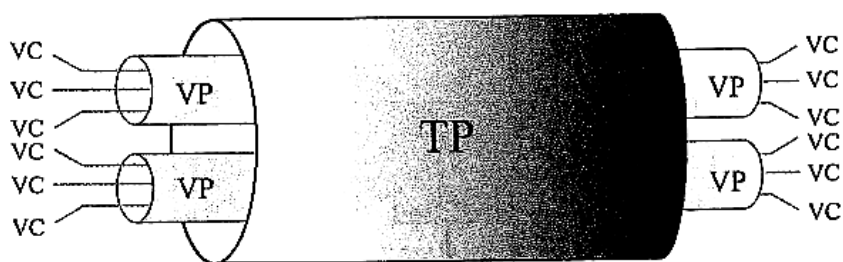


Ilustración 7: Componentes de la tecnología ATM (TP, VP, VC)

5.1.7.4. IDENTIFICACIÓN DE CONEXIONES.

En las redes de circuitos virtuales, las conexiones requieren identificarse, para ello se utilizan los identificadores de camino virtual (VPI, virtual path identifier) y de circuito virtual (VCI, virtual circuit identifier).

El identificador de camino establece el camino virtual concreto que se utiliza, en tanto que el identificador de circuito virtual, hace lo mismo para el circuito.

En consecuencia, una conexión virtual se define en función a la pareja VPI y VCI, tal como se observa en la siguiente ilustración [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.]:

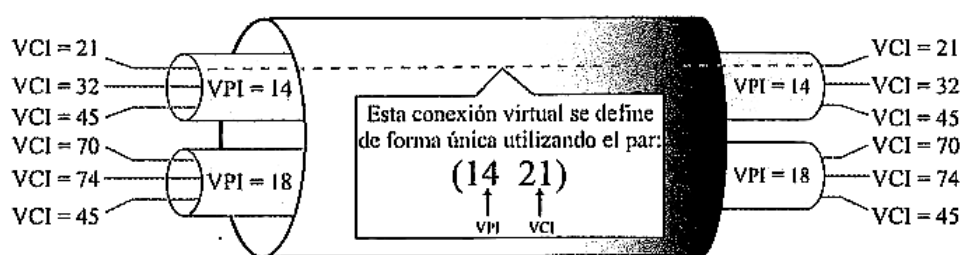


Ilustración 8: Identificadores de conexión en ATM

Es relevante resaltar que, dentro de la celda ATM, la longitud del campo VPI difiere si se trata de una interfase UNI o NNI. Para el caso UNI, la VPI es de 8 bits, en tanto que para NNI, la VPI es de 12 bits. En ambos casos, la longitud del campo VCI es de 16 bits.

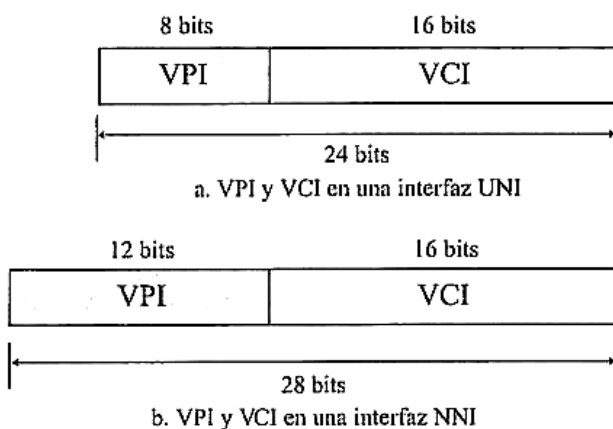


Ilustración 9: Identificadores de conexiones virtuales en interfaces UNI y NNI

5.1.7.5. LAS CELDAS EN ATM.

La unidad de datos básica dentro de la tecnología ATM es la celda, que cuenta con únicamente 53 bytes. De ellos, 5 son la cabecera de la celda, en tanto que la carga útil mide 48 bytes. De los 5 bytes, la mayoría es ocupada por el VPI y por el VCI, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.

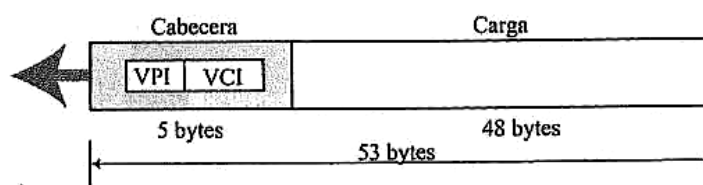


Ilustración 10: Distribución de bytes dentro de la cabecera de la celda ATM

La distribución completa de bytes dentro de la celda ATM se presenta en la ilustración que se muestra a continuación:

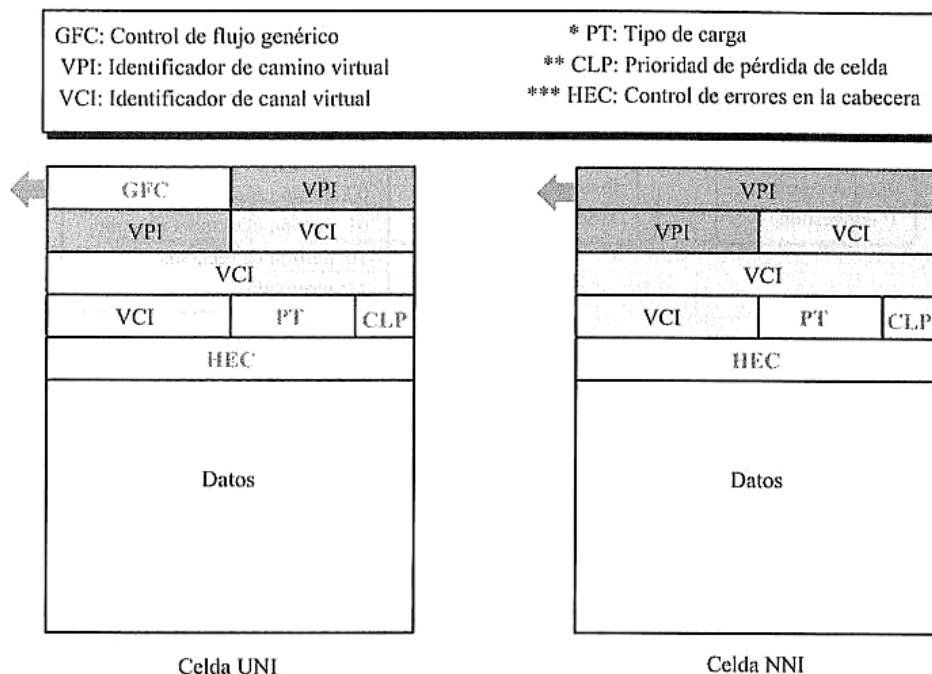


Ilustración 11: Distribución de bytes dentro de la celda ATM

A continuación, se explica el significado de cada uno de los componentes dentro de la celda ATM:

- **Control de flujo genérico (GFG, Generic Flow Control):** Consta de cuatro bits y sólo aparece en la celda UNI. En la cabecera NNI estos bytes se agregan al VPI. Se utiliza para controlar el flujo de datos.
- **Identificador de camino virtual (VPI):** Es un campo de 8 bits en una celda UNI y de 12 bits en una celda NNI. Identifica al camino virtual utilizado.
- **Identificador de canal virtual (VCI):** posee 16 bits en ambos tipos de celdas. Permite identificar el canal virtual utilizado.
- **Tipo de carga (PT, Payload Type):** tiene 3 bits, de los que el primero señala el tipo de carga – datos de usuario o información de gestión -. Los restantes bits dependen de cómo se interprete el primero, como se muestra en la siguiente ilustración:

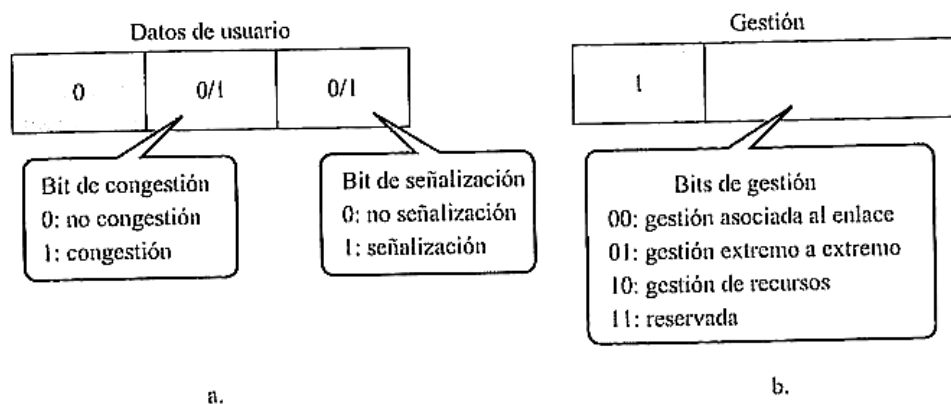


Ilustración 12: Valores que puede asumir el campo PT dentro de la celda ATM

- **Prioridad de pérdida de celda (CLP, Cell Loss Priority):** posee 1 bit en ambos tipos de celdas. Permite controlar el nivel de congestión del canal. Una celda que tenga CLP en 1 se debe retener hasta que no hay celdas con CLP en 0.
- **Corrección de errores de la cabecera (HEC, Header Error Correction):** este campo es un código de corrección de errores de un bit, así como clases mayores de errores en varios bits. Es importante recalcar que por concepción, en ATM los errores se corrigen únicamente en la cabecera de la celda, no así en la carga útil de la celda. El caso de los errores dentro de la carga útil de la celda, simplemente, debe ser administrado por las capas superiores del sistema, que utiliza los servicios de ATM.

5.1.7.6. ENCAMINAMIENTO DENTRO DE LAS REDES ATM.

ATM ofrece un servicio orientado a conexión, en el cual no hay un desorden en la llegada de las celdas al destino. Esto lo hace gracias a los caminos o rutas virtuales (VP) y los canales o circuitos virtuales (VC). Los caminos y canales virtuales tienen el mismo significado que los Virtual Channel Connection (VCC) en X.25, que indica el camino fijo que debe seguir la celda. En el caso de ATM, los caminos virtuales (VP), son los caminos que siguen las celdas entre dos enrutadores ATM pero este camino puede tener varios canales virtuales (VC).

En el momento de establecer la comunicación con una calidad de servicio deseada y un destino, se busca el camino virtual que van a seguir todas las celdas. Este camino no cambia durante toda la comunicación, así que si se cae un nodo la comunicación se pierde. Durante la conexión se reservan los recursos necesarios para garantizarle durante toda la sesión la calidad del servicio al usuario.

Cuando una celda llega a un encaminador, éste le cambia el encabezado según la tabla que posee y lo envía al siguiente con un VPI y/o un VCI nuevo.

La ruta inicial de encaminamiento se obtiene, en la mayoría de los casos, a partir de tablas estáticas que residen en los conmutadores. También podemos encontrar tablas dinámicas que se configuran dependiendo del estado de la red al comienzo de la conexión; éste es uno de los puntos donde se ha dejado libertad para los fabricantes. Gran parte del esfuerzo que están haciendo las compañías está dedicado a esta área, puesto que puede ser el punto fundamental que les permita permanecer en el mercado en un futuro.

5.1.7.7. CALIDAD DE SERVICIO.

La calidad de servicio (QoS, Quality of Service), define un conjunto de atributos relacionados con el rendimiento de la conexión. Para cada conexión, el usuario puede solicitar un atributo concreto. Cada clase de servicio está asociada con un conjunto de atributos relacionados con el usuario y relacionados con la red, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

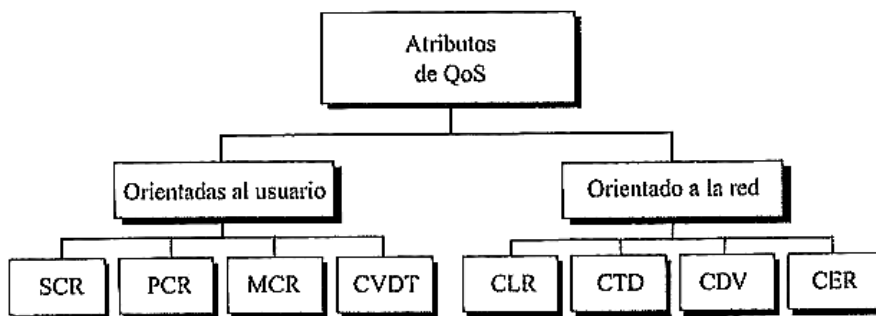


Ilustración 13: Atributos de QoS en la tecnología ATM

A continuación, se detallan los atributos del usuario y de la red. Por el lado del usuario, se tiene:

- **Tasa de celdas sostenida (SCR, Sustained Cell Rate):** es la tasa de celdas media en un intervalo de tiempo largo. Es lo que se espera que rinda la red.
- **Tasa de celdas Pico (PCR, Peak Cell Rate):** define la máxima tasa de celdas que puede enviar el emisor. Es el nivel máximo de rendimiento de la red.
- **Tasa de celdas mínima (MCR, Minimum Cell Rate):** define la tasa mínima de celdas que se considera aceptable para el servicio. Es lo mínimo que se espera que rinda la red.
- **Tolerancia en el Retardo a la variación de celdas (CVDT, Cell Variation Delay Tolerance):** es una medida de la variación de los instantes de transmisión celdas, relacionada a los retardos mínimo y máximo en la entrega de las celdas.

Por otro lado, los atributos de la red, se tiene:

- **Tasa de celdas perdidas (CLR, Cell Loss Ratio):** establece cual es la relación entre las celdas que se consideran perdidas (o entregadas demasiado tarde y que se consideran perdidas) frente a las celdas transmitidas.
- **Retardo en la transferencia de celdas (CTD, Cell Transfer Delay):** define el tiempo medio necesario para que una celda viaje del origen al destino. También se consideran como atributos al CTD máximo y CTD mínimo.

- **Variación en el retardo de celdas (CDV, Cell Delay Variation):** es la diferencia entre CTD máximo y CTD mínimo.
- **Tasa de celdas con error (CER, Cell Error Ratio):** define la fracción de celdas entregadas con errores.

En otro contexto, los mecanismos utilizados para implementar las clases de servicio y los atributos de QoS se denominan **descriptores de tráfico**, y definen la forma en que el sistema de comunicaciones asegura y dirige el tráfico. Estos se implementan utilizando los llamados algoritmos de velocidad de celdas generalizados (GCRA, Generalized Cell Rate Algorithm), cuya descripción es sumamente complicada.

5.2. IP VERSIÓN 6: LA PRÓXIMA GENERACIÓN DEL PROTOCOLO INTERNET.

Adicionalmente a los enlaces ATM, la implementación de Internet2 requiere la posibilidad de conectar un conjunto verdaderamente grande de equipos a esta red, así como la posibilidad de ofrecer una infraestructura realmente novedosa a nivel de los protocolos de comunicación que se utilizan, conocida universalmente como familia de protocolos IPv4; siendo reemplazada por el protocolo IPv6, que será analizado a continuación.

5.2.1. EL ORIGEN DE IPV6.

A pesar de que la explosión del interés público por Internet data de 1994, el núcleo tecnológico sobre el que se sustenta, vale decir la familia de protocolos TCP/IP, cuenta ya con la respetable edad de un cuarto de siglo.

Desde entonces, y particularmente desde principios de la década de los 90, este conjunto de protocolos ha soportado con éxito una carga de trabajo enormemente superior a la prevista por sus creadores, lo que demuestra que se trató de un diseño tan robusto como versátil.

Sin embargo, y por virtud de la paradoja, ha sido el propio éxito de la actual versión de los protocolos TCP/IP, denominada IP v4, el factor que ha develado sus limitaciones, al punto de que algunos pronósticos agoreros se solazan en la visión de un apocalíptico colapso de Internet.

En rigor, de persistir las actuales tasas de crecimiento y de no mediar las oportunas medidas correctivas, ese futuro se plantearía como una ominosa posibilidad dentro de unos 15 años, particularmente en lo que se refiere al agotamiento del actual sistema de asignación de direcciones IP.

Básicamente, el problema remite a la estructura de direccionamiento de IP v4, compuesta por un esquema de 4 bytes, o 32 bits, y al sistema de asignación de direcciones, que definió tres tipos de redes, que se resumen en la tabla que se presenta a continuación:

<i>Tipo de Redes</i>	<i>Byte de Identificación</i>	<i>Nº de Identificación</i>	<i>Nº de redes</i>	<i>Direcciones IP posibles por red</i>
Clase A	Primer byte	Entre 1.0.0.0 y 127.0.0.0	127	65024
Clase B	Dos primeros bytes	Entre 128.0.0.0 y 191.0.0.0	16320	65024
Clase C	Tres primeros bytes	Entre 192.0.0.0 y 223.225.255.0	Alrededor de dos millones	255

Tabla 1: Campo de direcciones IP V4.

Por más que se optimice por la vía administrativa el de suyo ineficiente sistema actual de asignación de direcciones IP, denominado Internet's global Domain Name System (DNS), se calcula que, a las actuales tasas de crecimiento, éste colapsaría entre los años 2.005 y 2.011; sin perjuicio de otros problemas no menos relevantes, relativos al enrutamiento y las tablas de rutas.

IPv4 tiene un espacio de direcciones de 32 bits, es decir, (4.294.967.296). o 2^{32} direcciones.

En cambio, IPv6 nos ofrece un espacio de (340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456). o 2^{128} direcciones.

Los creadores de IPv4, a principio de los años 70, no predijeron en ningún momento, el gran éxito que este protocolo iba a tener en muy poco tiempo, en una gran multitud de campos, no sólo científicos y de educación, sino también en innumerables facetas de la vida cotidiana.

Es bastante fácil recordar algunas “frases famosas” que ayudarán a entender hasta que punto, los propios “precursores” de la revolución tecnológica que se vive en la actualidad, no llegaron a prever:

- **“Pienso que el mercado mundial de ordenadores puede ser de cinco unidades”**, Thomas Watson, Presidente de IBM en 1.943.
- **“640Kb. de memoria han de ser suficientes para cualquier usuario”**, Bill Gates, Presidente de Microsoft, 1.981.
- **“32 bits proporcionan un espacio de direccionamiento suficiente para Internet”**, Dr. Vinton Cerf, padre de Internet, 1.977.

No se desea dar a entender que estaban equivocados. Simplemente, las Tecnologías de la Información han evolucionado de un modo mucho más explosivo de lo esperado.

De este modo, casi desde sus orígenes y debido a la multitud de nuevas aplicaciones en las que IPv4 ha sido utilizado, la necesidad de crear “ampliaciones” al protocolo básico se ha dado con mucha frecuencia. Entre los “parches” más conocidos, se pueden mencionar las tecnologías necesarias para permitir la implementación de la Calidad de Servicio (QoS), Seguridad (IPsec), y Movilidad, fundamentalmente.

Sin embargo, el inconveniente más importante de estas ampliaciones de IPv4, es que utilizar cualquiera de ellos es muy fácil – individualmente -, pero no tanto cuando se pretende emplear simultáneamente dos “ampliaciones”, y ni decir que se convierte en casi imposible o muy poco práctico el uso simultáneo de tres o más, llegando a ser un auténtico malabarismo de circo.

5.2.2. ¿PORQUÉ SE DEBE IMPLEMENTAR A IPV6?

Como decía en párrafos anteriores, la ventaja fundamental de IPv6 es la ampliación significativa del espacio de direcciones.

El reducido espacio de IPv4, a pesar de disponer de cuatro mil millones de direcciones (4.294.967.296), junto al hecho de una importante falta de coordinación, durante la década de los 80, en la delegación de direcciones, sin ningún tipo de optimización, dejando incluso grandes espacios discontinuos, esta llevando a situaciones no sospechados en aquel momento.

Por supuesto, hay una solución que se puede considerar como evidente, como sería la reenumeración, y reasignación de dicho espacio de direccionamiento. Sin embargo, no es tan sencillo, es incluso impensable en algunas redes, ya que requiere unos esfuerzos de coordinación, a escala mundial, absolutamente impensables.

Además, uno de los problemas de IPv4 permanecería: la gran dimensión de las tablas de encaminado (routing) en el troncal de Internet, que la hace ineficaz, y perjudica enormemente los tiempos de respuesta de los enrutadores.

La falta de direcciones no es apreciable por igual en todos los puntos de la red, de hecho, no es casi apreciable, por el momento, en Norte América. Sin embargo, en zonas geográficas como Asia (en Japón la situación esta llegando a ser crítica), y Europa, el problema se agrava.

Como ejemplos, se puede citar el caso de China que ha pedido direcciones para conectar 60.000 escuelas, pero tan sólo ha obtenido una clase B (65.535 direcciones), o el de muchos países Europeos, Asiáticos y Africanos, que solo tienen una clase C (255 direcciones) para todo el país.

Tanto en Japón como en Europa el problema es creciente, dado al importante desarrollo de las redes de telefonía celular, inalámbricas, módems de cable, xDSL, etc., que requieren direcciones IP fijas para aprovechar al máximo sus

posibilidades e incrementar el número de aplicaciones en las que pueden ser empleados.

Algunos Proveedores de Servicios Internet se ven incluso obligados a proporcionar a sus clientes direcciones IP privadas, mediante mecanismos de NAT (traslación de direcciones, es decir, usar una sola IP pública para toda una red privada). De hecho, casi todos los PSI's se ven obligados a delegar tan sólo reducidos números de direcciones IP públicas para sus grandes clientes corporativos.

Como ya he apuntado, la solución, temporalmente, es el uso de mecanismos NAT. Desafortunadamente, de seguir con IPv4, esta tendencia no sería “temporal”, sino “invariablemente permanente”. Ello implica la imposibilidad práctica de muchas aplicaciones, que quedan relegadas a su uso en Intranets, dado que muchos protocolos son incapaces de atravesar los dispositivos NAT, tales como:

- RTP y RTCP (“Real-time Transport Protocol” y “Real Time Control Protocol”) usan UDP con asignación dinámica de puertos (NAT no soporta esta traslación).
- La autenticación Kerberos necesita la dirección fuente, que es modificada por NAT en la cabecera IP.
- IPsec pierde integridad, debido a que NAT cambia la dirección en la cabecera IP.
- Multicast, aunque es posible, técnicamente, su configuración es tan complicada con NAT, que en la práctica no se emplea.

5.2.3. IPV4 HA MUERTO, VIVA IPV6.

“La verdadera cuestión no es si necesitamos y creemos en IPv6, sino ¿estamos interesados en una red que permita a cualquier dispositivo electrónico IP comunicarse transparentemente con otros, independientemente de su localización, en la red global?”

Esta opinión es lo que plantea una importante compañía de ingeniería y consultoría Canadiense, llamada “Viagénie”, que también es miembro del Foro IPv6, y copreside el directorado técnico de este proyecto:

El camino de IPv4 a IPv6 no es una cuestión de transición ni de migración, sino de evolución, de integración, pero se trata de una evolución disruptora, revolucionaria, y al mismo tiempo necesaria. IPv6 permitirá un crecimiento escalable y simple, principales debilidades de IPv4. Se deben preparar y mejorar las redes personales, comerciales, así como las de nueva implantación, con dispositivos, sistemas operativos y aplicaciones que estén realmente listos o en camino de cumplir las especificaciones de IPv6, sin por ello dejar de ser válidos en IPv4. Hay que asegurar el futuro, no hipotecarlo. Por la salud de la red global. Se debe ser y estar ¡IPv6 READY!

5.2.4. IP NG.

Anticipándose a ese desenlace, ya en 1992 el IETF (Grupo de Trabajo Especial de Ingeniería Internet), convocó a la comunidad de investigadores en trabajo de redes a formar grupos de trabajo para estudiar distintas alternativas de solución al problema.

En julio de 1994, el IAB resolvió formalmente que el IP v6 será el protocolo Internet de la próxima generación. Esta familia de protocolos incluye desarrollos de IPAE, SIP, Pip y SIPP (Simple IP Plus).

5.2.5. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE IPV6.

En principio, IP v6 conserva la mayor parte de las características y conceptos de operación de IP v4. Sin embargo, agrega nuevas capacidades y funcionalidades que permiten no sólo flexibilizar, sino que modelar nuevos conceptos de operación. Por lo pronto, resuelve definitivamente el tema del número de direcciones IP, lo que no es poco decir.

Entre las principales características, de IP v6, cabe destacar:

- **Expansión de direcciones:** El incremento del rango de direcciones desde 32 a 128 bits, significa disponer sobre $3,4 \times 10$ elevado a 38 números posibles, es decir, una cantidad virtualmente ilimitada de direcciones IP. Esto significa que se podrá dar cabida no sólo a todos los nodos y computadores que lo requieran, sino también a dispositivos que en un futuro puedan entrar a la red, como por ejemplo, los televisores.
- **Simplificación del encabezamiento:** IP v6 utiliza encabezamientos adicionales, de forma que provee opciones adicionales de operación, y proporciona un sistema más flexible para agregar capacidades y mecanismos adicionales a los datagramas, o paquetes de datos.
- **Mejoría de la calidad de servicios:** IP v6 provee capacidades para administrar flujos de datagramas relativos a servicios particulares, los

cuales pueden recibir un tratamiento diferenciado o preferencia*i*, lo que garantiza un mejor nivel de comunicación para estos servicios.

- **Mejoría de los mecanismos de seguridad:** IP v6 mejora la capacidad para la habilitación de servicios seguros, mediante la ampliación y optimización de los mecanismos de identificación de datagramas y confidencialidad.

Lo que conlleva a una serie de importantes ventajas, entre las que destacan:

- Un mayor espacio de direcciones.
- “Plug & Play” o autoconfiguración.
- Seguridad intrínseca en el núcleo del protocolo (IPsec).
- Calidad de Servicio (QoS) y Clase de Servicio (CoS).
- Multicast: Envío de UN mismo paquete a un grupo de receptores.
- Anycast: Envío de UN paquete a UN receptor dentro de UN grupo.
- Paquetes IP eficientes y extensibles, sin que haya fragmentación en los encaminadores (routers), alineados a 64 bits (preparados para su procesamiento óptimo con los nuevos procesadores de 64 bits), y con una cabecera de longitud fija, más simple, que agiliza su procesamiento por parte del encaminador (router).
- Posibilidad de paquetes con carga útil (datos) de más de 65.535 bytes.

- Encaminado (enrutado) más eficiente en el troncal (backbone) de la red, debido a una jerarquía de direccionamiento basada en la agregación.
- Renumeración y “multi-homing”, que facilita el cambio de proveedor de servicios.
- Características de movilidad.

Pero hay que insistir, de nuevo, en que estas son las características básicas, y que la propia estructura del protocolo permite que este crezca, o dicho de otro modo, sea escalado, según las nuevas necesidades y aplicaciones o servicios o lo que sea necesario. Precisamente, la escalabilidad es la característica más importante de IPv6 frente a IPv4.

La implementación de IP v6 implica una modificación en computadores, routers (sistemas encaminadores) e, incluso en las aplicaciones, en una transición que no será sencilla- no obstante lo cual el usuario no tendrá que cambiar su dirección de correo electrónico o el URL de un Servicio de Información Web, puesto que los cambios se producen a nivel de los dominios de sistema.

Un concepto importante en el desarrollo de Internet2 es el de Gigapop (Punto de presencia con capacidad de Gigabits), que es el punto de interconexión en donde los participantes de Internet2 podrán intercambiar servicios avanzados de tráfico. Cada universidad participante (recordemos que Internet2 es un proyecto para interconectar a las instituciones académicas) deberá instalar un circuito de alta velocidad hacia el Gigapop de su elección. Los Gigapops, a su vez, están enlazados entre ellos.

5.2.6. LOS CIMIENTOS DE IPV6.

Los criterios que se han seguido a lo largo del desarrollo de IPv6 han sido fundamentales para obtener un protocolo sencillo y al mismo tiempo extremadamente consistente y escalable.

Son de destacar, entre estos criterios, además de todo lo dicho hasta el momento (número de direcciones, seguridad, movilidad y autoconfiguración) la especial aptitud para ser soportado por plataformas existentes, y una evolución que permite su uso concurrente con IPv4: No es necesario realizar un cambio “instantáneo en una fecha X”, sino que el cambio es transparente.

Estos criterios se han alcanzado en gran medida por la ortogonalidad y simplificación de la cabecera de longitud fija, lo que redundará en la eficacia de su encaminado (enrutado), tanto en pequeños encaminadores como en los más grandes, con soportes de ancho de banda muy superiores a los 100 Gbytes con los dispositivos actuales.

Los equipos actuales, a pesar de sus tremendas capacidades de procesamiento de paquetes, no serían capaces de acometer la misma tarea, ni de ofrecer soluciones a todas las necesidades emergentes, con la estructura de la cabecera IPv4, sin contar la imposibilidad de gestionar las tablas de encaminado de los troncales, si siguen creciendo al ritmo actual.

5.2.7. ESPECIFICACIONES BÁSICAS DE IPV6 (RFC2460).

En primer lugar, se muestra la descripción de la cabecera de un paquete IPv4.

Bits	4	8	16	20	32
Versión		Cabecera		Longitud Total	
					Desplazamiento de Fragmentación
		Protocolo	Checksum		
		Dirección Fuente de 32 bits			
		Dirección Destino de 32 bits			
		Opciones			

Ilustración 14: Cabecera de un paquete IPv4

Como se puede apreciar, la longitud mínima de la cabecera IPv4 es de 20 bytes (cada fila de la tabla supone 4 bytes). A ello hay que añadir las opciones, que dependen de cada caso.

En la ilustración anterior se han usado abreviaturas, en aquellos casos en los que su significado es común. En el resto, se indica la traducción de la nomenclatura original anglosajona, cuya “leyenda de equivalencias” indicamos a continuación:

- Version – Versión (4 bits)
- Header – Cabecera (4 bits)
- TOS (Type Of Service) – Tipo de Servicio (1 byte)
- Total Length – Longitud Total (2 bytes)
- Identification – Identificación (2 bytes)
- Flag – Indicador (4 bits)
- Fragment Offset – Desplazamiento de Fragmentación (12 bits – 1.5 bytes)
- TTL (Time To Live) – Tiempo de Vida (1 byte)

- Protocol – Protocolo (1 byte)
- Checksum – Código de Verificación (2 bytes)
- 32 bit Source Address – Dirección Fuente de 32 bits (4 bytes)
- 32 bit Destination Address – Dirección Destino de 32 bits (4 bytes)

Adicionalmente, en la tabla anterior, se han marcado, mediante el color de fondo, los campos que van a desaparecer en IPv4, y los que son modificados, según el siguiente esquema: los campos modificados presentan el color amarillo, en tanto que los que presentan el color rojo serán eliminados. De este modo, se ha pasado de tener 12 campos, en IPv4, a tan solo 8 en IPv6.

El motivo fundamental por el que los campos son eliminados, es la innecesaria redundancia. En IPv4 estamos facilitando la misma información de varias formas. Un caso muy evidente es el checksum o verificación de la integridad de la cabecera: Otros mecanismos de encapsulado ya realizan esta función (IEEE 802 MAC, framing PPP, capa de adaptación ATM, etc.).

Por tanto, en el caso de un paquete IPv6, la cabecera tendría el siguiente formato:

Bits	4	8	16	20	32
Versión	Clase de Tráfico		Etiqueta de Flujo		
Longitud de la Carga Útil			Siguiente Cabecera		Límite de Saltos
Dirección Fuente De 128 bits					
Dirección Destino De 128 bits					

Ilustración 15: Cabecera de un paquete IPv6

5.2.8. DIRECCIONES Y DIRECCIONAMIENTO EN IPV6 (RFC2373).

Previamente se ha mencionado que IPv6 aporta, como principio fundamental, un espacio de 2^{128} direcciones, lo que equivale a 3,40E38 (340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456) direcciones IP disponibles, bajo este estándar.

Para tener una idea de lo que esta cifra “impronunciable” implica, significa que por cada metro cuadrado de la superficie terrestre se puede disponer de ¡nada más y nada menos que 665.570.793.348.866.943.898.599! direcciones IP. Es decir, en cada metro cuadrado de la superficie terrestre, se puede disponer de miles de millones de direcciones IP.

Esta inimaginable cantidad de direcciones y de permitía la interconexión de prácticamente todos los dispositivos que se pueden imaginar en la actualidad, no solo a nivel planetario, sino también a nivel interplanetarios. Sin embargo, los expertos en la materia no se atreven a asegurar que se disponga de la capacidad de direccionar dispositivos “intergalácticos”.

5.2.9. DEFINICIÓN DE DIRECCIÓN EN IPV6.

Las direcciones IPv6 son identificadores de 128 bits para interfaces y conjuntos de interfaces. Dichas direcciones se clasifican en tres tipos:

- **Unicast:** Identificador para una única interfaz. Un paquete enviado a una dirección unicast es entregado sólo a la interfaz identificada con dicha dirección. Es el equivalente a las direcciones IPv4 actuales.

- **Anycast:** Identificador para un conjunto de interfaces (típicamente pertenecen a diferentes nodos). Un paquete enviado a una dirección anycast es entregado en una (cualquiera) de las interfaces identificadas con dicha dirección (la más próxima, de acuerdo a las medidas de distancia del protocolo de encaminado). Nos permite crear, por ejemplo, ámbitos de redundancia, de forma que varias máquinas puedan ocuparse del mismo tráfico según una secuencia determinada (por el routing), si la primera “cae”.
- **Multicast:** Identificador para un conjunto de interfaces (por lo general pertenecientes a diferentes nodos). Un paquete enviado a una dirección multicast es entregado a todas las interfaces identificadas por dicha dirección. La misión de este tipo de paquetes es evidente: aplicaciones de retransmisión múltiple (broadcast).

5.2.10. DIFERENCIAS ENTRE EL DIRECCIONAMIENTO IPV6, ANTE IPV4.

Hay algunas diferencias importantes en el direccionamiento de IPv6 respecto de IPv4, entre las que destacan:

- No hay direcciones broadcast (su función es sustituida por direcciones multicast).
- Los campos de las direcciones reciben nombres específicos; denominamos “prefijo” a la parte de la dirección hasta el nombre indicado (incluyéndolo).

- Dicho prefijo permite conocer donde esta conectada una determinada dirección, es decir, su ruta de encaminado.
- Cualquier campo puede contener sólo ceros o sólo unos, salvo que explícitamente se indique lo contrario.
- Las direcciones IPv6, indistintamente de su tipo (unicast, anycast o multicast), son asignadas a interfaces, no nodos. Dado que cada interfaz pertenece a un único nodo, cualquiera de las direcciones unicast de las interfaces del nodo puede ser empleado para referirse a dicho nodo.
- Todas las interfaces han de tener, al menos, una dirección unicast link-local (enlace local).
- Una única interfaz puede tener también varias direcciones IPv6 de cualquier tipo (unicast, anycast o multicast) o ámbito.
- Una misma dirección o conjunto de direcciones unicast pueden ser asignados a múltiples interfaces físicas, siempre que la implementación trate dichas interfaces, desde el punto de vista de Internet, como una única entidad, lo que permite balanceo de carga entre múltiples dispositivos.
- Al igual que en IPv4, se asocia un prefijo de subred con un enlace, y se pueden asociar múltiples prefijos de subred a un mismo enlace.

5.2.11. RESERVAS DE ESPACIO DE DIRECCIONAMIENTO EN IPV6.

A diferencia de las asignaciones de espacio de direccionamiento que se hicieron en IPv4, en IPv6, se ha reservado, que no “asignado”, algo más del 15% del rango de direcciones total, tanto para permitir una fácil transición (caso del protocolo IPX), como para mecanismos requeridos por el propio protocolo.

De esta forma se permite la asignación directa de direcciones de agregación, direcciones locales, y direcciones multicast, con reservas para OSI NSAP e IPX. El 85% restantes queda reservado para uso futuro.

Se pueden distinguir las direcciones multicast de las unicast por el valor del octeto de mayor orden de la dirección (FF, o 11111111 en binario, indica multicast). En cambio, en el caso de las anycast, no hay ninguna diferencia, sintácticamente hablando, y por tanto, son tomadas del espacio de direcciones unicast.

5.2.12. DIRECCIONES ESPECIALES EN IPV6.

Se han definido también algunas direcciones para usos especiales como:

- **Dirección de auto-retorno o Loopback (::1):** No ha de ser asignada a una interfaz física; consiste en una interfaz “virtual”, pues se trata de paquetes que no salen de la máquina que los emite; permite hacer un bucle para verificar la correcta inicialización del protocolo (dentro de una determinada máquina).

- **Dirección no especificada (::):** Nunca debe ser asignada a ningún nodo, ya que se emplea para indicar la ausencia de dirección; por ejemplo, cuando se halla en el campo de dirección fuente, indica que se trata de un host que está iniciándose, antes de que haya aprendido su propia dirección.
- **Túneles dinámicos/automáticos de IPv6 sobre IPv4 (::<dirección IPv4>):** Se denominan direcciones IPv6 compatibles con IPv4, y permiten la retransmisión de tráfico IPv6 sobre infraestructuras IPv4 de forma transparente, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.

80 bits	16 bits	32 bits
0000 ... 0000	0000	dirección IPv4

Ilustración 16: Túneles dinámicos/automáticos de IPv6 sobre IPv4

- **Representación automática de direcciones IPv4 sobre IPv6 (::FFFF:<dirección IPv4>):** permite que los nodos que sólo soportan IPv4, puedan seguir trabajando en redes IPv6. Se denominan “direcciones IPv6 mapeadas desde IPv4” , tal como se aprecia en la siguiente ilustración.

80 bits	16 bits	32 bits
0000 ... 0000	FFFF	Dirección IPv4

Ilustración 17: Representación automática de direcciones IPv4 sobre IPv6

5.2.13. REPRESENTACIÓN DE LAS DIRECCIONES IPV6.

La representación de las direcciones IPv6 respeta a las siguientes reglas:

1. El formato general de una dirección IPv6 se puede notar como: x:x:x:x:x:x:x, donde “x” es un valor hexadecimal de 16 bits, de la porción

correspondiente a la dirección IPv6. No es preciso escribir los ceros a la izquierda de cada campo. Un par de ejemplos de direcciones IPv6 son:

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210
1080:0:0:0:8:800:200C:417A

2. Dado que, por el direccionamiento que se ha definido, podrán existir largas cadenas de bits “cero”, se permite la escritura de su abreviación, mediante el uso de “::”, que representa múltiples grupos consecutivos de 16 bits “cero”. Este símbolo sólo puede aparecer una vez en la dirección IPv6. Ejemplos: Las direcciones:

1080:0:0:0:8:800:200C:417A (una dirección unicast)
FF01:0:0:0:0:0:0:101 (una dirección multicast)
0:0:0:0:0:0:0:1 (la dirección loopback)
0:0:0:0:0:0:0:0 (una dirección no especificada)

Pueden representarse como:

1080::8:800:200C:417A (una dirección unicast)
FF01::101 (una dirección multicast)
::1 (la dirección loopback)
:: (una dirección no especificada)

3. Una forma alternativa y muy conveniente, cuando se opera en un entorno mixto IPv4 e IPv6, es x:x:x:x:x:d:d:d:d, donde “x” representa valores hexadecimales de 16 bits (6 porciones de mayor peso), y “d” representa valores decimales de las 4 porciones de 8 bits de menor peso (representación estándar IPv4). Ejemplos de este tipo de dirección serían:

0:0:0:0:0:0:13.1.68.3
0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38

Que pueden representarse como:

::13.1.68.3
::FFFF:129.144.52.38

4. La representación de los prefijos IPv6 se realiza del siguiente modo:

dirección-IPv6/longitud-del-prefijo

donde:

- dirección-IPv6: representa a una dirección IPv6 en cualquiera de las notaciones válidas.
- longitud-del-prefijo: se interpreta como un valor decimal que indica cuantos bits contiguos de la parte izquierda de la dirección componen el prefijo.

Por ejemplo, las representaciones válidas del prefijo de 60 bits 12AB00000000CD3, son:

12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
12AB::CD30:0:0:0:0/60
12AB:0:0:CD30::/60

Por tanto, para escribir una dirección completa, indicando la subred, se puede representar como:

12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

6. CONCLUSIONES.

- La enseñanza superior estuvo ampliamente presente en el nacimiento de Internet, ha contribuido de forma significativa a su infraestructura y a la base aplicativa son el núcleo del actual éxito de Internet.
- Sería irónico que la enseñanza superior fallara a la hora de participar proactivamente en la evolución de la nueva generación de aplicaciones de red que pueden adivinarse hoy en el horizonte de Internet y que prometen alterar radicalmente los métodos prevalentes en la enseñanza, la investigación y los servicios públicos.
- El Proyecto Internet2 es una clara señal de cómo la enseñanza superior intenta contribuir al avance de esas tecnologías de red y, especialmente, aquellas que serán el fundamento de la sociedad del conocimiento que nos espera a nosotros y nuestros descendientes.
- Las tecnologías como ATM e IPv6, son la columna vertebral sobre la que se sustenta el proyecto Internet2.
- El modo de transferencia Asíncrono ofrece un sistema práctico, flexible y económico de incrementar significativamente el ancho de banda de las redes de datos actuales y futuras.
- IPv6 ofrece una expansión bastante futurista del protocolo de dirección a miento de Internet IPv4, que a la luz del avance tecnológico actual, será difícil de agotar, dentro de las posibilidades de crecimiento de la tecnología actual.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **BLACK, Uyles.** Redes de Computadoras. Ra-Ma Editorial, España, 1989.
2. **DAVIS, Charles.** Desafíos para el desarrollo del comercio electrónico en la América Latina de habla hispana. Fecha de Actualización: Marzo de 1998. Disponible en: <http://ute.edu.ec/~mjativa/ce/tendencias.html>.
3. **FOROUZAN, Behrouz A.** Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. 2º edición. Editorial McGraw-Hill. España. 2002.
4. **GRUPO DE TRABAJO DE IPV6, LATINOAMÉRICA.** Tutorial de IPV6. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. Fecha de Actualización: 2000. Disponible en: <http://www.ipv6.unam.mx/documentos/Tutorial-IPv6.pdf>.
5. **REVISTA NOVÁTICA 127.** Internet 2 o la Próxima generación de internet (1). Fecha de Actualización: Mayo-junio de 1997. Disponible en: <http://www.ati.es>.
6. **REVISTA NOVÁTICA 128.** Internet 2 o la Próxima generación de internet (2). Fecha de Actualización: Julio-Agosto de 1997. Disponible en: <http://www.ati.es>.
7. **TANENBAUM, Andrew S.** Sistemas Operativos Distribuidos. Prentice-Hall, Hispanoamericana, México, 1996.