



REDES DE DATOS

Contexto y evolución

Tercera edición

José Ignacio Castillo Velázquez



Ind 4.0

SAMSARA

Redes de datos: Contexto y evolución

Tercera Edición

M. en C. José Ignacio Castillo Velázquez

Universidad Autónoma de la Ciudad de México – INTERNET

Revisores

Dr. Ricardo Marcelin Jiménez

Universidad Autónoma Metropolitana – Redes y telecomunicaciones

Dra. Rafaela Blanca Silva López

Universidad Autónoma Metropolitana – Gestión del conocimiento

SAMSARA

Redes de datos

Contexto y evolución

José Ignacio Castillo Velázquez

Primera edición septiembre de 2014. ISBN 978-970-94-2915-2

Segunda edición septiembre de 2016. ISBN 978-970-94-2968-8

Tercera edición abril de 2019. ISBN 978-970-94310-9-4

© Samsara Editorial 2019

© José Ignacio Castillo Velázquez 2014, 2016, 2019

Registro INDAUTOR: 04-2019-091526811324-024

Editor: Sergio A. Santiago Madariaga

maquinahamlet@gmail.com

Diseño de portada: Iziar Nancy Eudave Salazar

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción o transmisión parcial o total de esta obra, por cualquier medio o método sin autorización por escrito del editor.

ISBN 978-970-94310-9-4

Impreso en México

Datos de catalogación bibliográfica: José Ignacio Castillo Velázquez (2019). Redes de datos: Contexto y evolución. Ciudad de México: Samsara Editorial. 266 pp., 21x27 cms.

***“A todas mis familias en todos los universos paralelos
antes y después de la INTERNET”***

***Edición conmemorativa a 50 años de la ARPANET,
gestada durante la 3ª revolución industrial,
aceleró el tiempo y gestó a la 4ª revolución industrial.***

Contenido

PREFACIO.....	8
PARTE I: Las redes de telecomunicaciones en la 2ª y 3ª revolución industrial.....	18
CAPÍTULO I: Las redes de telegrafía y telefonía	20
I.1 La primera red de telecomunicaciones: La telegrafía eléctrica.....	22
I.2 La segunda red de telecomunicaciones: La telefonía	30
I.3 Autoevaluación para el capítulo I	40
CAPÍTULO II: Las computadoras	42
II.1 La generación cero: 1936-1949, mecánicas y electromecánicas	44
II.2 La generación 1: 1950-1958, Mainframes de bulbos	48
II.2.1 Las primeras mainframes en América Latina.....	51
II.3 La generación 2: 1958-1965, comercial con transistores discretos.	52
II.3.1 La segunda generación en México	54
II.4 La generación 3: 1965-1975, circuitos integrados SSI y MSI.....	55
II.4.1 La tercera generación en México	57
II.5 La generación 4: Desde 1975, computadoras con LSI, VLSI, UVLSI	58
II.5.1 Memorias semiconductoras: adiós núcleos magnéticos.....	58
II.5.2 Microprocesadores y microelectrónica	59
II.5.3 La transición de la microelectrónica a la nanoelectrónica	61
II.5.4 Nanoprocessadores y nanocomputadoras [64 bits]	62
II.5.5 Microcontroladores.....	63
II.5.6 Circuitos auxiliares para microprocesadores 1970-1999	63
II.5.7. La computadora como una máquina multinivel.....	64
II.5.8 Elementos básicos de una computadora.....	65
II.5.9 Secuencia de arranque de una microcomputadora.....	66
II.5.10 La cuarta generación en México	67
II.6 La 5ta generación y la IA	69
II.6.1 La 5ta generación.....	69
II.6.2 Supercomputadoras modernas.....	69
II.6.3 Computación cuántica comercial.....	70
II.6.4 Cyborgs y transhumanismo: Siglo XXI	73
II.6.5 Generaciones de Cyborgs.....	76
II.6.6 El futuro humano ya está en el laboratorio	78
II.6 Autoevaluación para el capítulo II	80

CAPÍTULO III: El nacimiento de las redes de datos.....	82
MAN-WAN.....	82
III. El nacimiento de las redes de datos.....	83
III.1 La primera generación de redes MAN-WAN: ARPANET V1	83
III.2 La segunda generación de redes MAN-WAN: ARPANET V2 y la NSFNET	92
III.3 La tercera generación: NSFNET e INTERNET comercial	97
III.3 La cuarta generación: IPV6 e Internet Interplanetario	106
III.3.1 Internet en México y su contexto económico.....	112
III.4 Autoevaluación para el capítulo III.....	117
PARTE II: Las redes de datos y la arquitectura cliente servidor.....	118
CAPÍTULO IV: La estandarización en redes de datos.....	120
IV. La estandarización en las redes de datos.....	121
IV.1 Ethernet.	121
IV.2 La estandarización para los sistemas abiertos: ISO/OSI.....	123
IV.2.1 El encapsulamiento y desencapsulamiento de datos.	126
IV.3. Las capas ISO/OSI y algunos de sus protocolos.....	127
IV.3.1 La capa física y sus protocolos.....	127
IV.3.1.1 Comunicación serial: RS232 y USB	128
IV.3.1.2 Cables de par trenzado para redes de computadoras	130
IV.3.2 La capa DLL y sus protocolos: CSMA en Ethernet	131
IV.3.2.1 La dirección MAC de un host.....	137
IV.3.3 La capa de red y los protocolos ARP e ICMP	140
IV.3.3.1 Direcciones físicas y lógicas en un host.....	146
IV.3.3.2 Comunicación en una red punto a punto vía Ethernet	148
IV.3.4 La capa de transporte y los protocolos TCP y UDP	155
IV.3.5 La capa de sesión y sus protocolos.....	156
IV.3.6 La capa de presentación y sus protocolos	158
IV.3.7 La capa de aplicación y sus protocolos	162
IV.3.7.1 aplicación para medir la velocidad de transferencia de datos.....	162
IV.4. Autoevaluación para el capítulo IV	163
CAPÍTULO V: La arquitectura “cliente–servidor”	164
V. La arquitectura “cliente servidor”	165
V.1. Software y sistemas operativos	165
V.1.1 Sistema operativo UNIX.....	166
V.2. Arquitectura cliente servidor en los sistemas de información	168
V.2.1 Intranet vs internet.....	171

V.3. Conexión a servidores	172
V.3.1. Resolución de nombres de dominios.....	179
V.3.2 Conexión a servidores web	181
V.3.3. Conexión a servidores ftp	182
V.4. Instalación de un servidor web	187
V.4.1 Instalación del servidor MS-IIS	187
V.4.2 La administración en un servidor IIS	190
V.4.3 Instalación del servidor Apache.....	193
V.4.4 La administración en un servidor Apache.....	196
V.4.5 Configuración en un servidor Apache.....	201
V.5 Implementación y administración de servidores	203
V.6 Vulnerabilidades de la arquitectura cliente servidor.....	204
V.7 Autoevaluación para el capítulo V.....	205
PARTE III: La cuarta revolución industrial.....	206
CAPÍTULO VI: Las TIC en el siglo XXI.....	208
VI. Aplicaciones de las TIC en el siglo XXI.....	209
VI.1 La computación en la nube	210
VI.1.1 La iniciativa IEEE Cloud Computing.....	215
VI.2 El internet de las cosas.....	216
VI.2.1 La iniciativa IEEE Internet of things.....	216
VI.3 Centros de datos	217
VI.3.1 Centros de datos tipo colocation	217
VI.3.2 Certificaciones para los centros de datos	219
VI.3.3 Centros de datos para aplicaciones especiales.....	220
VI.3.3 Redes programables.....	221
VI.4 Redes inteligentes de energía eléctrica.....	222
VI.4 La iniciativa IEEE Smart Grid	225
VI.5 Ciudades inteligentes	226
VI.5 La iniciativa IEEE Smart Cities.....	231
VI. 6 Seguridad cibernética	232
VI.6.1 Antecedentes.....	232
VI.6.2 Propiedades de la información	233
VI.6.3 Administración de la seguridad informática	234
VI.6.4 Seguridad y espacio cibernéticos	235
VI.6.5 Ataques al espacio cibernético.....	238
VI.6.6 Ataques cibernéticos a las infraestructuras críticas	240

VI.6.7 La criptografía: una historia sin fin.....	243
VI.6.8 La seguridad física y la seguridad cibernética en el siglo XXI	244
VI.6.9 La iniciativa <i>IEEE Cyber Security</i>	245
VI.6.9 Ataques vías ingeniería social y el uso de cortinas de humo.....	246
VI.7 Autoevaluación para el capítulo VI.....	249
APÉNDICE A: Corrección a conceptos erróneos (misconceptions)	251
APÉNDICE B: El mercado laboral y ciclo de vida profesional.....	252
REFERENCIAS.....	262

PREFACIO

En todo campo del conocimiento, un paradigma se presenta como un continuo dentro de ciclos; cuando un paradigma deja de explicar fenómenos que siempre existieron, pero sobre los cuales la humanidad en su proceso evolutivo apenas se estaba cuestionando entonces, ese paradigma entra en crisis. Para el paradigma mecanicista la crisis llegó aproximadamente a 200 años de su nacimiento, pero también trajo su solución, el paradigma sistémico [física-relatividad (1905), ciencias de la vida-ADN (1928), etc.], de modo que el paradigma anterior sigue funcionando, pero como un caso particular del nuevo. El origen de toda tecnología tiene su propio contexto, proceso y su propio tiempo, sus altas y sus bajas, y abordar a la tecnología es abordar la propia historia, el presente y el futuro de la humanidad.

En el caso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) aun cuando son parte de lo cotidiano, su contexto, origen y evolución no son ni claros, ni bien difundidos para la mayoría de las personas. Sus orígenes datan de las propias telecomunicaciones y las computadoras.

En el caso de la primera tecnología de telecomunicaciones, por ejemplo, la idea surgió alrededor de 1780, pero los primeros desarrollos experimentales aparecieron alrededor de 1816 y la comercialización de la telegrafía se dio en 1838 en el Reino Unido, todo esto dentro del mismo periodo que conocemos como la primera revolución industrial (1750-1850), la cual para 1880 ya era una tecnología madura. Desde el inicio de la primera revolución industrial, iniciada en el Reino Unido, cuando la población mundial estimada era de 800 millones, mientras que el modelo nación-estado se fundamentaba en acumular capital con base en la renta de la tierra, la agricultura, ganadería y minería. Pero, los beneficios de esta revolución tardaron en extenderse entre comunidades o dentro de un país, y de allí a otros continentes, tomo décadas para expandirse al resto de Europa y los EUA (Estados Unidos de América), y otras décadas para Asia, América Latina y África.

Durante la segunda revolución industrial (1850-1950) también liderada por el Reino Unido, la población mundial iniciaba con alrededor de 1,200 millones, mientras que a la renta de la tierra se agregó la renta tecnológica que trajo la industria ferrocarrilera, petrolera y de telecomunicaciones con la madurez de la telegrafía y el nacimiento de la telefonía; la industria eléctrica, la electrónica, la radio, la tv y la industria automotriz; tal incremento en la riqueza permitió que la adopción tecnológica tomara periodos más cortos entre regiones geográficas distantes. Para el siglo XX el mundo ya dejaba ver sus características globales, sus conexiones e

interdependencias, lo cual quedó muy claro con la primera guerra mundial y con la crisis de la década de los 20, esta trajo la segunda guerra mundial como una prolongación de tal crisis. El modelo nación-estado más avanzado, mostró un determinado equilibrio entre acumular capital con base en la renta de la tierra y en la renta tecnológica, de modo que antes de la segunda guerra mundial ya se medía el PIB (Producto Interno Bruto), la magnitud económica de los bienes y servicios que produce un país, aun cuando el uso de una métrica nunca es suficiente.

Durante la tercera revolución industrial (1950-2000) la población mundial iniciaba con 2,500 millones, mientras que la industria de la electrónica de semiconductores, lo modificó todo, además de presentarse la madurez de tecnologías anteriormente mencionadas, se agregó la industria de computadoras, de redes de computadoras, redes satelitales y redes de telefonía celular.

Es en este periodo en el que la renta tecnológica superó por mucho a la renta de la tierra, lo que también aceleró la transición del modelo “estado-nación más avanzado” hacia un modelo “estado transnacional”, el cual acumula capital principalmente de la renta tecnológica de manera global, sin importar la ubicación geográfica. Las TIC han permitido una tremenda reducción de tiempo de adopción tecnológica desde que un determinado producto tecnológico se genera como idea, se produce y distribuye dentro del actual entorno globalizado.

En este siglo XXI, el cual inició con aproximadamente 6,000 millones de habitantes en el planeta, viene gestando una cuarta revolución industrial desde aproximadamente el año 2000, al combinar todas las áreas del conocimiento humano fusionándolas con las TIC de una manera totalmente multidisciplinar, relacionando datos para generar información, relacionando información para generar conocimiento y relacionando conocimiento para generar hipotéticamente sabiduría. En lo que llevamos del siglo XXI la renta tecnológica y el modelo de estado transnacional parece se han visto superados por la renta financiera, una burbuja de derivados que supera a la economía real y en la que el PIB ya no es suficiente para medir la riqueza de un país, además de que el estado transnacional ha ido cambiando a un tipo de estados controlado por empresas globales.

Respecto de las tecnologías que se agregan a esta revolución industrial llevamos ya algunos años bajo una fuerte tendencia a conectarlo todo a Internet, lo que conocemos como IoT (*Internet of Things* - Internet de las cosas); incluyendo a las redes de energía eléctrica inteligentes (*Smart Grids*) y ciudades enteras, las ciudades inteligentes (*Smart Cities*). Toda la información generada constituye el gran cúmulo de datos (*Big Data*), la cual requerirá ser analizada (*Data Analytics*) para que la gente pueda tomar decisiones y esta sea útil en realidad; toda la información pasa o se almacena en la computación en la nube (*Cloud Computing*), la cual vive en realidad en los Centros de Datos (*Data Centers*); sin embargo, el gran riesgo en el espacio cibernético (Cyber Space) es la

seguridad cibernética (Cyber Security).

La citada fusión de todas las áreas del conocimiento potencializadas por las telecomunicaciones y principalmente por internet, la podemos resumir en aquello que celebramos cada 17 de mayo: “el día internacional de las telecomunicaciones, el día de internet y el día de la sociedad de la información y el conocimiento”.

Imaginemos por un momento que quisiéramos narrar la fascinante historia de las telecomunicaciones en sus 200 años, ¿cómo podríamos entender mejor esta vorágine en las TIC en la actualidad?, sin duda la contextualización en la que se origina y desarrolla una tecnología es útil en el aprendizaje relacionado con las TIC. Con la finalidad de contextualizar los avances tecnológicos en telecomunicaciones de finales del siglo XIX, todo el siglo XX e inicios del siglo XXI, la figura I.1 muestra el comportamiento aproximado de la difusión mundial de las principales tecnologías relacionadas con la electricidad y la electrónica desde aproximadamente 1890 hasta el año 2010 [1].

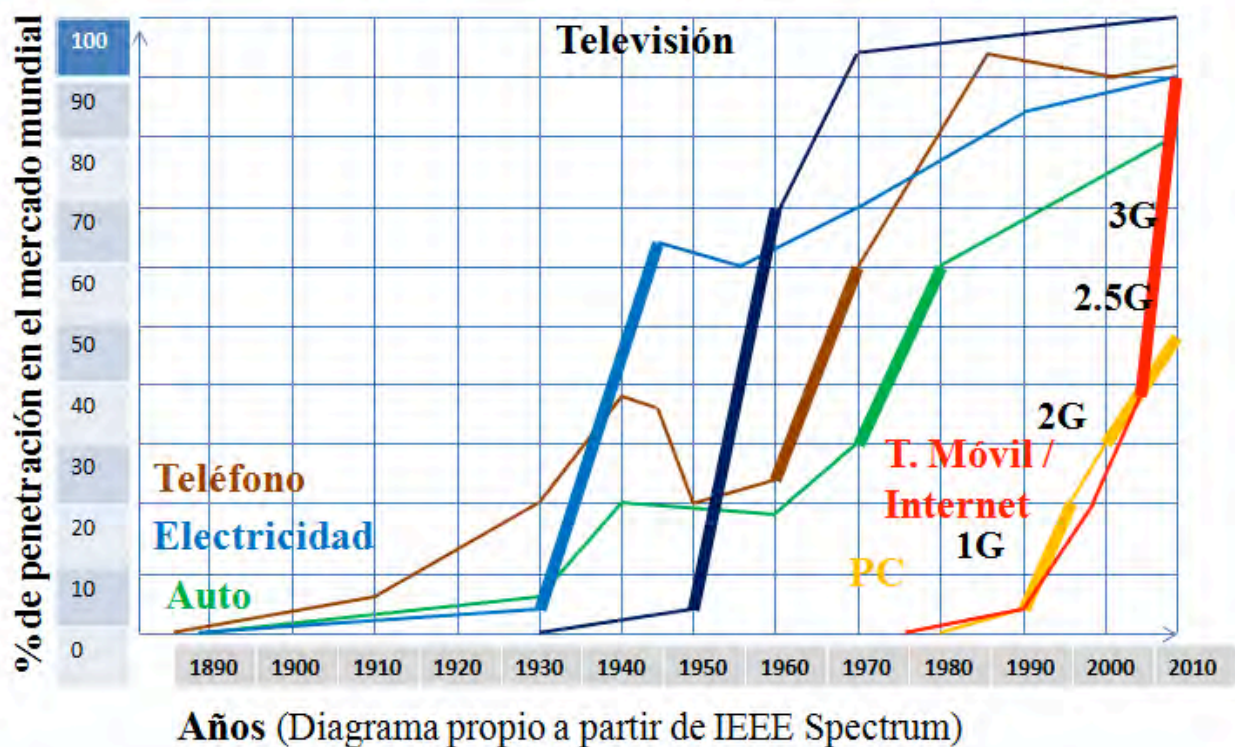


Fig. I.1. Difusión de las diferentes tecnologías en un periodo aproximado de 120 años.

En la gráfica observamos que durante la segunda guerra mundial se desaceleró la penetración de autos, la electricidad y el teléfono. La penetración de televisión fue mayor a la de la red eléctrica por los medios de energía portátiles y autogeneración eléctrica en lugares

apartados de los centros de distribución. Incluso la televisión llegó a tener la mayor velocidad de penetración en la historia hasta antes de que se acelerara la penetración de la telefonía celular en 2010. El gráfico para la radio es casi el mismo que para la televisión, pero corrido aproximadamente 10 años antes, lo omito para no sobrecargar la gráfica, así como las tecnología celulares ya implementadas 4G y 5G. He plasmado pues, el contexto en el que se desarrolla la gestación de las TIC.

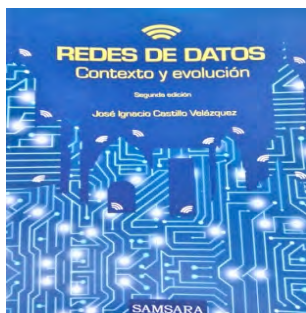
Audiencia y enfoque del autor

Esta obra está dirigida a quienes desean introducirse en los principios de las comunicaciones de datos que dan forma a las actuales redes de computadoras. Para que el lector tenga una idea mucho más amplia respecto de nuestra realidad en tecnología incluyo secciones que hacen referencia al estado que cada tecnología guardaba o guarda en México y, en algunos casos, en países de Latinoamérica. Adicionalmente la experiencia en la academia, industria y gobierno, así como en comités técnicos de organizaciones de estandarización, sin fines de lucro, como IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) e ISO (*International Organization for Standardization*) permite al autor abordar el texto con un enfoque amplio que combina teoría y práctica.

Dado que el texto se escribe en español, indico los nombres de tecnologías, estándares y acrónimos asociados, pero como la ciencia y tecnología en telecomunicaciones viene liderada desde el siglo XIX por el idioma inglés, manejo evidentemente la terminología y acrónimos en inglés por ser el idioma estándar en el que se genera la literatura para la tecnología en esta época. Como es claro en la historia de la humanidad toda lengua viva se nutre de otros idiomas e incluso la RAE (Real Academia de la Lengua Española) ha tenido que ir adoptando los anglicismos correspondientes en una época en la que la ciencia y tecnología producen en su último año, más información y terminología nueva que en más de 10,000 años de civilización. Además, en cualesquiera de los campos del ámbito profesional de las TICS, todo profesionalista, se verá involucrados directa o indirectamente con colegas de distintos países del mundo y la lengua franca para comunicarse con ellos es la lengua inglesa. Otra característica del texto que añado, ya como típica, es el énfasis en los periodos de 10 años que se muestran como patrones del comportamiento humano y sus actividades, y de la propia tecnología, mismos que sirven para hacer didáctica la obra. En otras partes del texto hago algunas reflexiones y preguntas, el pensamiento crítico debe siempre presentarse para cuestionar las historias oficiales provengan del país o compañía o asociación que provengan, cuando estas no son claras o pierden cierto hilo de lógica, de modo que haya que analizarlas a detalle.

Esta obra puede ser de utilidad para un público amplio, sin embargo, para estudiantes de nivel universitario puede cubrirse en un curso introductorio de redes de datos, previo a tomar “switching and routing” (conmutación y enrutamiento); también puede servir de consulta para técnicos y profesionales.

ORGANIZACIÓN DEL LIBRO – TERCERA EDICIÓN



La primera edición de 2014 contó con 5 capítulos en 138 páginas [2]. La segunda edición de 2016 contó con 7 capítulos en 196 páginas [3].

La tercera edición de 2018 cuenta con 6 capítulos en 270 páginas; con base en observaciones y sugerencias de los lectores estudiantes, profesores y profesionales, se mejoraron los gráficos y se agregaron otros para hacer más didácticos y explícitos los temas. También se realizaron correcciones a errores encontrados, se reubicó y actualizó el contenido y se actualizaron las referencias, la mayoría de ellas se dirigen hacia fuentes originales y se actualizaron las autoevaluaciones en cada capítulo. IEEE *Computer Society* permitió el uso de logos de proyectos de IEEE para hacer más atractivo el último capítulo. El libro se divide en tres partes, como se indica a continuación:

La primera parte “Las redes de telecomunicaciones en la 2ª y 3ª revolución industrial” integra a los capítulos I, II y III, mismos que permiten contextualizar a las redes de datos, establecer un marco de referencia común, un vocabulario para el resto de los capítulos, así como homogenizar conocimientos básicos para los lectores, fundamentalmente estudiantes de ciencia y tecnología.

En el capítulo I “Las redes de telegrafía y telefonía”, se hace una breve revisión acerca de las redes de telecomunicaciones previas a las redes de datos, introducidos en la medida de lo posible de manera cronológica; para lo cual se abordan brevemente las redes de telegrafía y telefonía antes de las redes de computadoras, se aborda el entorno global y el caso de México en términos históricos y se revisan datos recientes.

En el capítulo II “Las computadoras antes de las redes de datos”, se abordan las computadoras antes de las redes de computadoras; permite contextualizar a las actuales redes de datos al revisar a las computadoras desde antes de 1950, cuando nacieron las computadoras comerciales, pasando por aquellas que se empleaban cuando nacieron la redes y cuando se liberó internet comercial en 1995, el cual marcó la explosión de las redes de computadoras, finalmente se hace una breve revisión hasta

la actualidad. Se incluye también una vista de lo que ocurrió en México y algunos países latinoamericanos en términos del desarrollo de la computación. En este capítulo presento una clasificación propia de generación de computadoras con base en los criterios que indico desde la edición de 2014. También en esta tercera edición de 2018 propongo por primera ocasión una clasificación de *cyborgs* por generaciones con base en los criterios que indico en el apartado correspondiente.

En el capítulo III “El nacimiento de las redes de datos”, se hace una revisión global a las redes de datos, abarcando desde su nacimiento en la década de los años 1960, su evolución cronológica, hasta el nacimiento de internet comercial, en 1995, enmarcada dentro de una clasificación de las redes de datos propuesta por el autor. En este capítulo doy la clasificación de generaciones de redes de datos con base en los criterios que indico en el texto desde la primera edición en 2014, lo cual es una de mis mayores aportaciones originales y que permite a las generaciones presentes y futuras entender mejor la evolución de las redes de datos.

La segunda parte “La estandarización de las redes de datos”, se conforma por los capítulos IV y V. El capítulo IV “La estandarización en redes de datos” aborda el proceso evolutivo que permitió la interoperabilidad entre equipos de redes de distintos fabricantes, para lo cual se revisan Ethernet, el modelo ISO/OSI (*International Organization for Standardization / Open Systems Interconnection*) mapeando a IEEE 802.3 y TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*); este capítulo incluye 4 prácticas de laboratorio apoyadas en el uso de un simulador con la finalidad de clarificar de la mejor manera posible los conceptos presentados.

El capítulo V, “La arquitectura “cliente-servidor”, busca aplicar los conocimientos de la segunda parte, es decir, algunos de los protocolos asociados a TCP/IP sobre el cual se fundamenta la operación de internet. En este se incluyen 4 prácticas de laboratorio, apoyadas en la instalación y el manejo básico de servidores, empleando las interfaces básicas CLI (*Command Line Interface*) y GUI (*Graphic User Interface*).

La tercera parte “Las TICS en la 4ª revolución industrial”, la conforma el capítulo VI en el cual se hace una breve revisión general de las tecnologías que están en pleno auge desarrollándose y gestando los que en algunos años todos conocerán como la cuarta revolución industrial. Se abordan brevemente las citadas *cloud computing*, *data centers*, *smartcities*, *smartgrid*, *internet de las cosas* y *cibersecurity*. Sin duda el mayor reto para cualquier texto en la actualidad relacionado con tecnología es que cuente con información actualizada dada la vorágine de los cambios y este texto es un fuerte intento por equilibrar las bases con lo moderno. Este capítulo sigue la estructura

del ecosistema tecnológico de la humanidad del siglo XXI, el cual propuse desde 2010, y que publiqué hasta la primera edición en 2014. Tal ecosistema tecnologico define del presente y futuro de las TICS. Finalmente existen dos apéndices, los cuales permiten enriquecer y complementar el contexto socio económico y fenomenológico que permita comprender la manera cómo se desarrollan las TICS en la sociedad, así como algunos de sus impactos.

Notas en referencias y errores

A pesar de los esfuerzos de los revisores y editor, podrían encontrarse errores y es deseable corregirlos. Por tanto, si el lector cree que ha encontrado un error, ya sea de referencia, de hechos o tipográfico, por favor contáctenos en ignacio.castillo@uacm.edu.mx. Si se acepta su contribución, esta será mencionada en las futuras ediciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) por su gran apoyo para esta tercera edición, a *IEEE Computer Society* en EUA por permitirme usar los logos de las iniciativas en las que participa tal institución. Y por la lectura del texto, sus comentarios y observaciones al personal militar de la UDEFA-SEDENA (Universidad Del Ejército y Fuerza Aérea de México), colegas miembros de ICREA (*International Computer Room Experts Association*) a mis estudiantes en la UACM y estudiantes de universidades de Latinoamérica a quienes se destina esta obra. Y en especial a mi familia por su gran e invaluable apoyo. Finalmente agradezco a mis revisores los doctores Marcelin y Silva por sus observaciones.

EL AUTOR

Hasta 2019 José Ignacio Castillo Velázquez cuenta con 22 años de experiencia en las TIC, tanto en empresas (Datacenter Dynamics, RedUno-Telmex, CEDAT-IFE y DICINET), como en universidades públicas y privadas (UACM, UAM, UDEFA, BUAP, UPAEP, UTM). Ha participado en más de 80 proyectos nacionales e internacionales como líder o miembro en las áreas técnicas y de gestión. Castillo es Licenciado en Electrónica y Maestro en Ciencias en Electrónica por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Como académico cuenta con más de 33 publicaciones en revistas y congresos internacionales arbitrados; dos libros técnicos (uno de ellos en tercera edición) y uno no técnico, así como 16 reportes técnicos en telecomunicaciones clasificados. Ha impartido más de 123 cursos de licenciatura y posgrado; más de 140 conferencias magistrales y 13 tutoriales en congresos nacionales e internacionales. Ha dirigido 14 tesis de licenciatura de alto rendimiento. También es árbitro en revistas internacionales de IEEE (IEEE Access Springer Health and Technology y IEEE Latin America Transactions) y congresos internacionales (IEEE Int. Inf. & Telecommunication Tech., LATINCOM, LASCCDCN, ANDESCON, COLCOM, INTERCON, ETCM, CONCAPAN, ROPEC & ICEDEG). Ha sido Editor y Editor en Jefe de la revista NoticIEEEro.

Desde 2008 es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, adscrito a la Ingeniería en Sistemas Electrónicos y Telecomunicaciones donde dirige el laboratorio ADVNETLAB (Advanced Networking Laboratory).

Como consultor en centros de datos, es consultor para Datacenter Dynamics y miembro ICREA (International Computer Room Experts Association).

Como miembro de comités técnicos internacionales ha participado y participa en comités técnicos de redes IEEE LAN/MAN y *cloud computing*. Y para ISO /IEC es miembro para el Mexico National Body para los estándares 27000 & 38500.

Como miembro de comités de gestión internacionales, ha participado en **IEEE Computer Society** como miembro del consejo de administración, presidente del comité de auditoría y miembro del comité del programa de visitantes distinguidos.

En **IEEE Communications Society** Latin America como Secretario para Latinoamérica y Presidente de membresía. En **IEEE MGA Latinoamérica** fue Secretario, Presidente de comunidades virtuales y miembro del comité de planeación estratégica.

Tres de los premios y reconocimientos internacionales más destacados dentro de una sociedad profesional se los ha otorgado **IEEE Computer Society** como conferencista distinguido del programa “Distinguished Visitor Program”; el reconocimiento *IEEE Computer Society Golden Core Member* y el de *Senior Member*.

Página web www.uacm.edu.mx/profesores/Ignacio_Castillo

PARTE I: LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES EN LA 2ª Y 3ª REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Para el mundo de hoy, salvo algunas excepciones, las redes de computadoras quedan inscritas en la INTERNET comercial y las redes avanzadas, es por ello fundamental dar un vistazo a sus redes predecesoras, ya que una vez que maduraron las computadoras comerciales, estas redes nacieron sobre las redes telefónicas, planteando un cambio de paradigma desde la conmutación de circuitos hacia la conmutación de paquetes.

CAPÍTULO I: LAS REDES DE TELEGRAFÍA Y TELEFONÍA

CONTEXTO

En el año 1000 la riqueza de China era el doble de la de Europa, cuyo crecimiento económico entre el año 1000 y 1500 fue marginal, excepto en Inglaterra y Holanda. Entre los años 1500 y 1800 el crecimiento económico mundial fue de sólo el 10% del PIB (Producto Interno Bruto) per cápita en 300 años, 3.3% en 100 años o 1.7% en 50 años, es decir, prácticamente en estancamiento. Una vez iniciada la primera revolución industrial británica, con el desarrollo de la industria textil empujada por patentes desde 1730, y con la industria del carbón, Reino Unido experimentó un crecimiento económico y estructural tal que redujo su renta agrícola para incrementar la industrial, su PIB per capita creció casi 150% desde el año 1000 al 1800.

Desde 1820 la economía mundial creció espectacularmente, ya que la revolución industrial permeó en algunos países europeos y en EUA, impulsada por la industria de ferrocarriles y barcos de vapor, es decir, a estos, la revolución industrial les llegó gradualmente casi 70 años después que al Reino Unido. Entonces Europa había alcanzado en riqueza *per capita* a China. China e India producían casi el 50% de la riqueza mundial (prácticamente desde el año cero) y Europa menos del 20%, lideradas en orden de importancia por Reino Unido, Francia, Alemania e Italia; en aportación seguía Japón y atrás venía EUA. La diferencia entre los países más ricos y los más pobres fue de casi 5 veces.

En 1850 la industria de ferrocarril creció tanto que EUA ya estaba mejor comunicada que Europa; la aportación de la agricultura en términos económicos y de impacto laboral en los principales países europeos había caído 50%, mostrando una clara transición de la renta agrícola a la renta industrial, mientras que Italia, España y Portugal seguían en franca decadencia. Europa y EUA juntos en subida, aportaban el 40% del PIB al igual que India y China juntos quienes iban de bajada. Mientras que en Latinoamérica las 5 primeras economías eran en orden de aportación Brasil, Argentina, Chile, México y Colombia.

Para 1880, casi el centenario de EUA, este había superado a Japón, Italia, Alemania y Francia, quedando ligeramente detrás de Reino Unido, India y China, pasando de la posición 8 a la 4 en el PIB en casi 50 años, mientras en ese mismo tiempo la combinación China e India cayeron del 50% a menos del 30%. Este capítulo permite al lector contextualizar a las redes de datos, haciendo una breve revisión a las telecomunicaciones telegráficas comerciales desde su inauguración hasta su inhabilitación en Reino Unido (1838-1982) y la telefonía comercial fija desde su inauguración en EUA hasta su apogeo mundial e inicio de la caída global (1877- 2000) [4, 5].

1.1 La primera red de telecomunicaciones: La telegrafía eléctrica

Las aplicaciones de la electricidad y magnetismo dieron como consecuencia la telegrafía como la primera tecnología de telecomunicaciones, la cual fue uno de los grandes motores que desarrollaron la primera revolución industrial (1750-1850), la cual tuvo un tremendo impacto en toda actividad humana, acelerando transformaciones al compartirse información.

1794: El telégrafo óptico

 En Francia en 1791, en plena revolución francesa (1789-1799), Claude Chappe y hermanos demostraron el telégrafo óptico práctico, el cual adoptó el gobierno francés en 1794.

1800 – 1839: Telegrafía eléctrica experimental y comercial: Reino Unido lideró

Las telecomunicaciones se conciben como la comunicación a distancia mediante la propagación de ondas electromagnéticas, ya sea cableada o inalámbrica [6].

Los primeros telégrafos eléctricos experimentales se diseñaron y construyeron en Inglaterra en 1816; en Rusia en 1832 y también en EUA [7, 8].

 El primer servicio regular se dio en Alemania en 1833 por parte de Gauss y Weber, este comunicaba 2 sitios separados por 1Km. En EUA Samuel Morse probó su primera conexión en 1838 a una distancia de 3Km [9].

 El **primer telégrafo comercial** fue desarrollado por Cooke y Wheatstone en Inglaterra y patentado en 1837; pero fue en 1838 cuando se ofreció el primer servicio comercial entre 2 estaciones de tren en Londres distanciadas por 21 Km, conformando la **primera red de telecomunicaciones comercial en el mundo**. Ese mismo año en EUA Samuel Morse probó su primera conexión a una distancia de 3Km [9].

1840-1849: Telegrafía en EUA y Francia

  Por su parte, en EUA la primera comunicación desde una estación ferroviaria hacia el capitolio en Washington en 1844 cubrió 64 Km; ese mismo año Francia tuvo su primera comunicación telegráfica [8].

 La primera compañía de telegrafía pública en Inglaterra, *Electric Telegraph Company*, se creó en 1845 para comunicar oficinas postales, iniciando una época de envío masivo de telegramas [8].

1850-1856: Los británicos van por Europa y EUA por México

 En 1850 se tendió el cable submarino entre Londres y París; para que en 1851 se diera la primera comunicación telegráfica entre Inglaterra y Francia.

 En 1851 se fundó la *Western Union Telegraph Company*, primera compañía comercial en los EUA, ese año, su red telegráfica era de 32,000 Km., la cual interconectaba todo EUA; incluso Tomas A. Edison (1847-1931), se hizo telegrafista en Boston en 1868 y trabajó para esta compañía, haciendo después contribuciones a las redes telegráficas, eléctricas y telefónicas [8].

 En 1851, en México se inauguró la primera red de telégrafo de 180 Km entre la Ciudad de México y Nopalucan de la Granja en el Estado de Puebla, lugar donde se encuentra el Museo Nacional de Telecomunicaciones y para 1852 se terminó la red Ciudad de México-Puebla-Orizaba-Córdoba-Veracruz, una red casi 500 Km. El proyecto de concesión para introducir el telégrafo en México desde EUA lo obtuvo en 1849 Juan de la Granja, español radicado en México, cónsul general de México en EUA y propietario minero. Para México fue necesario adquirir esta tecnología tanto para apoyar a la industria minera como para prepararse para posibles futuras invasiones extranjeras, ya que en 1846 inició la guerra entre México (6 millones de habitantes) y EUA (13 millones de habitantes), y México perdió más de la mitad de su territorio en 1847, la ocupación del país duró hasta 1848. La guerra dejó varios aprendizajes para México (1821-) un país agrícola, estancado, inexperto, que había perdido Texas en 1836, estaba en bancarrota, con profunda división interna civil y militar e ingobernabilidad de sus 19 estados fundadores y por la superioridad en patentes, tecnología y entrenamiento militar de EUA (1783-) un país industrial que venía comprando territorios a Francia (1809) y España (1819) antes del México independiente [6].

 Entre 1853 y 1856 la telegrafía jugó un papel clave en la **guerra europea-asiática de Crimea** entre el Imperio Ruso y el Turco Otomano, a esta se le consideró la última guerra antigua o la primera guerra moderna. Se le llamó la **primera guerra moderna** porque con la entrada de los imperios de Reino Unido y Francia contra Rusia en 1854 se emplearon barcos de vapor, ferrocarriles, el telégrafo y la fotografía que ayudó a los periodistas de guerra de la época y las armas también se habían modernizado. En 1855 ya fluían telegramas desde Reino Unido y Francia hasta Crimea gracias a la red telegráfica que se tendió desde un año antes. Al finalizar la guerra en 1856 Francia contaba con el mejor ejército del mundo.

1856-1864: Los británicos van por Norteamérica y el auge de la telegrafía

 En 1856 se fundó la *Atlantic Telegraph Company* la cual expandió la red de telegráfica por el mundo, el Reino Unido era el poder hegemónico en telecomunicación telegráficas, industria que con los telegramas y los giros dinamizaron la economía y el comercio vía las transferencias bancarias. En 1858 se tuvo la primera comunicación entre el continente europeo desde Irlanda, Reino Unido hasta el continente americano en Terranova, Reino Unido (recordemos que Canadá se hizo independiente hasta 1867); posteriormente en ese mismo año se realizó la primera comunicación entre Londres y Washington [8].

 En 1861 con James Maxwell se da un gran salto, se unificó a la electricidad y el magnetismo en la teoría electromagnética al sistematizar el conocimiento en 20 ecuaciones diferenciales con 20 variables en la publicación *On physical lines of force*, expresadas para describir el comportamiento del campo potencial electromagnético modificando el concepto de líneas de fuerza de Faraday [10].

 Como toda tecnología disruptiva, es decir, aquella que provoca rápidamente un nuevo mercado al agregar valor, la telegrafía fue una tecnología de suma importancia durante las guerras, siendo esta una ventaja estratégico-táctica, por ejemplo, durante la guerra civil de EUA entre 1861 y 1865, la cual dio ventajas al ejército de A. Lincoln, calculándose cerca de 6.5 millones de mensajes telegráficos durante el periodo de guerra con una inversión de 2.6 millones de dólares para la construcción, operación y mantenimiento de la red de telecomunicaciones [8]. Mientras que en México la inversión en telecomunicaciones dio frutos durante la intervención francesa en México en 1862, ya que permitió tener comunicación entre Veracruz y la Ciudad de México, para que México preparara una defensa digna en Puebla; como se indica en el famoso mensaje: “Las armas nacionales se han cubierto de gloria” que el General Ignacio Zaragoza envió al entonces presidente Benito Juárez vía telégrafo el 5 de mayo de 1862. Una vez terminado el segundo imperio mexicano en 1867, Juárez planeó la expansión de la red telegráfica hacia todo el país, pero al no haber dinero, aun cuando la historia del petróleo para México inicio en 1863, se hizo efectiva en el periodo de Porfirio Díaz, con la participación de la iniciativa privada [6].

 En EUA el auge de la telegrafía como industria de telecomunicaciones en los ámbitos militar y civil se dio en 1860, casi 16 años le tomó convertirse en una tecnología madura. En 1864 se creó la *US Telegraph Company* [8].

1865-1879: La estandarización telegráfica

El 17 de mayo de 1865 se creó la *International Telegraph Union* (ITU) en París, dada la madurez de las redes telegráficas en el mundo, el principal interés estaba en la estandarización tecnológica. Entre 1837 y 1877, por casi 40 años, la telegrafía fue la única tecnología de telecomunicaciones, en 1877 la telefonía comercial abrió la competencia, pero hasta 1920 adquirió una madurez que la hiciera competir fuertemente con la telegrafía a nivel mundial [11].

En la actualidad, cada 17 de mayo, se celebra el día mundial de las telecomunicaciones (desde 1969), el día de INTERNET (desde 2006), también el día de la sociedad de la información y el conocimiento (desde 2006) [11].

 En 1866 Western Union compró a las empresas competencia incluida la *American Telegraph* y llegó a tener el 80% del mercado de la telegrafía convirtiéndose en un monopolio. En 1867 la telegrafía era de amplio uso en lo que hoy conocemos como el mercado de valores en EUA, lo cual transformó el mercado financiero y dio fuerza al capitalismo británico estadounidense [8].

 En 1868 se creó la compañía danesa, *The Great Northern Telegraphy Company* como una fusión de compañías pequeñas para conectar a los países escandinavos con Rusia e Inglaterra [12].

 En 1873 se publicó *la vuelta al mundo en 80 días* del escritor francés Julio Verne, la vuelta al mundo era posible usando barcos y trenes, entre otros transportes y contando con suficiente capital, atravesando en su mayoría puntos que pertenecían o pertenecieron al entonces imperio británico manejado de una manera plausible, en tal obra se destacan el avance de las tecnologías y las comunicaciones de la época. Es interesante contrastar que alrededor del año 1500, de Europa hacia América se tardaban 90 días por barco aproximadamente. Para 1989 hay un récord en avión que marcó la vuelta al mundo en 9 días sin escalas ni recarga de combustible, en 2005 un récord en avión lo completó en 67 hrs., igualmente sin escalas ni recarga de combustible, los últimos récords dirigidos por EUA. En la actualidad cruceros turísticos ofrecen vueltas al mundo en aproximadamente 90 días tocando los 5 continentes. En 1873 la novela de Verne fue considerada ficción científica, pero un análisis a detalle nos indica que era totalmente plausible.

Por cierto, en los países donde se habla español, se comete el error, incluso en bibliotecas y librerías de usar la frase “ciencia ficción”, la cual es un concepto erróneo, que proviene de una traducción errónea, consulte el apéndice “Corrección a conceptos erróneos”.

 En 1874 en EUA fue posible enviar 2 mensajes simultáneos creándola comunicación “diplex”, también se pudo enviar 2 canales dobles naciendo la telegrafía “dúplex”. En 1875 Graham Bell mostró que se podrían enviar varios mensajes simultáneamente o telegrafía multiplex y para 1876 demostró la transmisión de voz vía eléctrica [8].

 En 1876 con la llegada de Porfirio Díaz a la presidencia del país, se inició el primer periodo de estabilidad de México y se dio continuidad a los planes de inversión extranjera iniciados con Benito Juárez. Las inversiones y tecnología llegaron de EUA, Gran Bretaña, Holanda, y Alemania, las cuales dieron buenos frutos hasta poco después de 1910 [3].

 Justo en 1877 *Bell Telephone Company* demostró la funcionalidad del teléfono [11].

1880-1899: Telegrafía inalámbrica o radiotelegrafía

 En 1881 Oliver Heaviside reemplazó el campo potencial electromagnético de Maxwell por "campos de fuerza" como la pieza central de la teoría electromagnética y redujo la complejidad de la teoría de Maxwell a cuatro ecuaciones diferenciales, conocidas como las ecuaciones de Maxwell [11].

 En 1881 la Ciudad de México ya contaba con un modesto servicio de alumbrado público.

 En 1884 dado el auge de las industrias eléctrica y las dos de telecomunicaciones, telegrafía y telefonía, se fundó el AIEE (*American Institute of Electrical Engineers*) en EUA [3].

 En 1885 México ya tenía una red telegráfica de 15,570 Km. A modo de comparación, a México le llevó 30 años para contar con una red telegráfica que a EUA le llevó 3 años levantar [3].

 Con base en los desarrollos de Maxwell y otros en teoría electromagnética, Marconi desarrolló el **telégrafo inalámbrico en Inglaterra en 1897 dando origen a la radiotelegrafía**. En 1904 inició un servicio regular a barcos locales y en 1907 inició el primer servicio de radiocomunicación transatlántico para barcos, mientras que la divulgación mundial de lo importante de tal tecnología de comunicaciones se hizo evidente al rescatar sobrevivientes del Titanic en 1912.

A finales del siglo XIX el *backbone*, es decir, la columna vertebral o dorsal de la red telegráfica mundial entre Europa y América estaba dominado por Reino Unido, EUA, Alemania y Francia [11, 13].

1900-1939: Radiotelegrafía, Telex y telegrafía automática

En 1909 AT&T generó un memorando indicando las ventajas de unir la red telegráfica con la telefónica [8].

 En 1910 México contaba con 15 estaciones de radiotelegrafía, su población fue de 13.5 millones, tal que los estados de Guanajuato, Jalisco, Puebla y Veracruz estaban más poblados que la Ciudad de México [3].

 Dado el auge de las telecomunicaciones inalámbricas que derivaron también en la radio, en 1912 se creó el *Institute of Radio Engineers* (IRE) [13].

 En 1917 el gobierno británico interceptó un telegrama que compartió con el gobierno de los EUA, dirigido del gobierno de Alemania al embajador alemán para que alentara al gobierno de México a entrar en guerra contra EUA, este telegrama se conoce como el “telegrama Zimmermann” y puede encontrar una copia en el museo de la revolución de la Ciudad de México. Varios historiadores toman este hecho como cierto, pero otros tienen sus dudas, ya que pudo ser sólo un pretexto para que EUA iniciara la guerra contra Alemania en la primera guerra mundial, así como también sucedió durante la segunda con el supuesto hundimiento de 2 buques tanques petroleros para que México entrara en guerra. Esa es la historia oficial y esa la escribe quien gana la guerra. Después del hundimiento de los 2 buques petroleros hubo un arreglo México-EUA del estilo ganar-ganar y los EUA suspendieron el bloqueo a México iniciado desde la expropiación petrolera de 1938 [14, 15].

 Alrededor de 1920 las diferentes variantes de telégrafo buscaban automatizar el envío y recepción de mensajes de texto telegráficos combinando teletipos y tecnologías empleadas en telefonía, por lo que en 1926 en Alemania se desarrolló el TELEX. El TELEX se comercializó en 1933 como una red paralela al PSTN (Public Switching Telephonic Network - Red Telefónica Pública de Conmutación) conformada por una red de teleimpresoras para ofrecer servicios de mensajes de texto, de alguna manera evolucionó a partir del telégrafo. Su expansión se dio después de la segunda guerra mundial y se generalizó su uso hasta la década de los 80 [11, 13].



En EUA en 1930 se introdujeron los sistemas de **telégrafo automático** para lo cual ya no se necesitaba la intervención humana [8].



En 1930 ya se comunicaba a la Ciudad de México con Madrid, España. Uno de los factores principales para la comercialización del telégrafo y otras tecnologías disponibles en la época, fue la demografía y el poder adquisitivo de la población, lo que indicó el mercado potencial [3].

1940-2000: Radiotelegrafía, Telex y telegrafía automática

En 1945 Western Unión inició la sustitución de la red telegráfica cableada por la red inalámbrica vía microondas y para 1958 ya era comercial la comunicación TELEX entre clientes sin oficinas intermediarias [8].

En México, todavía en la década de los 70 y 80 ir a las oficinas postales a mandar telegramas era algo común, sin embargo, a finales de los 80 la telegrafía vio una caída significativa al bajar drásticamente las tarifas de teléfono en llamadas locales y nacionales. Al inicio de los 80 las redes de télex y los teletipos y tele-impresoras quedaron obsoletos y sustituidos por los *faxes* que usaban la línea telefónica, se comercializaron en 1965 pero tuvieron auge en los 70, pero como toda tecnología vive un tiempo para dar rentabilidad a la inversión y dar tiempo a que aquella que la sustituye, madure en el mercado. En la década de los 90 en México los faxes se hicieron muy populares al bajar sus precios y contar con un mejor servicio telefónico.

En la década de 2000, las distintas compañías de telecomunicación en el mundo estuvieron cerrando los últimos servicios de TELEX gracias a INTERNET.

Consideró a la telegrafía (1838-1982) como la primera ola de las telecomunicaciones que movió a la humanidad dentro de la “era de la información” global. La telegrafía comercial nació en 1837, maduró en la década de 1860 y se hizo global, transformando a la sociedad y llegó a la cúspide en la década de 1920 en países desarrollados y hasta 1985 en países poco desarrollados como la India. La telegrafía se inhabilitó en 1982 en Reino Unido (144 años), en 2006 en EUA (162 años), en 2011 en Australia y en la India en 2013, sin embargo, todavía en 2018 el gobierno de Corea del Norte envió telegramas al de Corea del Sur por temas relacionados con los juegos olímpicos de invierno de 2018.

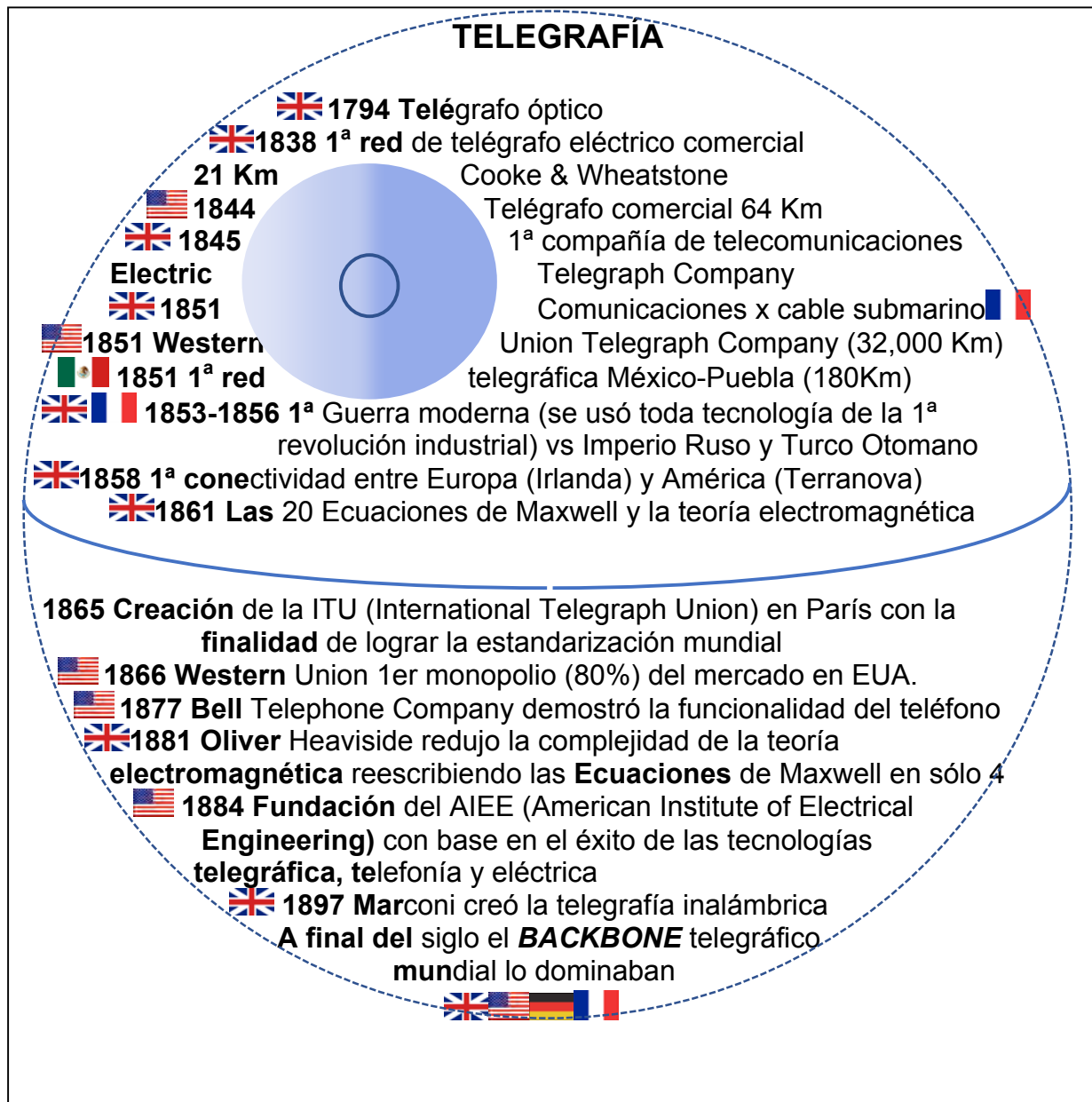


Fig. I.2. Caligrama que resume el desarrollo de la telegrafía en el siglo de 1800

I.2 La segunda red de telecomunicaciones: La telefonía

En plena transición entre la primera y segunda revolución industrial, alrededor de 1850, el Reino Unido dejó de ser la potencia hegemónica, dado el surgimiento de EUA como potencia (en 1848 se convirtió en el 4to país más grande), posteriormente Rusia y Alemania. Durante la segunda revolución industrial la telefonía se convirtió en la segunda tecnología de las telecomunicaciones.

1860-1879: Teléfono eléctrico, conflicto solucionado en 2001

 En 1860 Antonio Meucci inventó y demostró la invención del teléfono, pero debido a la corrupción en la oficina de patentes de EUA dieron por mucho tiempo la invención y patente a Alexander Graham Bell en 1876, ese mismo año la primera red telefónica experimental de EUA tuvo 2 millas. Para 1876 Edison diseñó y patentó un nuevo tipo de transmisor telefónico, mejorando el transmisor telefónico de Graham Bell [16, 17].

 En 1877 se fundó la *Bell Telephone Company* y con ello **nació la telefonía comercial**, la cual a la postre se convirtió en la *American Telephone and Telegraph Company* (AT&T) en 1893. En 1914 Alexandre Graham Bell recibió la *AIEE Edison Medal* por sus contribuciones a la telefonía [18].

1880-1899: EUA, Reino Unido, México y la expansión mundial

 En 1880 se estima había 52 mil teléfonos en EUA, 2 mil en Reino Unido y 2 mil en Canadá. En 1881, Graham Bell inventó el par trenzado, el antecesor del cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) empleado actualmente en redes de computadoras. Por su parte, la compañía eléctrica de Edison ya tenía una red de energía eléctrica de más de 500 clientes, para los que proveía energía para iluminar más de 10,000 lámparas [19, 20].

 En 1881 se creó la primera compañía francesa, la *Société Industrielle des téléphones*.

 En México la telefonía comercial inicio en 1882 al instalarse la compañía con el nombre *Mexicana Nacional Bell Telephone*, el cual cambió casi inmediatamente a CTE (Compañía Telefónica Mexicana) [3].

Se estima que para 1890 había 475,000 teléfonos en el mundo, con una fuerte expansión principalmente en EUA y Europa, cuando la población mundial era de alrededor de 1,500 millones [21].

1900-1919: Nace la electrónica y se expande la telefonía

 En 1900 habían 2.5 millones de teléfonos en el mundo principalmente en EUA, seguido por Alemania, Gran Bretaña, Suecia y Francia; la red telefónica de EUA ya contaba en todas sus líneas

con par trenzado.

 Para 1904 John Fleming modificó el foco de Edison e inventó y patentó el diodo de tubo de vacío, dando las bases para el futuro nacimiento de la electrónica [21-22]. Ese mismo año terminó el efecto de la patente telefónica en EUA y se crearon alrededor de 6,000 compañías telefónicas en el mundo, por lo que ese año se creció de casi 250,000 teléfonos a 3 millones [21].

 En 1904 apareció *Teléfonos Ericsson (previamente en China y Rusia)* como competidor de CTE, el cual en 1905 cambió de nombre a CTTM (Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana); estas y otras compañías tuvieron altibajos durante la Revolución Mexicana (1910-1927) y las dos guerras mundiales [3].

 En 1906 Lee de Forest inventó el tríodo (tubo de vacío controlado por rejilla), con el cual se desarrolló la radio. Con el diodo y el tríodo, la tecnología eléctrica migró de los dispositivos electromagnéticos a la tecnología de tubos de vacío, razón por la que en 1946 Lee de Forest recibió la *AIEE Edison Medal*, por las profundas consecuencias técnicas y sociales que ha tenido el tríodo [23].

1920-1939: La telefonía llegó al 1% de la población, fusiones y monopolios

 En 1920 la población mundial era de alrededor de 2,000 millones y habían cerca de 21 millones de teléfonos, es decir, se llegaba al 1% de la población, principalmente en EUA, cuando ya era bien conocido por Pareto que el 20% de la población tenía el 80% de la riqueza no solo en Italia (Cours d'économie politique-1896) sino en todo país, como una tendencia desde el año 1450. Por tal razón no es coincidencia que ese mismo año se creara en EUA la ITT (*International Telephone & Telegraph*) la cual parecía ser una AT&T que cubría Europa y compraba toda empresa a su paso durante los años 20 y 30, sin duda un peligroso gigante tecnológico, ¿nos suena familiar? En esa época los números telefónicos tenían 4 dígitos para llamadas locales y 5 para interciudades, EUA llegaba a 100 *switches* (conmutadores) telefónicos automáticos, Alemania la segunda más desarrollada sólo 7 y Reino Unido 2 [21].

 México tuvo un espectacular crecimiento desde 1876 cuando inició en el mercado del petróleo y hasta 1921, año en el que se colocó como el 2do productor mundial de crudo, sin embargo, la crisis de 1928 en EUA se convirtió en una crisis global, llevando al punto más bajo de los precios internacionales del petróleo, arrastrando a México [24].

 Para 1922 la BBC (British Broadcasting Corporation) inició radiotransmisiones en Reino Unido, luego apareció la radio en Alemania en 1923 y después en Japón en 1925.

Si bien la electrónica nació en 1904, después de la primera guerra mundial el auge de las telecomunicaciones y otros desarrollos con base en el diodo y triodo hicieron que se acuñara el término “electrónica” hasta el año 1930, año en el que había aproximadamente 30 millones de teléfonos en el planeta.

 Por su parte el ITU fundado en 1865, se fusionó en 1932 con la IRU (*International Radiotelegraphic Union*) para formar la ITU (*International Telecommunications Union*), la cual después de la segunda guerra mundial quedó bajo el mando de la ONU, como parte del reordenamiento mundial [11, 13].

En 1939, la compañía *Kellogg Switchboard & Supply Company* lanzó al mercado el *crossbar dial telephone switching system* que daría un impulso a las redes telefónicas en el mundo. Invito al lector a profundizar en el tema, se darán cuenta que en su tiempo AT&T y la IT&T eran los “fagocitos” de su tiempo como ahora lo son las transnacionales estadounidenses Facebook, Amazon, Google y Apple, al igual que estas, comían toda compañía que encontraban a su paso, patrones que no han cambiado en más de 500 años.

1940-1959: La PSTN, la estandarización, larga distancia y la automatización

 Desde 1937 EUA ya daba préstamos para la guerra entre China y Japón, a principios de 1941 otorgó préstamos y suministros para Reino Unido y otros países europeos en la segunda guerra europea y entró a esta en diciembre de 1941. Cuatro años después, en 1945, al finalizar la guerra, EUA producía el 50% de los bienes del mundo, duplicó su PIB, tenía más del 66% de las reservas de oro mundiales y se convirtió en la primera superpotencia, lo que le permitió que ese año, el 50% de las casas en EUA contaran con telefonía fija conectadas a la PSTN [3].

 En diciembre de 1947 nació TELMEX (Teléfonos de México) y una década después, los equipos telefónicos se comenzaron a fabricar en México. PEMEX resultado de la expropiación de 1938, repuntó hasta 1958, pero paradójicamente volvió a pedir un fuerte préstamo a bancos de EUA, (si, de esas cosas que difícilmente se entienden de no ser explicados por la corrupción imperante aunada quizás también a una imposición, como si de tratados especiales se tratara). De 1959 al 1973 vino una época de baja en la producción, exportación, refinamiento de petróleo y sus derivados, por lo que en 1965 se creó el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) con la finalidad de generar desarrollos tecnológicos que permitieran con tecnología mexicana dejar de importar tecnología petrolera cara proveniente del extranjero [3, 24].



Después de la segunda guerra mundial quedó claro que las redes telefónicas de todos los países del mundo eran poco compatibles y no estandarizadas, entonces la *Bell Telephone* configuró una topología de 5 niveles en la telefonía en 1951, lo que modificó a la *Public Switching Telephonic Network* (PSTN) o red telefónica pública de conmutación, cuya tecnología es la de conmutación de circuitos (*Circuit-Switched*). EUA ya contaba con conmutadores telefónicos de 5 dígitos, con una capacidad de 200,000 usuarios, cada conmutador costaba casi 2 millones de dólares. Las compañías pioneras en redes telefónicas llenaron sus centrales telefónicas con tales conmutadores para ampliar así su PSTN.

Entre 1954 y 1960 *Bell Telephone* publicó cómo se enrutaban las llamadas telefónicas en las líneas troncales, es decir, entre las centrales telefónicas de larga distancia (incluyendo el sistema de señalización multitonos o multifrecuencia) y las frecuencias empleadas para los códigos de enrutamiento de las llamadas; lo que dejó claro el funcionamiento del sistema de señalización para controlar toda conmutación telefónica [25-32]. Dado el auge tecnológico y económico, en 1956 se colocó el primer cable submarino transatlántico telefónico que comunicó EUA, Canadá y Reino Unido, proyecto liderado por EUA; obsérvese que como se había mencionado casi 100 años antes, en 1858, el Reino Unido había hecho lo propio con la telegrafía [11].

1960-1969: Mejoras en larga distancia y el teléfono de tonos



Para dar mejores servicios de larga distancia, aprovechar las líneas instaladas y dar rutas a las señales al interconectar centrales de conmutación telefónica de larga distancia, en 1963, *Bell Telephone* implementó el DTMF (*Dual Tone Multi Frequency- Multifrecuencia de Tono Dual*), señalización para el control del enrutamiento de las llamadas telefónicas, la cual iba en el mismo canal que se usa para la señal de audio. La tecnología recibió el nombre de *In-Band Multiple-Frequency Signaling* y los protocolos de señalización eran conocidos como CCS (*Common Chanel Signal - Señalización en un canal común*). Uno de los protocolos de señalización populares fue el SS5 (*Signal System #5*), mismo que ITU-T estandarizó. Una consecuencia de que se conociera la metodología de señalización es que se crearon muchos *blue boxes o dispositivos tipo blue boxes*, para burlar el cobro de llamadas de larga distancia [25, 32].

En 1962 se introdujo en EUA el primer sistema de transmisión digital T1 (*Transmission One*) de 1.5 Mbps y su equivalente en Europa el E1 (*European Carrier*). En telefonía PSTN, el ancho de banda para audio es de 4 KHz, la señal analógica se muestrea a 8 KHz, o cada 125 microsegundos; obteniendo 8,000 muestras por 8 bits para cada muestra, lo que da por resultado que se generen aproximadamente 64 Kbps, lo cual corresponde a un DS0 (*Digital Signal 0*), es decir, el ancho de banda que contrataba para una línea telefónica un abonado con su proveedor PSTN. De esta manera

se definió el enlace E1 constituido por 32 DS0, es decir, 2,048 Kbps o 2.048 Mbps.

Los teléfonos de tonos introducidos en 1963 se popularizaron hasta 1970 en EUA, pero en otros países hubo un retardo de entre 10 a 20 años. Y en 1965 se introdujo el famoso 1ESS (*Electronic Switching System*) en una central telefónica de New Jersey, EUA, cuyo costo fue de casi 500 millones de dólares.

1970-1979: La telefonía móvil, la digitalización de la PSTN.

 Bajo la sombra del auge económico de los EUA desde el final de la segunda guerra mundial, en 1970, México se convirtió en la economía número 10 del mundo por su PIB, su máximo histórico, al final del periodo al que se llamó “El milagro mexicano”. En 1971, el gobierno de México adquirió el 51% de las acciones de TELMEX y ésta se convirtió en una empresa paraestatal, pero una mala administración dejó todo listo para una nueva privatización [3, 33].

La crisis del petróleo de 1973 cuyo impacto fue global, incrementó la inflación, y redujo la actividad económica mundial, pero fundamentalmente occidental, haciéndolo entrar en una crisis mundial, de modo que en 1974 el GATT (*General Agreement on Tariffs and Trade* - Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio) como organización, tuvo que impulsar fuertes cambios en términos comerciales que afectaron toda la industria, principalmente la automotriz, incluyendo la electrónica y telecomunicaciones; incluso fuimos testigos de la desaparición de la incipiente industria automotriz mexicana al final de la década.

 En 1974 la telefonía sufrió cambios radicales, se comercializó el conmutador o *switch* electrónico de marcación automática para quedarse en las centrales telefónicas, haciendo que para 1978 desapareciera en Catalina Island, California la última central con tableros de conmutación manipulada por humanos en EUA. Durante la década de los 70, se cambiaron los conmutadores telefónicos electromecánicos por conmutadores electrónicos que se encontraban en los EPABX (*Electronic Private Automatic Branch eXchange*), conocidos después sólo como conmutadores PBX, que engloba a los PABX, la versión analógica y a los PDBX, la versión digital [34].

En 1977 el SS6 sustituyó a la SS5 para la señalización del canal de comunicación. De 1974 a 1984 *Western Union* puso en órbita 7 satélites de comunicaciones, pero la falla al poner en órbita un satélite los dejó casi en bancarrota.

1980-1990: La PSTN se hace global y llegó la telefonía móvil personal



A principios de 1980 el 100% de los estadounidenses contaba con teléfono fijo conectado a la PSTN y el protocolo de señalización telefónica SS7 sustituyó al SS6, ya que era mucho más seguro y estable dentro de las redes troncales de PSTN, lo cual desalentó el uso de los *blue box*.

El estándar SS7 definió procedimientos, arquitectura de red, protocolos de control y enrutamiento por medio de los cuales los elementos de la red PSTN intercambian información sobre una red digital. La telefonía digital se hizo comercial cuando maduraron los métodos de conversión analógico-digital, principalmente con *Pulse Code Modulation* (PCM) – (Modulación por pulsos codificados) la cual hizo su aparición en 1937.



En 1983 AT&T lanzó al mercado la telefonía móvil analógica, con el sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) que junto con el NMT (*Nordisk Mobil Telefoni*) y TACS (*Total Access Communications System*) se conocerían más adelante como la primera generación o 1G, prácticamente una telefonía que cubría el servicio de voz, que se había demostrado experimentalmente en 1972. En 1984 habían cerca de 250,000 suscripciones a teléfonos celulares en EUA.

Para 1984 el gobierno de EUA determinó disolver el monopolio de AT&T (se dividió en varias compañías pequeñas), lo cual tuvo como impacto, junto con los avances tecnológicos, una reestructuración de PSTN dentro y fuera de los EUA, sobre todo para la conexión de larga distancia internacional [8, 13]. Pero veamos, aquello de AT&T no fue casual, alguna fuerza empujó tan trascendental cambio al proteccionismo y monopolio en el país vecino. EUA tuvo entre 1979 y 1983 una profunda crisis económica que lo llevó a casi el 10.8% del desempleo, más de 12 millones de personas desempleadas, un máximo histórico para EUA aunado con alta inflación, y un PIB de -1.9; la salida en ese momento fue desregular el mercado financiero, reducir impuestos, y endeudamiento, implementando completamente el modelo neoliberal diseñado en los 70 para salir de la crisis del 1974.

La 2G o segunda generación de telefonía inició a desarrollarse en 1982, pero estaría disponible casi 10 años después. La estandarización mejorada para la PSTN surgió en 1988, con una mejora al SS7 (Q.700), a partir del Modelo ISO/OSI (*International Organization for Standardization /Open Systems Interconnection*) para redes de computadoras, tal estandarización se actualizó en 1993 como la Q.700 (*Introduction to CCITT Signaling System No. 7*) [35].

Crisis y tratados de libre comercio - Telecomunicaciones

 En las crisis de los 70, y en particular la citada de 1981-1982 en EUA, también tuvo un impacto devastador en México, entre 1981 y 1982 la inflación fue de más del 100%, devaluación del peso de más del 3000%, y el 30% del presupuesto nacional iba a pago de deuda, que desde entonces parecía impagable; algo similar ocurrió en varios países latinoamericanos. Como respuesta siguiendo el patrón del método problema-reacción-solución, siguiendo a EUA, México adoptó el neoliberalismo y pidió en 1983 su ingreso al GATT, el cual logró en 1986, abriendo la economía mexicana al libre comercio internacional. Entre 1983 a 1987 era ya evidente que el mercado real se empezaba a ver rebasado por el mercado financiero especulativo de las bolsas y tras esos 5 años de crecimiento llegó una caída como la de 1929, y México también se vio arrastrado en otra crisis, la del 1987.

 Para 1988 México tenía una inflación de 160%, un desempleo del 65% que empujó la economía informal de la que no se ha recuperado a la fecha y una caída del poder adquisitivo del 50% respecto de 1980 y el crudo del petróleo mexicano tocó fondo como entre 2014-2017; además el estado mexicano pasó de más de 1,000 empresas paraestatales a casi 400. Entre 1986 y 1987 estaba listo el TLC (Tratado de Libre Comercio) entre EUA y Canadá, el cual se firmó en enero de 1988. Con ese antecedente, ese mismo año México buscó integrarse al citado tratado, para lo cual entre 1988 y 1989 se aceleró en México el modelo de privatizaciones con todas las ventajas para la élite. Entre algunos de los más famosos preparativos para la futura entrada al TLCAN estuvo la creación de “PEMEX internacional” en 1989, la cual implementó modelos de terciarización u “outsourcing” y en 1990 se privatizó TELMEX.

 El TLCAN (Tratado de Libre Comercio para América del Norte), se acordó oficialmente en 1990 en términos diplomáticos, se firmó formalmente en 1992, se aprobó en las cámaras de los respectivos países en 1993 y entró en vigor en 1994. [24, 36].

Sin duda, la información privilegiada en el manejo de un país permite movimientos económicos financieros y comerciales favorables para la elite que cuenta con ella. México transitó, así como varios países de Latinoamérica, del modelo de industrialización por sustitución de importaciones al modelo neoliberal, en lo que se conoce como la década perdida. Retomaré más adelante el interesante tema de la década de los 80 por tratarse de una época donde las computadoras y sus redes jugaron un papel disruptor.

1990-2000: Europa lideró la telefonía móvil 2G, la PSTN llegó a su máximo e inició su declive.

 En diciembre de 1990 se privatizó TELMEX, el ganador lo conformó un consorcio de tres empresas, 2 internacionales y una nacional, una consecuencia antes de oficializar el TLCAN (por firmar en ese momento). Una vez entrada en vigor el TLCAN, en 1997 las empresas de telecomunicaciones ofrecieron el servicio de larga distancia y se permitió la entrada de los competidores AT&T y Avantel, esta última fue comprada por Axtel.

 En 1991 se comercializó el GSM (*Global System for Mobile Communications*) en Finlandia, el cual era básicamente un D-AMPS o AMPS digital que incluía el SMS (*Short Message Service*) y se extendió gradualmente toda la década por el mundo, se le conoció como 2G o telefonía de segunda generación, siendo NOKIA el líder mundial de la década. 2G es una tecnología que da servicio de voz y datos, pero a muy baja velocidad. Las tecnologías que darían mayor desarrollo a 2G se desarrollaron en la década de los 80, entre 86 y 87 se trabajó la estandarización en Europa, pero se hicieron comerciales hasta los 90. En particular los modelos NOKIA 3210 y 3310 se vendieron por cientos de millones.

En 1992 en EUA se comercializó la tecnología GPRS (*General Packet Radio Service*) sobre la GSM, de modo que se habilitó la conmutación de paquetes, pudiendo proveer de 56-114 Kbps, y fue conocida como la 2.5G o GSM-IP.

Como una evolución de la mismo GSM, a finales de los 90 se comercializó la EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) conocida como 2.75G, cuya máxima velocidad de transferencia de datos experimentó menos de 500 Kbps.

Dado el crecimiento exponencial de la INTERNET y la demanda de conectar con la red de telefonía celular, se hizo necesario evolucionar a la 3G, por lo que en diciembre de 1998 se creó el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) [37, 38].

 En 1989 inició el servicio de telefonía móvil en México (sólo en la Ciudad de México) bajo el servicio analógico, y ya para 1999 se daba servicio a 8 millones de suscriptores con 1G y 2G. Ese mismo 1999 el organismo gubernamental en telecomunicaciones realizó una modificación que permitió que en el año 2000 se llegara a los 14 millones, superando así al mercado de la telefonía fija y de allí el número de abonados móviles creció exponencialmente [10]. La tabla I.1 ofrece un histórico del número de líneas telefónicas fijas comparada con el número de líneas de teléfonos

móviles con énfasis en el año 2000 [33, 39-41]. En el año 1999 en el mundo, el teléfono celular 2G más popular fue el emblemático NOKIA 3210.

Año	Población en México	Líneas Telefónicas	Abonados a teléfonos celulares	Abonados a internet de banda ancha fija
1950	25,791,017	No disponible	No existían	No existían
1960	34,923,129	338,450	No existían	No existían
1970	48,225,238	858,796	No existían	No existían
1980	66,846,833	2,699,732	1,500	No existían
1990	81,249,645	5,354,500	63,926	No existían en México
2000	97,487,412	12,301,676	14,077,880 (1G y 2G)	15,000
2010	112,336,538 INEGI	19,636,869 (Penetración: 17 %)	91,383,493 (Penetración: 81%)	11,100,883
2015	119,530,753	19.9 millones (10 operadores)	107.7 millones (Penetración: 85% /4operadores)	15.1 millones (Penetración: 45% / 7 operadores)
2017	129,000,000 (estimado)	20.0 millones	111.6 millones (Penetración: 90%)	16.4 millones (Penetración: 49%) [80% arriba de 10 Mbps]

Tabla I.1. Entre 1999 y 2000, el número de líneas de telefonía celular (G1 y G2) igualaron al número de líneas de PSTN, proveyendo servicio de telefonía celular aproximadamente al 12% de la población.

Para 2000 ya había 100 millones de usuarios de telefonía celular en EUA; en 2001 había 500 millones de usuarios de GSM en 168 países en el mundo en contraste con más de 6 mil millones de habitantes, es decir, casi llegaba al 8% de la población, es decir, a la telefonía celular 2G le tomó sólo 10 años tener una penetración que a la telefonía PSTN le tomó casi 50 años [36]. México llegó a 100 millones de usuarios de telefonía celular en 2015, meta alcanzada 15 años después que EUA.

La PSTN nació comercialmente en 1877, llegó al 1% de la población mundial en 1920, se digitalizó en los 60 y alcanzó su límite en el mercado mundial en el año 2000, desde entonces inició un rápido descenso gracias a la INTERNET y la telefonía móvil, por lo que vivió un auge de casi 80 años. Por su parte, en los casi 40 años de la telefonía móvil, se han presentado patrones de desarrollo cada 10 años desde su comercialización.

2002-2015: La telefonía móvil evolucionó a 3G, 4G y 5G

La 3G se desarrolló en la década de los 90, pero estuvo disponible en 2002 en EUA y Europa como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) bajo el mismo estándar GSM, haciendo posible la televisión móvil y las videollamadas al ofrecer de 200 Kbps a 1 Mbps. En México estuvo disponible a finales de 2007 con velocidades máximas de 2Mbps [37, 38].

 En 2008 se presentó una nueva crisis económica mundial como la de 1929, y la de 1982-1987, cuyo impacto se sintió en México de manera gradual e hizo que en 2009 el PIB cayera a -6%, por lo que se dio un fuerte estancamiento en el número las líneas de telefonía fija, de las cuales TELMEX tenía aproximadamente el 90%. Irónicamente las líneas de telefonía celular y telecomunicaciones en general mostraron un fuerte incremento, pese a la crisis, como si viviéramos en otro país, aunque básicamente fue debido a una cultura de endeudamiento de los ciudadanos, los gobiernos estatales y el gobierno federal [33, 38].

GSM evolucionó con la llegada de 3G, 4G y 5G, por lo que entre 2010 y 2020 la mayoría de los países esperan que queden deshabilitadas las redes 2G. En México estuvo disponible la llamada 3.5G o HSPA (High-Speed Packet Access) con velocidades de 7 Mbps, con una cobertura nacional y desde 2013 está disponible el servicio de 4G con velocidades reales máximas de aproximadamente 20 Mbps, pero sin cobertura nacional todavía al año 2018.

 En 2015 en México (población económicamente activa de 53 millones), 202,963 personas trabajaban en el sector de telecomunicaciones, mientras que en 2010 fueron aproximadamente 150,000. El sector de telecomunicaciones y radiodifusión aportaron 3.5% al PIB de México colocando esta actividad en la posición 10 en la contribución al PIB, un porcentaje mayor que en EUA (2.7%) y Canadá (2.1%) [32]. También, AT&T compró Usacell-Unefon por más de 2 mil millones de dólares, además de Nextel. Tanto en telefonía fija como internet de banda ancha fija Telmex y Televisa tienen el 80% del mercado y sigue siendo preponderante DSL (Digital Subscriber Line) (54.1%), seguida por cable modem (33.2%), fibra óptica (10.2%), WiMax o microondas (2.0%). La infraestructura de fibra óptica en México es mejor que la de Chile, Brasil y Colombia, pero no supera a Turquía y China. Y en transición de velocidad, entre 2014 a 2015, el mercado de 2 a 10 Mbps pasó del 84% al 22%; el de 10 a 100 Mbps paso del 12% al 75%, mientras que el de 256 Kbps a 2 Mbps cayó al 1.6% y bajando [33, 39, 40]. La telefonía móvil en México tuvo una cobertura del 89%, debajo de China (93%), Turquía (95%), Colombia (118%), Brasil (127%) y Chile (153%). De los 4 operadores, Telcel y Telefónica cubren el 90% del mercado, seguidos por AT&T y OMV [40]. Las coberturas superiores al 100% implican redundancia.

I.3 Autoevaluación para el capítulo I

1. Vea detenidamente la figura I.1 y a partir de ella comente a qué cree que se deba el comportamiento del centro del gráfico.
2. Indique tres periodos entre 1840 y 1940 en el que pueda clasificar el desarrollo de las telecomunicaciones en México indicando su tipo, es decir, indicando si se trata de telegrafía o de telefonía.
3. Si analizáramos con profundidad la disponibilidad tecnológica en EEUU y México entre aproximadamente 1840 y 1940 veríamos que no existieron grandes diferencias en términos de disponibilidad tecnológica al menos entre quienes podrían comprarlas. ¿A qué atribuye tal hecho?
4. ¿En qué década aparecieron los conmutadores telefónicos de tipo electrónico PBX?
5. ¿A qué conocemos como PSTN?
6. ¿Cuál es el ancho de banda empleado en telefonía de una PSTN?
7. Indique cuál es la función de ISO, con qué fin fue creado y cuándo.
8. Indique al menos un estándar empleado en telefonía y en qué consiste.
9. Desde 1937 se empleó una técnica digital en telefonía llamada PCM, ¿explique en qué consiste?
10. Busque información relacionada con “blue box”.
11. Revise los videos históricos de las referencias 17 a 23.
12. ¿Cómo se define a las telecomunicaciones?
13. Elabore en una hoja una línea de tiempo en la que se indique la evolución de la telegrafía y telefonía con base en la información presentada en el texto.
14. Liste a qué eventos relacionados con la celebración del “Día de las telecomunicaciones” o “Día de internet” ha asistido o planea asistir este año. ¿Participa activamente de alguna manera?, ¿Cómo?
15. Visite el museo de telecomunicaciones que se encuentra dentro del MUNAL, en el centro histórico de la Ciudad de México.
16. Con fines didácticos y nemotécnicos genere un caligrama para la telefonía como el que muestro en la figura I.2

Comparta sus reflexiones y la información que buscó con el resto de sus colegas.

CAPÍTULO II: LAS COMPUTADORAS

Una computadora hará lo que le digas, pero ello puede ser muy diferente de lo que tengas en mente.

Joseph Weizenbaum (1923-2008) alemán, inventor del lenguaje de programación SLIP [Symmetric List Processor] (General Electric y MIT), uno de los padres de la IA (inteligencia artificial).

Contexto

Una vez que la primera y segunda revolución industrial se generalizaron en Europa, y EUA, el entonces nuevo orden económico social mostraba a un nuevo jugador, Alemania, la cual se unió al grupo de países que generaba las tecnologías que resultaron en la implementación de las computadoras. Durante la segunda guerra mundial se gestó una revolución en la electrónica y se dio una carrera entre Alemania, Inglaterra y EUA para diseñar y construir computadoras. La segunda guerra mundial también terminó con el imperio británico y permitió surgimiento de dos superpotencias EUA y Rusia. Quizá las invenciones tecnológicas electrónicas que cambiaron la historia de la segunda guerra mundial fueron el magnetrón para el radar y las computadoras tras una gran alianza entre Reino Unido y EUA, mientras que en términos de materias primas el control del petróleo dio la ventaja al poseedor. En los 6 años de guerra, EUA duplicó su Producto Interno Bruto (PIB), produjo la mitad de los productos manufactureros del mundo, obtuvo el 66 % de las reservas de oro del mundo, poseía más de 30,000 bases militares en todo el mundo con lo que se convirtió en la primera potencia militar, lo que le permitió acelerar el proceso de globalización a su modo. Sin embargo, EUA no lideró la aparición de las computadoras, sino Alemania, secundada por el Reino Unido, aunque el poderío económico y las correspondientes inversiones de EUA le permitió liderar el desarrollo y evolución de estas desde 1958 y hasta 2013, cuando China lo desplazó al segundo lugar. También es interesante notar como el primer satélite artificial lanzado por USSR en 1957 lideró tal tecnología y posteriormente EUA se puso a la cabeza; de manera similar, el primer satélite cuántico lo lideró China en 2016, sin embargo, dadas las condiciones actuales se ve difícil que EUA este de regreso en poco tiempo para alcanzar a China.

Este capítulo permite al lector contextualizar a las actuales redes de datos, tocando las computadoras desde el nacimiento práctico de la computadora en 1940, evolucionando al nacimiento de las computadoras comerciales en 1950, pasando por el despliegue de aquellas computadoras con las que se crearon las redes de computadoras LAN a principios de la década de 1960, y que con el nacimiento y desarrollo de la industria de semiconductores entre otras, dieron origen a una tercera revolución industrial. Se cubren las generaciones de computadoras incluyendo de manera breve lo que sucedió en México y América Latina, así como una breve revisión a las computadoras cuánticas comerciales desde 2010.

II.1 La generación cero: 1936-1949, mecánicas y electromecánicas

Con base en las ideas de Charles Babbage para el diseño de la máquina analítica en 1837 y Pascal se dieron avances que son la base de las computadoras actuales. Durante la primera guerra mundial hubo muchos desarrollos, pero las necesidades en diversas industrias, principalmente la aviación requirió hacer cálculos a gran velocidad y guardarlos en una memoria.

1936-1939: 1ra computadora electromecánica programable

 **Z1:** La primera computadora electromecánica programable y con sistema numérico binario fue la Z1, construida por Konrad Zuse en Alemania entre 1936 y 1938, la cual contaba con 200 relés, 8 instrucciones, realizaba operaciones de punto flotante, su memoria era de 64 palabras de 22 bits, se alimentaba con tarjetas perforadas y su peso aproximado fue de una tonelada.

 **Z2:** En 1939 Zuse terminó la Z2, la cual contaba con 800 relés y palabras de 16 bits; las Z1 y Z2 fueron destruidas en 1943, durante la segunda guerra mundial [42].

La tabla II.1 muestra algunas características de la Z1. El poder de la Z1 es mucho mayor que aquellos circuitos que se construyen en la actualidad en muchas universidades, después de varios cursos de electrónica digital, en su lugar se compran procesadores y microprocesadores, sin embargo, se debe enfatizar la importancia de comprender la arquitectura de las computadoras [42].

	Característica	Conjunto de instrucciones	Ciclos de reloj
Velocidad de reloj	1 Hz	1. Suma	3
Registros	2 de 22 bits	2. Resta	4-5
Memoria	64 palabras de 22 bits	3. Multiplicación	16
Unidad aritmética	+, -, *, /	4. División	18
Operaciones con	Decimales con punto flotante	5. Lectura de memoria	1
		6. Escritura en memoria	1

Tabla II.1. Características básicas de la Z1

1940-1949: 1ra computadora electromagnética programable automática y binaria

 **Z3:** En 1941 Konrad Zuse construyó la **Z3**, la cual fue la primera computadora programable del mundo, una “computadora electromagnética completamente automática” y binaria, ya que usaba álgebra booleana, funcionaba a 5Hz; se programó automáticamente con tarjetas perforadas, de 64 palabras de 22 bits, con 9 instrucciones y también realizaba operaciones de punto flotante; con 1400 relés para memoria, 600 relés para la unidad aritmética y 600 para la unidad de control. La Z3 fue la cristalización de los conocimientos de tres autores: *Gottfried Leibniz*, quien inventó el sistema binario en 1690 con base en aritmética china del siglo XI; *George Boole* quien en 1854 inventó la lógica booleana y *Claude Shannon* quien en 1937 inventó la teoría de la comunicación con base en el álgebra booleana. La Z3 fue financiada por el *Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt* (Instituto de Investigación Aeronáutica de Alemania) y destruida en 1944 durante un bombardeo aliado sobre Berlín. Un diagrama de su arquitectura básica se bosqueja en la figura II.1 [42].

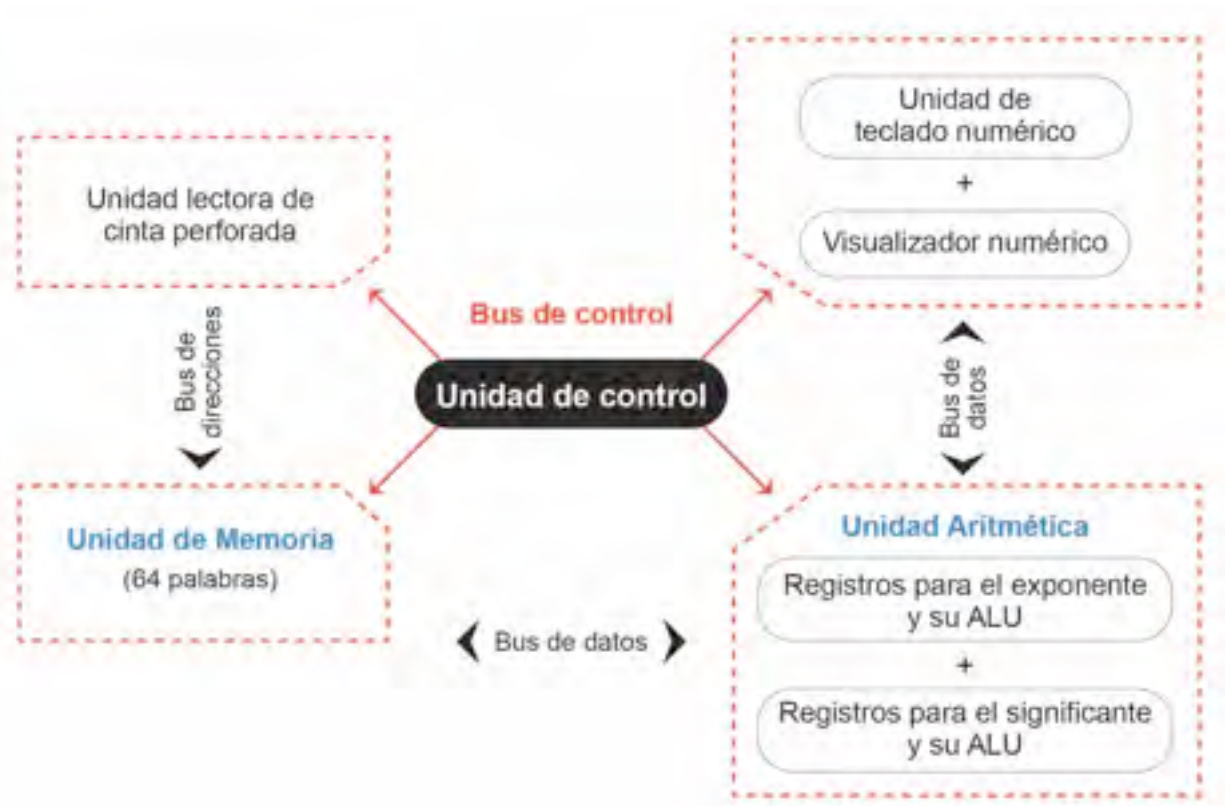


Fig. II.1. Diagrama a bloques del procesador Z3 (1941). Se incluyen los 3 tipos de bus.

La Z3 fue reconstruida en Alemania entre 1997-2003, y se encuentra en el museo Konrad Zuse, sin duda como parte de ese resurgimiento de orgullo alemán [43].

 Durante la segunda guerra mundial, el ejército alemán creó en 1939 la máquina de cifrado Lorenz SZ-40 y la SZ-42, pero los criptógrafos del ejército británico hicieron ingeniería inversa y dedujeron su funcionamiento en 1942 bajo el liderazgo de Alan Turing. Para lograrlo construyeron la *Heat Robinsons* y con base en ella Tommy Flowers en la Universidad de Londres, creó en 1943 la *Colossus Mark I*. Ésta fue la primera computadora electrónica digital programable de Reino Unido que contaba con 1,500 bulbos, y se empleó para descifrar los códigos generados por las Lorenz.

La *Bomb* del grupo de máquinas *Enigma* fue reconstruida en Reino Unido entre 1997-2007, bajo el proyecto *The Turing Bomb Rebuild Project*, para exhibirse desde 2008 en el museo *Bletchley Park*. En 2013 se filmó la película *Imitation Game* o “código enigma”, donde se puede ver la máquina reconstruida. Además, en 2000 se reconstruyó la *Heat Robinsons*, la cual también se exhibe en el museo *Bletchley Park* [44-46].

Sin duda con las reconstrucciones de computadoras emblemáticas, se respira un resurgimiento nacionalista entre Alemania y el Reino Unido a inicios del siglo XXI.

 Para 1944 se construyó la *Harvard Mark I* como un proyecto de la Universidad de Harvard e IBM y fue la primera computadora electromecánica de EUA.

 La Z4 se construyó entre 1942-1945, terminada en febrero de 1945 en el *Aerodynamische Versuchsanstalt* (Instituto de Investigación Aerodinámica), fue una mejora de la Z3 que hacía 1000 instrucciones de punto flotante por hora. La Z4 sería la primera computadora comercial en el mundo, pero dadas las condiciones de la guerra Zuse buscaba pasar desapercibido por los rusos de modo que se mantenía escondiéndola. En 1946 IBM compró las patentes de la Z3 a *Konrad Zuse*.

 En 1946 la ENIAC con 17,648 bulbos, 1500 relés, 6,000 interruptores, decimal y 72 toneladas, se programaba soldando cables, se desarrolló en la Universidad de Pensilvania para el ejército de EUA, y dejó de usarse en 1955 [47].

 En 1948 se construyó en el Reino Unido, la Manchester MARK I del tipo experimental. En este punto cabe recordar que durante 1935 y 1940 se desarrolló el radar en el Reino Unido, invento clave para detener a la Alemania nazi, el cual se compartió en 1940 con los EUA para realizar desarrollos de radares hasta llegar al magnetrón, una de las tecnologías determinantes en aquella guerra, y claro luego vinieron los hornos de microondas comerciales en 1947 [47].

Pasaron 100 años desde la conceptualización hasta la materialización de la primera computadora. La generación cero fue liderada por Alemania. Pasaron muchos años para que otros países contaran con la transferencia tecnológica, ya que la tecnología que podemos comprar hoy fue desarrollada hace ya varios años.

II.2 La generación 1: 1950-1958, Mainframes de bulbos

En diciembre de 1947 John Bardeen, William Shockely y Walter Brattain inventaron el transistor de germanio, en los laboratorios Bell (recibieron el premio Nobel de física en 1956 como reconocimiento a esta invención), sin embargo, el transistor debio madurar tecnológicamente hasta poder llegar a su producción masiva en 1951 [48].

En 1954 Texas Instruments produjo el primer transistor comercial de silicio, con lo que se abrieron las puertas para los circuitos con transistores y paulatinamente algunas partes de las computadoras de bulbos se fueran sustituyendo por circuitos con transistores [49].

1950-1951: Las primeras computadoras comerciales de propósito general

 En 1949 *Konrad Zuse* creó su propia compañía la Zuse KG, en 1950 vendió la Z4 terminada en 1945, la cual fue movida de manera itinerante y en 1949 al demostrar que resolvía ecuaciones diferenciales, el ETH (Instituto Federal Suizo de Tecnología) obtuvo financiamiento para rentarla por 5 años, entonces la **Z4 fue la primera computadora comercial de propósito general en septiembre de 1950 [42]**. Considérese que propiamente la Z4 modificada no fue de bulbos, pero al ser la primera comercial y tener un desempeño superior a sus contrapartes de Reino Unido y EUA hace que se le coloque en este apartado, por encontrarse en la transición.

 La **segunda computadora comercial fue la Ferranti MARK I entregada en febrero de 1951** vendida a la Universidad de Manchester en Reino Unido, generada a partir de la MARK I; esta contaba con 50 instrucciones y 4,500 bulbos [50].

 Y la **tercera computadora comercial fue la UNIVAC I de RAND Corp., entregada a la Oficina de Censos de EUA en marzo de 1951** y puesta en servicio en junio, con 5,000 bulbos, con capacidad para conectar hasta 24 unidades de entradas y salida y capacidad para manejar hasta 100,000 tarjetas perforadas; se produjeron 48 sistemas cuyo costo aproximado fue de un millón de dólares cada uno. Ese año EUA y el Reino Unido produjeron 20 computadoras [51].

 Por su parte la primera computadora Soviética fue la MESM (Máquina electrónica de cálculo menor) usada para fines militares y constaba de 6000 bulbos.

Las mainframes eran computadoras grandes cuyo poder de computación estaba centralizado y atendía a varios usuarios que se conectaban vía terminales.

El lector debe considerar que una es la fecha en la que el fabricante anunciaba sus productos, pero los equipos tardaban en construirse de 12 a 18 meses, de allí que encuentre que distintos autores emplean distintas fechas a la hora de clasificar las computadoras por generaciones.

1952-1958: La segunda oleada de las primeras computadoras comerciales de propósito general

 En 1952 IBM produjo la IBM Serie 700, iniciando con la IBM 701; en 1953 produjo la IBM 650 de primera generación, computadora de tamaño mediano; se fabricaron cerca de 2,000 sistemas y fue el modelo más popular en los años 50.

 La segunda computadora electrónica Soviética fue la BESM (Máquina electrónica de cálculo de alta velocidad) terminada en 1952, empleada en proyectos aeroespaciales y de energía nuclear.

 En 1953 se vendió la Z5 (Z4 mejorada) de 40 Hz, a la compañía Leits AG en Alemania.

 La IBM vendió su primera calculadora transistorizada en 1954, ese mismo año se fabricaron las primeras computadoras no comerciales híbridas con bulbos y transistores y solamente con transistores.

 En 1955 la Zuse Z22 fue completamente de bulbos con memoria de ferrita como RAM, tambor y tarjetas como memoria externa, a 3KHz, de 38 bits, usaba lenguaje ensamblador [42].

 En 1956 se produjo la IBM 305 RAMAC, la cual incluyó disco para almacenamiento de 5MB.

 En 1956 La Ferranti Mercury tenía 3,500 bulbos, era de punto flotante, como evolución de las anteriores MARK I y II, contaba con un arreglo de memoria de núcleo con capacidad para 1024 palabras de 10 dígitos, empleada para aplicaciones como diseño de aviones, cálculos para presas en ingeniería civil, y para meteorología y cálculo de impuestos [50].



En este punto cabe recordar que la Unión Soviética fue el primer país en enviar al espacio exitosamente un satélite artificial para orbitar el planeta Tierra el 4 de octubre de 1957, el Sputnik-1, con el apoyo de computadoras BESM en su aventajado programa espacial.



En 1958 la IBM 709 realizaba 5,000 multiplicaciones o divisiones por segundo, para aplicaciones comerciales, científicas y problemas de ingeniería empleando el lenguaje artificial de alto nivel FORTRAN [52].

Las computadoras de primera generación también las lideró Alemania. Las mainframes de primera generación tenían costos aproximados al millón de dólares [53]. La transición entre la primera y segunda generación de computadoras la marcó la UNIVAC II en 1958, la cual contaba con 4 módulos, tenía 5,200 bulbos, 1200 transistores, costaba arriba de un millón de dólares en función de los accesorios y era compatible con la UNIVAC I. Las computadoras híbridas se fabricaron entre 1958 hasta 1962 [54].

II.2.1 Las primeras mainframes en América Latina

En 1953 la Universidad Autónoma de Buenos Aires (UBA) en Argentina creó la licenciatura en “Computación Científica”, con un corte altamente matemático y de influencia europea, se llegó a enseñar la arquitectura de la Mercury Ferranti, la cual les llegó hasta 1960, pero también se analizó la IBM1401, de segunda generación.

En 1957 Colombia se convirtió en el primer país latinoamericano en contar con dos computadoras IBM 650 de primera generación, las cuales fueron adquiridas por empresas privadas; en el mismo año IBM de Venezuela adquirió una computadora del mismo modelo.

En 1958 Cuba recibió la IBM RAMAC 305, de las cuales se fabricaron casi 1,000 desde 1956, pero por su revolución se instaló hasta 1962, cuando se fundaron los centros de computación y electrónica, sus posteriores adquisiciones fueron computadoras inglesas y francesas.

También en 1958, ya habiendo iniciado la época de la segunda generación de computadoras, en México, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) rentó su primera computadora, una IBM 650 de segunda mano, previamente usada en la UCLA (University of California - LA), para el CCE (Centro de Cómputo Electrónico).

En 1959 Brasil se instaló una IBM RAMAC 305 para la compañía Anderson Clayton en Sao Paolo, en 1960 una IBM 650 la compró Volkswagen Brasil y el gobierno brasileño adquirió una IBM 305 RAMAC.

En 1960 la UNAM compró su primera minicomputadora, la Bendix G-15 computadora híbrida con casi 450 bulbos y 300 diodos de germanio.

En 1961 el IPN (Instituto Politécnico Nacional) compró una IBM-709 para el Centro Nacional de Cálculo CENAC.



En 1961 el hito latinoamericano lo marcó Brasil, primer país en contar con una planta ensambladora de computadoras de IBM, en la cual produjo la IBM 1401 [55, 56].

II.3 La generación 2: 1958-1965, comercial con transistores discretos.

En 1958 Jack Kilby inventó el circuito integrado (CI) en *Texas Instruments* y casi simultáneamente Robert Noyce en *Fairchild Semiconductors*, después se maduró hasta llegar al proceso planar en 1959. Posteriormente llegó la producción masiva para las SSI (*Small Scale Integration*) y MSI (*Medium Scale Integration*) y en 1960 ya se empleaba el término microelectrónica [57, 58]. En 1961 *Fairchild Semiconductor* ya usaba CIs de transistores planares para producir compuertas con lógica RTL (Resistor Transistor Logic – Logica Transistor Resistor) y para 1963 publica su *Custom Microcircuit Design Handbook*, con lo que deja a cualquier fabricante listo el terreno para que sus mainframes usen CI monolíticos en sus diseños y para 1965 liberó el amplificador operacional $\mu A709$. En el mismo 1963 inició la construcción de la primera computadora no comercial hecha completamente de CI, la AGC (*Apollo Guidance Computer*) para el programa espacial de EUA [59]. En este periodo se expusieron las ideas de la IA (Inteligencia artificial) [Turing, Minsky y McCarthy] cuyas etapas de transición fueron generando la invención de redes semánticas y sistemas expertos.

1958-1962: La carrera entre Europa y EEUU

 En 1958, la compañía holandesa Electrológica fabricó la X1, computadora completamente transistorizada, de las cuales se vendieron 30 [60].

 La *Stantec Zebra*, de STC Inglaterra en 1958, funcionaba con sólo tres módulos: uno para energía, otro para la computadora y almacenamiento, y un escritorio para la lectura y escritura con tarjetas [61].

 En EUA la primera computadora totalmente hecha con transistores fue la RCA 501 (*Electronic Data Processing System*) de 1958 [62]. Por parte de IBM, la IBM 7090 de 1959 fue la versión de transistores de la IBM 709, con 6 veces mejor rendimiento y la mitad de precio. La IBM 1401 de 1959, llamada *Data Processing System*, estaba compuesto por las IBM 729, una unidad de cintas magnéticas para almacenamiento, la IBM 1403 una impresora y la IBM 1402 una unidad lectora de tarjetas perforadas. La compañía *Digital Equipment Corporation* (DEC) vendió su primer PDP-1 en 1960, una computadora de transistores de 18 bits, que sentó las bases para las minicomputadoras, cuyo precio era de alrededor de 120,000 dólares; se fabricaron 53 [63].



La Zuse Z23 de 1961 fue la primera computadora transistorizada de Alemania [42].



La Unión Soviética fue el primer país en enviar al espacio exitosamente a un humano, Yuri Gagarin, en vuelo orbital tripulado en 1961 y a la primera mujer, Valentina Tereshkova, en 1963; el programa espacial soviético empleó computadoras BESM-2.



En 1962, la IBM 1440 era una computadora mainframe para contabilidad y sistemas de información financiera para lo cual usaba el lenguaje artificial de alto nivel COBOL, mientras que la IBM 7094 fue usada para aplicaciones de computación científica de gran escala. La UNIVAC III también fue completamente de transistores, pero era incompatible con sus antecesores, se usó para aplicaciones científicas y comerciales.

1963-1965: IEEE, la primera supercomputadora y minicomputadora comercial



Dada la franca aceptación del término electrónica, el impacto en prácticamente toda tecnología asociada, el desarrollo de computadoras y las redes de telecomunicaciones, entre 1961 y 1962 se negoció la fusión entre el AIEE y el IRE, para crear al *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), organización que se haría líder global en estandarización tecnológica y el cual a la fecha es la que produce la mayor cantidad de literatura tecnológica en el mundo y se encarga entre otros del estándar de Ethernet, el IEEE 802 [13].

En 1963 inició la construcción de la primera computadora no comercial hecha completamente de CI, la AGC (*Apollo Guidance Computer*) para el programa espacial de EUA, el cual estaba en franca desventaja respecto del de la Unión Soviética, la cual continuaba usando computadoras BESM [59].

La CDC6000 fue la primera supercomputadora comercial creada en 1964, era la más cara y rápida del mundo. La PDP-8 de DEC, fue la primera minicomputadora comercial (junto con la CDC160), construida con transistores en 1965; dado su éxito se produjeron casi 50,000, cada una valía cerca de 20,000 dólares.

Las versiones PDP-8 de 1968 eran de transistores, pero ya incluían CI de SSI, marcando la transición entre la segunda y tercera generación, estas híbridas se construyeron hasta 1969 [53]. La segunda generación de computadoras ya fue liderada por los EUA. Las computadoras de primera y segunda generación se caracterizaron por ser **mainframes**, es decir, tener un equipo central conectado con una unidad lectora de tarjetas perforadas, la unidad de almacenamiento en cintas o discos, la impresora y varias terminales. Las compañías las ofrecían como sistemas completos, ya que todas las unidades indicadas eran compatibles en el mejor de los casos solamente con sus mismos equipos.

II.3.1 La segunda generación en México

En el ámbito académico, en 1963 la UNAM rentó una computadora Bull Gamma 30, de segunda generación para sustituir a la Bendix. En 1965 compró una IBM-1440 (para pequeñas y medianas empresas) para trabajos administrativos y para 1967 se sustituyeron los equipos por la mainframe IBM 360/40 de segunda generación, fabricados desde 1964 [64, 65].

II.4 La generación 3: 1965-1975, circuitos integrados SSI y MSI

En 1964 se fabricaron las compuertas TTL 7400 (Transistor Transistor Logic – Lógica Transistor Transistor) con grado militar y la comercialización se hizo masiva en 1966. En 1965 se produjeron las primeras memorias ROM de 256, 512 y 1024 bits; las mejoras tecnológicas en las escalas SSI (Small Scale Integration) y MSI (Medium Scale Integration) se dan con los contadores, registros y ALU (Aritmethic Logic Unit) hasta que en 1968 se alcanzó la total madurez en los CI de MSI. Posteriormente la industria mundial de CI maduró hasta que Suiza llevó los CI (MSI) a los relojes, mientras que Japón los llevó a las calculadoras en 1967 [66]. En 1969 se produjeron los CI de LSI (LSI-*Large Scale Integration*- Escala de Integración Grande), y ese mismo año Japón fabricó calculadoras con tecnología LSI [67].

1965-1966: CISC

 En 1964 IBM anunció la serie de mainframes IBM 360 y su primer cliente la recibió en 1965, tal computadora tenía una arquitectura CISC diferente a sus antecesoras, ya que usaba microprogramación. IBM introdujo la tecnología SLT (*Solid Logic Technology*), previa a la de SSI, con un CPU de 32 bits y capacidad de direccionamiento de 24 bits y 16 MB para el almacenamiento. Con ella se podrían conectar hasta 44 equipos periféricos y con el sistema operativo 360 compatible para todos los equipos de la serie 360, algunos modelos de la serie ya trabajaban como estaciones de trabajo. Entre 1964-1971, IBM con su Serie 360 llegó a ocupar el 70% del mercado. Varias IBM 360 modelo 75 producidas en 1966 ya conformaban los sistemas de control aéreo [68, 69].

 En 1965 RCA anunció la serie Spectra 70 y en 1966 la Burroughs B2500/3500, todas ellas con CI monolítico. En 1966 la compañía Scientific Data System (SDS) produjo la mainframe SDS 940 con circuitos integrados, una CPU de 32 bits y se le podían conectar una gran cantidad de periféricos; también produjo la SDS Sigma 7 una mainframe de CI de 32 bits [68, 70]. Por su parte se comercializó la PDP-10 de DEC (*Digital Equipment Corporation*), esta era de transistores, diodos, compuertas básicas y FlipFlops en CI con SSI; tenía CPU de 36 bits y 18 bits para direcciones, para lo que usaba un arreglo para sus interfaces llamado *Flip Chip*. La PDP-10 contaba con una arquitectura que permitía manejar 366 instrucciones, podía usar BASIC, FORTRAN y COBOL, también usaba caracteres bajo código ASCII. Su sistema operativo era de tiempo compartido y podía atender a un máximo de 63 usuarios. Su consola tenía pantalla con tubo de rayos

catódicos y teclado modularmente integrado. Para la comunicación remota tenía una capacidad para 32 modems y contaba con interfaces seriales RS-232 [71].



En 1967 la compañía Zuse KG fue comprada por *Siemens*.



En 1968 la japonesa Fujitsu desarrolló la FACOM 230-60 con multiprocesador, para lo que usaba dos CPU de CI [72]. Entre 1967 y 1969 Quillian y Collins crearon el concepto de redes semánticas que se usarían en IA y que en campos del conocimiento se hicieron comunes como mapas conceptuales o mentales. En este punto es recomendable la película de ficción científica A “2001: A Space Odyssey” de 1968, asesorada por el propio Marvin Minsky.



En julio de 1975 se logró el acoplamiento APOLO-SOYUZ en órbita de la tierra, los EUA emplearon computadoras no comerciales de CI resultantes de la mejora de la AGC y la Unión Soviética las BESM-6. Los soviéticos tuvieron problemas políticos internos desde 1966 y decayó su innovación en computadoras.

Las computadoras de tercera generación fueron lideradas por EUA. Las mainframes de tercera generación tenían costos iniciales mínimos de aproximadamente 100,000 dólares por usar circuitos integrados, sin embargo, también tenían módulos de circuitos con transistores discretos.

Las computadoras de tercera generación SDS sigma 7, SDS 940, IBM 360/75 y PDP-10 jugaron el papel protagónico en la primera red WAN (*Wide Area Network - Red de Área Amplia*) funcional en 1969.

II.4.1 La tercera generación en México

En México la computación recibió un fuerte impulso con la llegada de Harold V. McIntosh (1929-2015) al CINVESTAV-IPN entre 1964-1965, DPCCE-UNAM (hoy IIMAS), entre 1965-1966, y la ESFM-IPN entre 1966-1975. Durante ese periodo la UNAM adquirió una PDP-8 y junto con el IPN siguieron actualizando sus equipos. Los primeros egresados en computación en México fueron del IPN en 1965, de la carrera de comunicaciones y electrónica [73].

En 1966 Brasil fue el primer país latinoamericano en adquirir su primera computadora de tercera generación, una IBM 1130 [74].

Al final de la década de los 60, el ITESM (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey) en Monterrey, Nuevo León, compró su primera minicomputadora: la IBM 1620 (se produjeron casi 2,000 desde 1960). Con este equipo el ITESM creó la primera licenciatura en computación del país en 1967, secundada por la UNAM y el IPN.

Al principio de los años 70 la UAP (Universidad Autónoma de Puebla) adquirió la minicomputadora IBM-1130 de tercera generación, de las cuales se produjeron casi 10,000 desde 1965. En 1973 la UAP creó la “Licenciatura en Computación” con la asesoría de McIntosh, quien desde 1975 hasta su muerte laboró en el Departamento de Aplicación de Microcomputadoras del ICUAP (Instituto de Ciencias de la BUAP). Durante mi formación en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y su transición a las Facultades de Electrónica y Facultad de Computación en la BUAP en la década de los 90, y posteriormente ya en 2003 como profesor-investigador en UPAEP, tuve la oportunidad de entrevistar al Dr. H. V. McIntosh, famoso, entre muchas razones, por haber rechazado un “doctorado honoris causa”.

En la década de los 70 eran tan pocas las computadoras en México que IPN, UNAM y BUAP compartían sus computadoras para la ejecución de programas computacionales [75]. En esa misma década la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) creó su licenciatura en computación y le siguieron varias universidades más en México [73-75].

II.5 La generación 4: Desde 1975, computadoras con LSI, VLSI, UVLSI

Para 1970 había una población mundial de casi 4 mil millones, en México casi 48 millones; un mercado potencial para el consumo de productos, incluyendo los tecnológicos [33]. Ese año se produjeron las primeras memorias PROM (Programable Read Only Memory) y también UNIX. INTEL comercializó el primer procesador, el 4004 de 4 bits para datos a 740 Khz con 46 instrucciones y 16 registros, en un chip de 16 terminales, con 2,300 transistores [76].

Para 1971 ya se fabricaban las memorias EPROM (Erasable Programable Read Only Memory) y en 1973 se inventó el lenguaje C, pero fue hasta 1975 cuando se construyó la primera computadora personal, empleando CI, cuyas escalas de integración fueron LSI y VLSI. En 1977 se comercializaron las microcomputadoras Apple, Commodore y TRS-80 (Tandy Radio Shack con procesador Z-80) y en algunos casos se vendieron como kits. Ese mismo año, se introdujeron las famosas minicomputadoras DEC-VAX-11, como sucesoras de las PDP-11. A continuación se abordarán algunos aspectos generales de las computadoras de cuarta generación [77].

II.5.1 Memorias semiconductoras: adiós núcleos magnéticos.

La microelectrónica permitió la creación de circuitos integrados (CI) en sus distintas escalas de integración: SSI, LSI, VLSI y UVLSI, lo que facilitó el surgimiento de las memorias y las computadoras de tercera generación, apareciendo finalmente las computadoras personales.

En 1970 se popularizaron las memorias ROM de 8Kb (8192 bits), las cuales eran del mismo tamaño que los registros de 8 bits, de modo que los fabricantes de mainframes y de minicomputadoras cambiaron sus memorias de núcleo magnético. Más tarde se fueron desarrollando las memorias RAM (Random Access Memory), DRAM (Dynamic RAM), SRAM (Static RAM), SDRAM, NVRAM (Non-Volatile RAM), ROM (Read Only Memory), PROM, EPROM, EEPROM (Electrically Erasable Programable Read Only Memory), CDROM, DVD (Digital Video Disk), DVD-R (DVD Recordable), DVD-RW (DVD - ReWritable), etc.

“Memoria USB” es un concepto erróneo, consulte el apéndice “Corrección a conceptos erróneos”.

II.5.2 Microprocesadores y microelectrónica

La IBM *System 360* (3ra generación) comercializada en 1965 fue el parteaguas dando inicio a la arquitectura de computadoras moderna, pues ofreció un cierto nivel de compatibilidad haciendo que una serie de computadoras pudiera ejecutar las mismas instrucciones, también distinguía la arquitectura de computadora de la implementación del hardware.

La arquitectura de computadora es la estructura abstracta de una computadora, la cual debe conocerse para poder programar en lenguaje de máquina.

La aparición de la microprogramación permitió mediante el uso de microinstrucciones acelerar 10 veces los procesamiento, lo cual condujo a popularizar el diseño del conjunto de instrucciones, para la que había dos caminos:

- a) CISC (*Complex Instruction Set Computers* – Computadora con un conjunto de instrucciones complejas): arquitectura que permite tener instrucciones grandes que se ejecutan en varios ciclos de reloj gracias a un intérprete.
- b) RISC (*Reduced Instruction Set Computers* - Computadora con un conjunto de instrucciones reducidas): arquitectura creada en 1980 que permitió contar con instrucciones esbeltas que se ejecutan en unos pocos ciclos de reloj sin usar interpretación, por lo que simplificó el hardware y hacer sinergia entre la arquitectura y los compiladores [77, 78]. Uno de los primeros procesadores totalmente RISC fue el MIPS I (*Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages*) de 32 bits liberado en 1985 por la compañía MIPS Technologies.

La tabla II.2 muestra un resumen de procesadores para microcomputadoras populares en las décadas de 1970-1980 [3, 78]. Conocer la arquitectura es muy importante para obtener el mejor provecho de ellos, a éstos los diferencian su número y poder de su conjunto de instrucciones y los ciclos de reloj que usan cada una de las instrucciones, así como el ancho de banda de sus bus de datos, direcciones y control.

Una página web donde se puede obtener información sobre una gran lista de procesadores y sus comparativos es la referencia [79].

Intel (74) / Altair (75) / IBM (81)	MOS Technology / Apple (77) / Motorola (79)
➤ En 1974 el procesador 8080 de 8 bits para datos a 2Mhz, en un chip de 40 pines. ➤ En 1975 la ALTAIR 8800 fue la primera computadora personal vendida como un kit, usaba el 8080, lenguaje ensamblador guardada en cinta de papel, empleaba interruptores y leds, usó el Bus Altair o Bus S-100, el cual fue modificado y renombrado como IEEE-696 en 1983. ➤ En 1979 el procesador 8088 de 16 bits a 10Mhz, en un chip de 40 pins, mismo que se empleó para la primera IBM-PC en 1981, segunda computadora personal.	➤ En 1975 MOS Technology vendió el procesador 6502 de 8 bits; ese mismo año Motorola liberó el MC6800 (con casi 6,800 transistores), usado por la TRS-80. En 1976 la Apple I usó el 6502. ➤ En 1977 la Apple II, con base en el 6502, primera computadora personal comercial con teclado, monitor y lector de discos. ➤ En 1979 Motorola vendió su procesador 68000 de 32 bits. ➤ <i>En 1983 se vendieron cerca de 3.5 millones de computadoras personales.</i> ➤ En 1984 la Apple Macintosh usa un 68000, tenía un disco floppy de 3.5". Ese año se vendió el Motorola MC68020. ➤ En 1987 Salió la Macintosh II con procesador 68020 y también se produjo el MC68030. ➤ Durante los 80, Apple, Commodore, Amiga y Atari emplearon el 6502 en sus primeros modelos y luego aquellos de la familia 68000. ➤ En 1990 se liberó el MC68040.

Tabla II.2. Procesadores populares para microcomputadoras de 1970 a 1990 [3].

La tabla II.3 muestra un resumen de procesadores para microcomputadoras populares en las décadas 1970 y 1980 [3].

Generación	Año de comercialización	Procesadores	Dimensiones de transistor	# Aproximado de transistores
16 bits				
1er microprocesador	1971	4004 (calculadora)	10,000 nm	2,300
-	1972	8008	10,000 nm	3,300
-	1974	8080 [1975 - 1ra microcomputadora como KIT]	6,000 nm	4,500
1	1978	8086	3,000 nm	20,000
1	1979	8088 [1981-2da Microcomputadora]	3,000 nm	29,000
1	1982	80186	3,000 nm	55,000
2	1982	80286 (PC-AT)	1,500 nm	134,000
32 bits				
3	1985	80386	1,500 nm	275,000
3	1988	80386 SX	1,000 nm	275,000
4	1989	80486 DX (80386 + FPU-Floating Process Unit)	1,000 nm	1,200,000
4	1991	80486 SX	900 nm	1300,000
4	1992	80486 DX-2	800 nm	1,400,000
4	1994	80486 DX-4	600 nm	1,600,000

Tabla II.3. Procesadores populares para microcomputadoras de 1981 a 1994. Microelectrónica

II.5.3 La transición de la microelectrónica a la nanoelectrónica

Para 1993 Intel liberó al procesador PENTIUM, un procesador 5 veces más poderoso que su predecesor, el 80486 liberado en 1989, iniciando con una nueva generación de procesadores. La tabla II.4 muestra los procesadores más populares de Intel para microcomputadoras en la era de la transición de los microprocesadores a nanoprocesadores, vía la microelectrónica a la nanoelectrónica. Todos estos procesadores son de 32 bits.

Año de comercialización	Procesadores	Dimensiones de transistor	# Aproximado de transistores
1993	Pentium	800 nm	3 millones
1995	Pentium -Pro	500 nm	5.5 millones
1997	Pentium MMX	350 nm	4.5 millones
1997	Pentium II	350 nm	7.5 millones
1998	Pentium II Xeon (servidores)		
1998	Celeron	250 nm	
1999	Pentium III Pentium Xeon (servidores)	250 nm	9.5 millones
2000-2006	Pentium 4	180 - 65 nm	42 - 184 millones

Tabla II.4. Procesadores populares para microcomputadoras de 1993 a 2006. Generación 5

Para quienes tenemos un posgrado en semiconductores, nos queda claro que un país sin capacidad para generar dispositivos electrónicos semiconductores, discretos o integrados, está condenado a la esclavitud, no hay para ese país soberanía tecnológica.

En 1998 se liberaron los procesadores STRONG ARM para telefonía móvil y otros equipos de comunicaciones.

En el año 2000 Intel liberó el Pentium 4 y en 2001 los procesadores XEON e ITANIUM usados principalmente para servidores. Considere que los procesadores ITANIUM ya no corresponden a la arquitectura x86.

En 2003 el procesador CENTRINO (130 nm) incluyó la capacidad para manejar WiFi, por lo que este ayudó a detonar la venta masiva de notebooks y laptops, a partir de la cual el dominio de las computadoras personales se hizo masivo mundialmente.

En 2005 Lenovo (China) se quedó con la producción y el mercado de lo que fueron las computadoras personales IBM (EUA) y a nivel mundial los EUA habían perdido el liderazgo en el mercado e incluso en la manufactura.

II.5.4 Nanoprocesadores y nanocomputadoras [64 bits]

Desde 2006 Intel introdujo los procesadores con 2 núcleos en un chip, los CORE 2 de 2 núcleos, CORE 2 DUO de 2 núcleos y CORE 2 QUAD de 4 núcleos; el tamaño de los transistores fue de 65nm, 65nm-45nm y 45 nm respectivamente, y su ciclo de vida fue del año 2006 hasta 2011 cuando quedaron descontinuados.

La tabla II.5 muestra un resumen de los procesadores Intel populares para nanocomputadoras, observe que los todavía no comercializados ya se encuentran en pruebas finales, pero ya tienen fechas tentativas de lanzamiento. En la tabla se han dejado algunos espacios vacíos para que el lector se involucre un poco más, busque la información correspondiente y la complemente. Todos esos procesadores ya incluyen un GPU (*Graphics Processing Unit* – Unidad de Procesamiento Gráfico) y se comparan contra *CORE DUO* y QUAD. Por su parte, los procesadores para móviles siguen la tendencia de los procesadores multinúcleos. Para Intel la designación de familias, el procesador *Celeron* sería de 1 estrella, el *Pentium* de 2 estrellas, el *Core i3* de 3 estrellas y así. Todos los procesadores indicados en la tabla son de 64 bits.

Gene- ración	Año de comercialización	Número de núcleo físicos por familia				Dimensión transistor	# transistores
		i3 (baja)	i5 (media)	i7 (alta)	X Series		
1	2010 (enero)	Core i3 2 núcleos	Core i5 4 núcleos	Core i7 6 núcleos	X	32nm <= 45 nm	700-800 Millones
2	2011	Core i3-2100 2 núcleos	Core i5-2100 4 núcleos	Core i7-2100 6 núcleos	X	32 nm	500 – 600 Millones
3	2012	Core i3-3100 2 núcleos	Core i5-3100 4 núcleos	Core i7-3100 6 núcleos	X	22 nm	
4	2013	Core i3-4100 2 núcleos	Core i5-4100 4 núcleos	Core i7-4100 6 núcleos	X	22 nm	1,300 - 1,500 millones
5	2014	Core i3-5100 2 núcleos	Core i5-5100 4 núcleos	Core i7-5100 6 núcleos	X	14 nm	1,300 - 1,900 millones
6	2015	Core i3-6100 2 núcleos	Core i5-6100 4 núcleos	Core i7-6100 6 núcleos	X	14 nm	
7	2016	Core i3-7100 2 núcleos	Core i5-7002 4 núcleos	Core i7-7002 6 núcleos	X	14 nm	
	2017 (junio)	X	X	X	Core i9-7900X 10, 12, 14, 16, 18 núcleos		
8	2017	Core i3-8100 4 núcleos	Core i5-8400 6 núcleos	Core i7-8400 8 núcleos		14 nm	
8	2018	X	CPU INTEL GPU AMD	CPU INTEL GPU AMD			

Tabla II.5. Procesadores Intel de **varios núcleos** para computadoras personales en la era de la nanoelectrónica.

La Serie X, llamados chips teraflops, con capacidad *mega-tasking* se lanzaron en 2017, y por ejemplo un Core i9, con un costo inicial de 2,000 dólares de EUA, dando inicio a los primeros chips teraflops, que cuentan con decenas de MB para la memoria caché, con un poder similar a las supercomputadoras de la década entre los años 1990-1999.

II.5.5 Microcontroladores

Los primeros controladores o microcontroladores también se comercializaron en la década de los 70, para aplicaciones que requerían computadoras insertadas en otros sistemas; es decir, un controlador o microcontrolador es una computadora en un chip. La diferencia con una computadora personal es que, un controlador no requiere de muchos puertos de comunicaciones, ni de mucha memoria, razón por la que muchos de los primeros controladores sólo tenían memoria hasta 64Kb en RAM y 4 puertos de comunicación: 2 de tipo serial y 2 de tipo paralelo. Por lo general los microcontroladores emplean una arquitectura Harvard en lugar de una del tipo Von Newman [77, 78].

Los fabricantes de procesadores hicieron sus versiones de microcontroladores, por ejemplo, Motorola ofreció los MC68EC020, MC68EC030 y MC68EC040 a partir de los procesadores MC68020, MC68030 y MC68040 respectivamente, lo propio hicieron Intel, AMD e IBM, etc. Estos microcontroladores se usaron en impresoras, tarjetas para video, consolas para video juegos, hornos de microondas, algunas computadoras personales, conmutadores telefónicos y routers. En 2000 hubo un cambio masivo de memorias “flash” (EEPROM) en lugar de las PROM e EPROM dentro de los microcontroladores, por lo que en 2001 se hizo muy popular el **PIC16F84** (Microchip Inc.) de 8 bits con 35 instrucciones y 18 terminales, tal que PIC (*Peripheral Interface Controller*) [3].

II.5.6 Circuitos auxiliares para microprocesadores 1970-1999

El éxito de las computadoras personales de los años 80 y 90 se debió al amplio soporte de los CI con sus varias funciones tales como el 8089 coprocesador matemático y los 8250 UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) para comunicaciones seriales del **estándar** RS232, el 8251 controlador de comunicaciones UART (*Universal Synchronous / Asynchronous Receiver Transmitter*), 8253 temporizador programable de intervalos, 8255 PPI (Programmable Peripheral Interface), 8257 Controlador DMA (Direct Memory Access) y 8259 Controlador programable de interrupciones. También los 8282 *latch* octal, 8284 generador de reloj, 8286 transceptor de bus octal, 8288 controlador de bus, 8289 árbitro de bus [3].

II.5.7. La computadora como una máquina multinivel

La definición de computadora ha evolucionado con el tiempo, para los primeros diseñadores de arquitecturas de computadoras, una computadora era sólo una máquina de estados; después se hizo generalizada la definición de que una computadora era simplemente hardware, después era la fusión de *hardware* con *software*. Una de las definiciones más completas permite entender a una computadora como un sistema multinivel o una máquina multinivel compuesta básicamente de máquina real y máquinas virtuales; ambas se pueden dividir en varios niveles.

La figura II.2 muestra un diagrama de una computadora conformada por un sistema digital y máquinas virtuales, el software se presenta mediante interfaces CLI (*Command Line Interface*) o GUI (*Graphic User Interface*) o NUI (*Natural User Interface*) como es el caso de las BCI (*Brain Computer Interface*). También presento una adaptación con propósitos didácticos de una computadora y de un servidor, tomando como base la idea de Tanenbaum respecto de la computadora como una máquina multinivel [78].

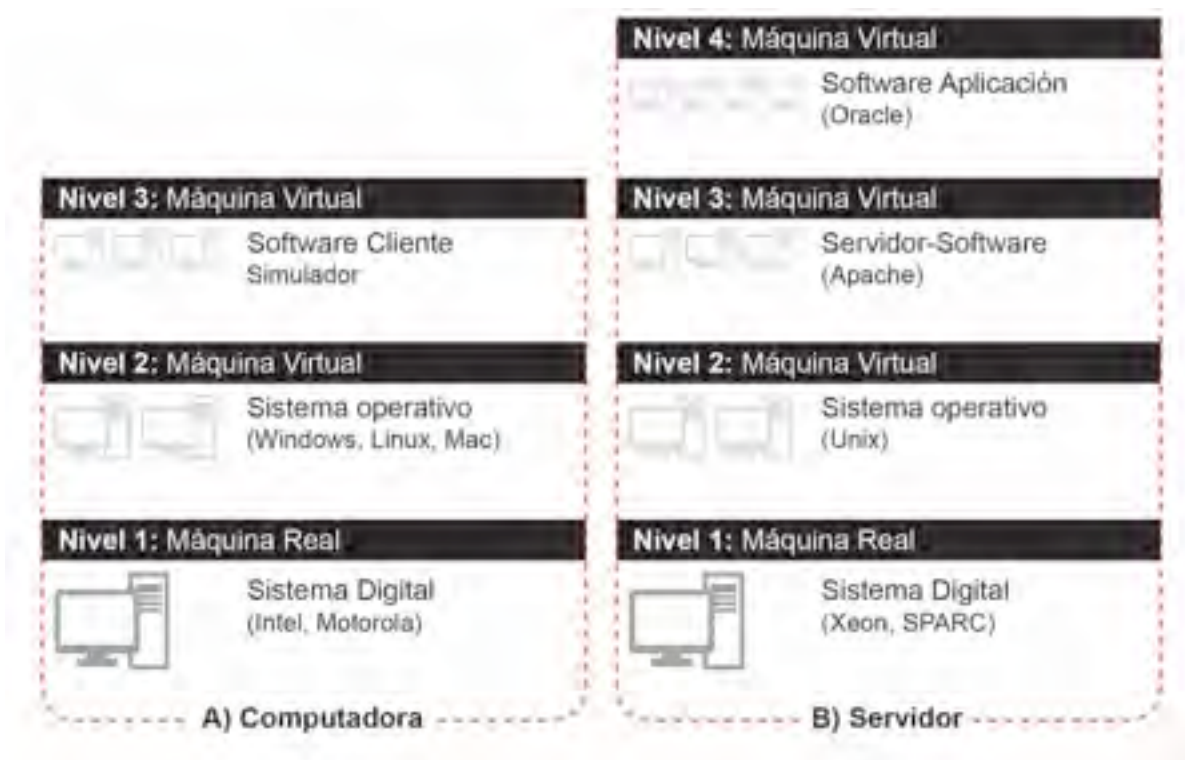


Fig. II.2 Computadoras vistas como máquinas multinivel.

Como analogía, el cuerpo humano es la máquina real o física, mientras que la mente-consciencia y el alma-espíritu son máquinas virtuales.

II.5.8 Elementos básicos de una computadora

Desde su concepción, las computadoras que ahora llamamos clásicas adoptaron ya sea la arquitectura de Harvard o la arquitectura de Von Newman, la diferencia sólo radica en que Harvard usa una división de memorias, una para instrucciones y otra para datos, la cual es la arquitectura que más usada en microprocesadores. En general las computadoras se componen de 3 elementos o bloques principales:

1. **CPU** (Central Process Unit - Unidad Central de Procesamiento), la cual se compone de la unidad de control y el *Datapath*, la cual se compone a su vez de ALU (Arithmetic Logic Unit- Unidad Aritmético Lógica) y una memoria interna con base en registros.
2. **Communications Unit** (Unidad de comunicaciones), la cual se conoce también como unidad de entradas y salidas de información a través de equipos periféricos (teclado, monitor, mouse, digitalizadores, impresoras, graficadores, pantallas táctiles, etc), los cuales no forman parte de la computadora, pero desgraciadamente la mayoría de la gente cree que sí, otro gran concepto erróneo.
3. **Storage Unit** (Unidad de almacenamiento de información), la cual es un sistema de almacenamiento, y según la arquitectura podemos o no hacer una división entre memoria para instrucciones y memoria para datos. Normalmente aquella información que sirve para la ejecución de programas la llamamos interna y para ello se emplean memoria RAM, EEPROM, Caché, etc, una vez que haya que almacenar información procesada en grandes cantidades se usa la memoria externa la cual consiste de cintas magnéticas (obsoletos), discos duros, discos flexibles (obsoletos), discos compactos, o memorias de estado sólido o de semiconductor de alta capacidad y velocidad, las cuales por analogía y nostalgia con la terminología anterior llamamos incluso comercialmente SDD (Solid State Disks - Discos de estado sólido), los cuales son memorias EEPROM del tipo Flash de alta velocidad y alta capacidad que en la década de los 1990 fueron usadas como memoria cache y que fueron muy caras, ya desde 2015 su costo ha caído fuertemente y son una excelente opción a los que fueron por décadas tradicionalmente usados, los discos duros.

II.5.9 Secuencia de arranque de una microcomputadora

Toda computadora, por poco o muy poderosa que sea, tiene una determinada secuencia de arranque, desde aquellas que se usan en computadoras personales, teléfonos celulares, robots hasta las que componen a los *switches* y *routers*, ya sea que se encuentren en tierra, o en satélites, sus cargas útiles o estaciones espaciales. Dada la importancia del arranque de una computadora se ejemplificará con el caso del sistema operativo MSDOS en las microcomputadoras de la década de los 80, a la fecha el método general de arranque prácticamente no ha cambiado [3].

Paso 1: El programa BIOS [*Basic Input Output System*], el cual se encuentra dentro de una memoria ROM, PROM, EPROM o EEPROM, realiza las pruebas POST [Power On Self Test], las cuales consisten en:

- a) Inicializar los circuitos de soporte
- b) Inicializar los dispositivos (drives, disco duro, teclado)
- c) Inicializar el vector de interrupciones
- d) Ejecutar el **BOOTSTRAP**, el cual es el proceso que consiste en hacer la lectura del primer sector de disco, el sector cero, ubicado en la pista cero.

Paso 2: Se carga el IO.SYS o el IBMBIOS.COM para indicar los límites de memoria.

Paso 3: Se carga el MSDOS.SYS o el IBMDOS.COM para definir interrupciones del DOS

Paso 4: Se carga el COMMAND.COM, el cual se instala en dos partes de la memoria:

- a) La parte residente (kernel o núcleo) y b) La parte transitoria.

Paso 5: Si existen los archivos CONFIG.SYS y AUTOEXEC.BAT se ejecutan en ese orden configurando a la computadora y al finalizar aparece el *prompt*, el cual indica al usuario que la computadora se encuentra lista para recibir órdenes. El *prompt* es diferente en función del sistema operativo empleado, este es claro de visualizar en la CLI, pero no en la GUI, interfaz para la cual este proceso aparece como una caja negra para el usuario común, pero no debería serlo para quienes se preparan como profesionales de las TICs [3].

II.5.10 La cuarta generación en México

En México desde 1977 y durante la década de los 80 fue un periodo de gran auge de las computadoras, pues las universidades y empresas tanto públicas (CFE y PEMEX principalmente) como privadas introdujeron minicomputadoras y microcomputadoras, las cuales podían verse incluso en algunos centros comerciales. Debido a las necesidades del mercado se presentó una primera fuerte migración de profesores de las universidades o instituciones de educación superior hacia las empresas públicas o privadas, un fenómeno cíclico que se repitió en los años 2000 y nuevamente en 2006, pero sólo hacia empresas privadas. Las universidades públicas tenían clara la aplicación como herramientas computacionales, pero IPN, UNAM y BUAP decidieron además hacer desarrollos propios que se quedaron dentro de las instituciones.

En la BUAP, el ICUAP creó la microcomputadora CP-UAP una computadora con base en el procesador NEC V-20. En 1984 la SEP (Secretaría de Educación Pública) anunció su proyecto MICROSEP, con la idea de dotar a todas las escuelas del país, desde primaria hasta preparatorias o bachilleratos de microcomputadoras. El proyecto inició en 1985, primero participaron empresas para ofrecer un producto con base en el 6809E de TRS, como el *Computer Color* para la Microsep 1600. Posteriormente participaron en algunos prototipos IPN y la UNAM de manera intermitente en un segundo intento, pero con procesadores 80186 o 80188 de Intel para la Microsep 16, usaban el lenguaje de programación Basic; hubo muchos cambios como era de esperarse, finalmente en 1988, la SEP entregó casi 5,000 sólo en algunas preparatorias y bachilleratos y de allí no pasó a mayores. Personalmente fue la segunda computadora con la que tuve contacto ese mismo año. La Microsep no trascendió, fue un *kit* de 1977 que seguía teniendo un gran parecido a las TRS.

Al final de la década de los 80, el ITESM en Monterrey, UDLAP en Puebla y el ITAM en la Ciudad de México habían actualizado sus equipos y se encontraban mejor armados tecnológicamente que las universidades públicas, las cuales habían tenido en los 70 una gran época. Las universidades privadas se enfocaron principalmente en las Apple II y Macintosh, mientras que las públicas en IBM PC y PC-compatible. Respecto de los lenguajes de programación, Fortran y Basic dejaban de ser populares, dando paso principalmente a Pascal [3, 73, 75]. Una vez que el lenguaje de programación “C” fue ratificado como estándar ISO en 1990, fue cuando en México se fue adoptando para la década de los 90, al final de la década se popularizó el lenguaje C++ como híbrido ya orientado a objetos. En la década de 2000 Java se hizo popular.

PRÁCTICA 0:

Para que el lector identifique las características básicas de su computadora, liste en la tabla indicada, marca, modelo, procesador y su velocidad de reloj, cantidad de RAM, y capacidad en disco duro, como en el ejemplo indicado.

Marca / modelo	Procesador / velocidad de reloj	RAM	DD
Sony / Vaio	Intel Pentium 2117U (core 2) a 1.8 GHz [2014]	4 GB	Kingston UV300 - Solid State Drive 120 GB [2016]

La línea Intel Pentium 2117U es de séptima generación, la cual produjo en 2012 para equipos portátiles y móviles, la línea Pentium se mantiene a la fecha, relegado a la gama de mercado medio-baja adecuado para laptops y notebooks, los “core i3” son de gama media, los “core i5” media-alta y los “core i7” de gama alta. Para el almacenamiento, un SSD es 10 veces más rápido que un disco duro de partes móviles con motor de 7200 rpm., consume menos energía y es menos vulnerable a los golpes [80].

Marca / modelo	Procesador / velocidad de reloj	RAM	DD

Deseo compartir con el lector que desde 1997, durante mis estudios de posgrado ya discutíamos entre estudiantes y profesores mientras jugábamos en laboratorio, sobre si las entonces muy caras memoras flash EEPROM empleadas como memorias caché en los procesadores, pudiesen en el futuro llegar a tener altas capacidades del orden de cientos de GB para poder sustituir a los discos duros mecánicos y que fuesen comerciales, en ese momento nos decíamos, si será posible en el futuro, veamos cuando.

Casi 20 años después, para 2008 los SSD se hicieron comerciales, claro, con un costo 10 veces mayor al de un disco duro mecánico; y para 2018, 10 años después, su valor era de casi 2 veces la de un DD. Para 2030 la probabilidad de que las laptops y desktops comerciales ya traigan incluidas de fabrica los SSD son altísimas, haciendo prácticamente obsoletos los DD mecánicos.

II.6 La 5ta generación y la IA

II.6.1 La 5ta generación

Dado que desde la generación cero a la cuarta, cada generación era superada por otra entre década y década y media, en 1981 apareció la idea de la quinta generación de computadoras en Japón, asociada al uso de IA y el proyecto fue financiado en 1982; después de sufrir varias modificaciones, y de que en varios países se iba integrando la IA a las computadoras, el proyecto se cerró en 2003, para dejar claro el consenso de que la idea de computadoras que integran la IA, es una realidad.

II.6.2 Supercomputadoras modernas

Como se había mencionado, la primera supercomputadora se hizo comercial en 1964 al final de la segunda generación con la CDC6000, de allí las supercomputadoras CRAY se hicieron populares desde 1976, las cuales costaban alrededor de 8 millones de dólares, trabajaban por ejemplo a 64 bits con 8MB en RAM a 80 Mhz.

Durante la década de los 80 y 90 la empresa CRAY fue la líder en supercomputadoras las cuales eran tan poderosas que llegaron a capacidades de Teraflops (10^{12} FLOPS - Floating Point Operations per Second - operaciones de punto flotante por segundo) siendo casi 10 veces más poderosas cada 10 años. En los 90 las supercomputadoras de EUA y Japón lideraban la computación. Desde 1993 se lleva un ranking sobre las 500 supercomputadoras más poderosas en el mundo. En 2000, se rebasó el poder de los Petaflops (10^{15} FLOPS), de modo que para 2030 se espera se alcancen los Exaflops (10^{18} FLOPS). Y sólo por dar una vaga comparación con los GPU Xenos para video en las consolas como XBOX 360 (2005-2016), estas alcanzaron en 2012 (Kinetic Star Wars) aproximadamente 250 GFlops, mientras que los GPU de los smartphones de la época alcanzaron los 120 GFlops.

La realidad de la IA a nivel demostrativa y pública sobre computadoras con inteligencia artificial se dio en 1996 con la supercomputadora *Deep Blue* de IBM (del tipo procesamiento paralelo masivo - PPM) al ganarle al campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov. Desde el año 2000 a nivel internacional hay una gran relación entre supercomputadoras IA y la computación cuántica, pero sobre todo buscando ponerlas en un solo chip.



Para 2013, a 20 años del inicio del registro del “ranking” de supercomputadoras, la supercomputadora China Tianhe-2 se colocó en la primera posición con 33.86 Petaflops por segundo para lo que emplea 3,120,000 de núcleos y consume 17,808 Kw; la posición número uno también la obtuvo en 2014, 2015, segundo lugar en 2016 y 2017, sólo superada en ambas ocasiones por otra china, la Sunway TaihuLight, la cual ocupó el primer lugar con 96 Petaflops por segundo y no le veo competidor cercano para 2018. En 2017 los 5 países con más supercomputadoras dentro del grupo de las 500 mejores supercomputadoras son: China, EUA Japón, Alemania y Francia; Sorpresivamente una supercomputadora de España ocupa la posición 13 y Brasil, único país latinoamericano en la clasificación mundial ocupa las posiciones 472 y 481 (proveedor de servicios *cloud*) [81].

II.6.3 Computación cuántica comercial

La computación cuántica consiste en todo un paradigma completamente diferente a las computadoras clásicas de Turing que conocemos, se fundamenta en la mecánica cuántica desarrollada a principios del siglo XX, se ha desarrollado la matemática cuántica y con base en ella la criptografía cuántica, concepto desarrollado en 1969. Sin embargo, el primer protocolo formal sobre criptografía cuántica se publicó en 1984 en un congreso de IEEE, ese protocolo es el *Quantum Public Key Distribution* (QPKD) conocido como el protocolo BB84 [82, 83]. La gran ventaja de la criptografía cuántica es que en teoría es inviolable, de modo que bajo esta tecnología es posible enviar información sin que sea capturada por un tercero, con ello nació el procesamiento de información cuántica.

2011: Primera computadora cuántica comercial

La computación clásica tiene un cuello de botella en términos de búsquedas muy específicas dentro de bases de datos secuenciales o relacionales, en caso muy particulares de enormes bases de datos, la búsqueda podría tardar un año; tal limitación hizo que se buscara un paradigma totalmente diferente. Para 2017 se logró tener transistores de 14 nm, se espera que para 2025 se llegue a 1 nm, más debajo de eso se queda dentro de la escala subatómica, entonces el paradigma solución es la computación cuántica.

Los primeros experimentos de la computación y comunicaciones cuánticas se dieron en 2003 por EUA y Japón; en 2004 por Japón independientemente y en 2005 por China, haciendo una clara demostración de la potencia que ya era.

En 2011 la empresa D-Wave vendió a la famosa empresa Lockheed Martin la primera computadora cuántica, la DWave-One de 128 qubits comercial por un costo aproximado de 10 MDD; los “qubits” son bits cuánticos.

En 2013 DWave creó junto con NASA y Google la DWave-Two de 512 qubits aplicado a inteligencia artificial.

En 2015 reportaron la DWave 2X con un chip que tenía activados 1024 qubits, el cual ya trabaja en la NASA.

En 2017 la DWave 2000Q con base en un chip de 2048 qubits, consume 25Kw cuando una supercomputadora tradicional puede consumir 100 veces más aproximadamente. Los clientes conocidos que en la actualidad de la computación cuántica son Lockheed Martin, NASA, Google, *Los Alamos National Laboratory*, UCS/ISI, Volkswagen y algunas corporaciones cuyos nombres no se revelan; por el momento se indica que D-Wave tiene 140 patentes en EUA y más de 90 artículos científicos publicados [84, 85]. Intel y QuTech liberaron en diciembre de 2017 su Chip cuántico de 48 qubits denominado *Tangle Lake*.

Cuando comparamos el poder de la computación clásica con la computación cuántica obtenemos que, si tomamos la mejor supercomputadora, la computadora China Tianhe-2 y agregaríamos otra igual, tendríamos un poder de computación lineal, es decir $2n$; mientras que si tomamos una supercomputadora Tianhe-2 y le agregamos una computadora cuántica de 1 qubit, el resultado sería un poder computacional de 2^n .

Veámoslo así, dada una supercomputadora clásica a la que le toma hacer una tarea en un tiempo determinado, si a esta le agrego una computadora cuántica de 512 qubits, entonces la tarea resultante será 2^{512} , elevando la productividad impresionantemente, y dado que la productividad será exponencial, transformará en las próximas décadas lo político, social, cultural y económico como nunca en la historia de la humanidad. Si en la actualidad todas las supercomputadoras del mundo trabajaran en conjunto para resolver un problema les llevará 1 año, entonces una computadora cuántica podría resolver el mismo problema en 1 hr.

2016: China, las primeras comunicaciones y satélite cuánticos

La prueba de concepto del QDP real se demostró en 1992 al poder tener comunicación a una distancia de 32 cm. En 2004 una alianza británico-japonesa (Cambridge-Toshiba) logró la comunicación cuántica a 122 Km, y NEC en Japón de 150 Km.

 Para 2005, China logró comunicación cuántica a una distancia de 125Km usando el espacio y en 2016 a casi 400 Km usando fibra óptica. En agosto de 2016 China colocó en órbita e hizo operacional el primer satélite cuántico MICIUS, haciendo comunicación espacial a 1 Kbps (20 órdenes de magnitud más que lo que se había logrado con fibra óptica) a una distancia de 1,200 Km, con lo que le ganó la carrera a EUA, recordándonos cuando la USSR colocó en octubre de 1957 el Sputnik, ganándole la carrera a espacial a los EUA. El artículo de las pruebas fue publicado en 2017 en la revista *Science* [86]. Y desde 2016 China tiene el proyecto de crear una infraestructura de comunicaciones cuántica global que lleve como consecuencia al “internet cuántico” [87]. Es por esta razón que China se coloca como la superpotencia en comunicaciones y computación cuántica desde 2017.

II.6.4 Cyborgs y transhumanismo: Siglo XXI

Desde 1958 se han implantado marcapasos (generadores de señales electrónicas) de manera comercial en pacientes cardíacos, mientras que por otro lado, los trasplantes de corazón para chimpancé y humanos se dieron en 1964 y 1967 respectivamente, de allí muchos más órganos han sido trasplantados más de 10 millones de personas desde entonces solo en EUA, y para 2018 se estiman sólo 3,500 trasplantes de corazón y pulmón al año de acuerdo con *The Society of Thoracic Surgeons*, cuya tasa de supervivencia a los 10 años es de 56% [88]. Por otro lado, los corazones artificiales mecánicos fueron inventados en 1963 y empleados en humanos en 1969 y hasta 2000 los pacientes implantados duraban de días a semanas, ya en la década de 2000 se han conseguido meses y en la segunda década de 2000 se están logrando algunos años y los problemas de biocompatibilidad se redujeron ya que están generándose combinaciones de tejidos biológico con sintético con circuitos electrónicos. Mucho de esto se puede encontrar en publicaciones de IEEE EMB Society.

De alguna u otra manera se llevan más de 70 años tratando de reducir el impacto de enfermedades humanas limitantes con tecnología electrónica y biotecnología. Con estos antecedentes, desde la década de 1950 y 1960 se afinó el término “transhumanismo” y el mismo, por ser un concepto relativamente viejo, ha ido teniendo adaptaciones, aunque se concibe en general como el ideal de hacer humano mejorados con el uso de tecnología, llámese electrónica o biotecnología. En realidad, esta idea siempre ha estado en lo profundo del ser humano, desde que se usan lentes sobrepuestos, bastones, muletas, prótesis y lentes de contacto, pero esas tecnologías no eran invasivas, por lo que algunos autores le llamamos el proto-transhumanismo, ya que ha ido permeando y preparando en el inconsciente colectivo la idea del uso de tecnología para reducir o eliminar nuestras limitaciones por problemas de nacimiento, accidentes o daño por envejecimiento. El paso posterior fueron los implantes invasivos tanto de órganos naturales o artificiales incluyendo las populares corneas naturales o artificiales, entre tantas otras, de modo que el siguiente paso es el completamente invasivo. El proyecto genoma humano (1990-2003) sin duda ha contribuido con enormes avances en la dirección de reparación humana desde el nivel celular y por otro lado poder crear también impresoras 3D con base en material biológico para generar órganos que puedan ser trasplantables. De hecho, la raíz viene desde la clonación de la famosa oveja Dolly en 1996 y desde 2005 ya se han hecho comerciales los primeros gatos y perros clonados, los cuales estuvieron disponibles para quienes pagaban en ese entonces alrededor de 100,000 dólares de los EUA. La clonación de otros animales y sobre todo para que sirvan como alimento ya es una realidad en el

mundo; además la clonación humana también es una realidad, pero no comercial, todo esto va sentando precedentes, modificaciones legales, políticas, etc.

Aun cuando los intentos serios de integrar tecnología a los humanos que han sufrido alguna discapacidad se han venido desarrollando desde la década de los 60, desde la década de los 90 varios humanos han experimentado ya con chips implantados. *Cyborg* (*cybernetic organism*) es la palabra que designa a personas que emplean tecnología para extender sus capacidades “normales”, aun cuando desde que se insertan marcapasos, o se implantan lentes o un corazón artificial o los exoesqueletos para recuperar la vida “normal” de una persona ya se puede decir que se estuvo de alguna manera generando *proto-cyborgs*. La definición de *cyborg* ha venido cambiando desde sus inicios, así como lo he planteado con anterioridad al definir computadora, *cyborg* podríamos entenderlo actualmente como la hibridación entre humanos y computadoras, se puede extender a la convivencia simbiótica de organismos vivos y tecnología.

Defino a un *cyborg* como a una persona cuyo funcionamiento depende o se apoya en equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos o una combinación de ellos para mejorar su supervivencia y bienestar.

Y así como en el tiempo varios autores han propuesto generaciones de computadoras, en mi caso yo he propuesto la mía, con base en los criterios señalados en secciones precedentes, también es posible hablar de generaciones de robots, generaciones de robots androides y generaciones de *cyborgs*.

En el cine, la película terminator de 1984 también puso de moda la palabra cyborg y se hizo una detallada explicación de ello, sin embargo, el desarrollo y proliferación de *cyborgs* reales se da y dará para apoyar a todos aquellos, que tengan una discapacidad ya sea por nacimiento o por algún accidente, sin descartar el caso de aquellos que puedan comprar la tecnología para obtener ventajas sobre los demás haciendo hincapié en el mejoramiento de las capacidades humanas.

Desde 2002 Jens Naumann recibió por parte del *The Dobelle Intitute* el primer implante para tener visión artificial vía BCI, haciendo realidad al ojo biónico como aquel de la serie de ficción científica *The Six Million Dollar Man* (el hombre nuclear) de 1973, haciéndolo realidad casi 30 años después [89, 90].

Desde 2004, el gobierno de Reino Unido reconoció y extendió un pasaporte al primer *cyborg*, Neil Harbisson quien tiene una antena oseointegrada llamada *eyeborg* desde 2003, la cual le permite entre otras cosas ver además del espectro visible (400nm - 700nm), el infrarrojo y el ultravioleta.

En 2010 Neil Harbisson creó la *Cyborg Foundation* para defender los derechos humanos de los cyborgs. Otros *cyborgs* famosos son Jesse Sullivan, Jens Naumann, Nigel Ackland, Jerry Jalava, Claudia Mitchel, Hugh Miller Herr entre otros muchos a los que la lista sigue exponencialmente y entre los famosos, el físico Stephen Hawking, quien falleció en marzo de 2018 [91].

El *eyeborg* y muchas otras interfaces que se están desarrollando desde la década de 2000, es lo que conocemos como ejemplos de las ya mencionadas NUI. El tema de los *cyborgs* ha sido polémico y ligado al transhumanismo y posthumanismo, de modo que con tal de que cada vez sea más aceptable se han hecho muchas inversiones en este rubro, apoyadas por una avalancha de mensajes en el cine que se decantan en programación predictiva desde la década de los años 80.

Lo anterior nos deja claro que a mayor poder computacional mayor eficiencia en el intercambio de información que permite un mayor desarrollo, pero también debe ser acompañado de la seguridad de la información. Es muy interesante notar que los avances tecnológicos llegan desde su concepción como “ficción científica” para permearla a la opinión pública usando la programación predictiva, hasta su realidad comercial en periodos de 30 a 40 años. De hecho, por ejemplo, el proyecto ROBOCUP inicio en 2000 para que en 2050 el equipo campeón mundial de robots futbolistas juegue contra el campeón mundial de humanos y prácticamente desde la academia y empresas de todos los países participan anualmente en las competencias de robots futbolistas, algunos de una forma u otra hemos participado [92, 93]. Pese a las polémicas con los derechos de los *cyborgs*, desde 2004 las defensas han tenido éxito gracias al largo camino andado por quienes lucharon años atrás por los derechos de los transexuales, lo cual sentó precedente jurídico. Para terminar, recomiendo uno de los ya varios proyectos relacionados con la inmortalidad y transferencia de mente-consciencia y alma-espíritu a otros cuerpos, uno muy popular es el proyecto de neurociencia AVATAR 2045 que marca un camino hacia a la “neo-humanidad”, proyecto iniciado en 2011 [94]. Y como es práctica común desde la literatura y los medios electrónicos, la programación predictiva se hace patente mostrando la dirección que tomará toda una industria, para lo que recomiendo las películas *Transcendence*, *Avatar*, *Chappie*, *Exmachina*, *Altered Carbon* y todas las relacionadas con IA, la mayoría llevadas a las pantallas a partir de libro de ficción científica y para 2018 ya hay más de 100 películas y series. Algunas de las realidades ya muy baratas están siendo comercializada por empresas relacionadas con “My3Market”, empresa que ya implantó a sus empleados un chip subcutáneo como monedero electrónico desde 2017 ya no como algo experimental [95]. Y como hemos visto hay patrones que muestran que las tecnologías de punta se hacen comerciales para las clases media altas después de un periodo de desarrollo de 50 años, desde 2010 se han reportado casos experimentales éxitos con limitaciones y en 2017 con mejores

resultados, cuyo costo aproximado para clientes es de 1,000 millones de dólares, de modo que quizás para 2050 o 2060 se tengan productos comerciales.

II.6.5 Generaciones de *Cyborgs*

En esta tercera edición del libro hago una primera propuesta de generaciones de cyborgs, misma que hasta mi conocimiento es la primera propuesta al respecto a nivel global, de momento no encontrado autor alguno con una propuesta de clasificaciones, taxonomías o generaciones.

Desde el principio de la humanidad el hombre ha querido salvar problemas por accidentes o incapacidades y con base en la definición que proporcioné, la cual a su vez es una definición aproximada a la que podemos encontrar en varios diccionarios y autores, pero, desde mi punto de vista, más completa, entonces hago la siguiente clasificación o propuesta de generación de cyborgs con base en el criterio de desarrollo tecnológico empelado en los sistemas orgánico-cibernéticos:

A) **Generación cero o proto-cyborgs**

Describe a aquellas personas que ya sea de manera temporal o permanente emplea **dispositivos o sistemas mecánicos** para restaurar la funcionalidad mecánica de nuestro cuerpo o contrarrestar el deterioro o daño de alguno de los sentidos, pueden ser de dos tipos no implantados o implantados. En el caso de los dispositivos o sistemas no implantados están, por ejemplo, las muletas, bastones, zapatos ortopédicos, prótesis estéticas mecánicas para extremidades ya sean brazos o piernas, incluyendo a aquellas prótesis usadas en competencias deportivas, incluso las sillas de ruedas mecánicas y también se ubican a los lentes sobrepuestos para contrarrestar el deterioro o debilidad visual. Mientras que en el caso de los dispositivos o sistemas implantados se encuentran los implantes dentales, las prótesis de cadera y otros que reemplazan partes oseas con materiales metálicos como titanio o con materiales sintéticos; también encontramos los implantes de lentes dentro de los ojos. En este sentido prácticamente todo humano en algún momento de su vida pudo haber sido un proto-cyborg, pero no todos han sido conscientes y para la mayoría esto no representa incluso en la actualidad un problema de conflicto ético. Yo mismo uso lentes sobrepuestos de modo que pertenezco a esta categoría.

B) 1ª Generación o cuasi-cyborgs

Describe a aquellas personas que ya sea de manera temporal o permanente emplean **sistemas electromecánicos o electrónicos** para restaurar la funcionalidad mecánica del cuerpo o contrarrestar el deterioro o daño de alguno de los sentidos, los cuales pueden ser implantados o no implantados. Para el caso de los sistemas no implantados encontramos como los dos más antiguos a los aparatos auditivos sobrepuestos usados por muchas personas de la llamada “tercera edad”, los cuales cuentan en su interior con amplificadores; también ya antiguos están los marcapasos externos, además de las sillas de ruedas automáticas y los exoesqueletos que permiten a las personas desplazarse sin usar las sillas de ruedas, además encontramos a las prótesis robóticas de extremidades. Por su parte, del tipo implantado están el marcapasos electrónico interno y el corazón artificial electromecánico. En el cine encontramos que la película “Avatar” muestra militares usando exoesqueletos cuyo mando combina movimientos mecánicos con controles electromecánicos, los cuales ya se encuentran disponibles de manera experimental y comercialmente. En este sentido Stephen Hawking pertenece a esta categoría.

C) 2ª Generación - Cyborgs

Describe a aquellas personas que ya sea de manera temporal o permanente emplean **sistemas electrónicos o robóticos** para restaurar la funcionalidad mecánica del cuerpo o contrarrestar el deterioro o daño de alguno de los sentidos o buscan directamente la mejora de las capacidades humanas, estos sistemas sólo son del tipo implantados. Ejemplo de estos son los marcapasos internos de última generación, las cámaras con forma de ojo con circuitos integrados como los *eyeborg*, los circuitos integrados implantados en el cerebro o aquellos circuitos integrados implantados en las extremidades, como aquellos que permiten la geolocalización, o aquellos que permiten pago de servicios de manera electrónica vía RFID. Algunos de los implantes ya permiten que un humano modificado o *cyborg* pueda conectarse a internet. Este es el tipo de humano al que se le designa con el símbolo **H+** para indicar a un humano que ha agregado a sus bibliotecas otras habilidades. Para el caso específico de los **H+** que tengan conectividad a redes y en este caso a internet vía wifi o por otra interfase, es factible proponer un dispositivo o sistema de nombre **H+** que se pueda agregar en simuladores y emuladores de redes de datos con Cisco Packet Tracer o GNS3 (Graphical Network Simulator-3) ente otros, a sus bibliotecas de “host” junto con computadoras laptops, tabletas teléfonos móviles, básicamente debido a que contarían o cuentan con una interfase que pudiese ser del tipo Giga Ethernet o similar, evidentemente el mayor riesgo está en el campo de la cyber seguridad. Los proyectos están en la mesa y trabajando, la disposición comercial deberá

estar antes de 2030. En este sentido, Neil Harbisson, Jesse Sullivan, Jens Naumann, Nigel Ackland, Jerry Jalava, Claudia Mitchel y Hugh Miller Herr, entre otros pertenecen a esta categoría. La figura II.3 muestra una foto de Neil y su eyeborg integrado.



Fig. II.3 Neil Harbisson, primer cyborg reconocido (foto con permiso de Neil - 2018, tomada por Lars Norgaard).

II.6.6 El futuro humano ya está en el laboratorio

Ayer *brain machine interfaces* (interfaces chip en el cerebro) fueron ficción científica, popular desde 1999 con la película *Matrix*; y desde 2005 una realidad en animales. Con base en las BMI (*brain machine interfaces*), es posible que los humanos se comuniquen vía INTERNET, claro, con el riesgo de ser hackeados. Todavía no son comerciales en el llamado mercado legal, lo serán una vez que en la sociedad el IoT sea aceptado de manera general en la sociedad y serán aceptados poco a poco ya que serán populares entre aquellas personas que tiene alguna enfermedad o limitación, de

modo que la tecnología este ayudando, también se contemplara la experimentación de la ubicuidad y la experimentación de modificaciones de la consciencia entre otras tantas posibilidades.

En la UACM en el laboratorio de ADVNETLAB ubicado en E-060 del Campus San Lorenzo Tezonco, el cual dirijo, contamos con una reunión anual en la que bajo el tema de *Social Implications of Technology* estuvo relacionada con la IEEE-UACM Student Branch (2009-2018) y con el *Computer Society Student Chapter* (2010-2018), proyecto que después de casi 10 años he concluido. Algunos de los temas que hemos tocado han sido relacionados con la obsolescencia programada, la *Universal Basic Income* (renta básica universal), propuesta en varios países del llamado primer y segundo mundo, pero incluso en el Senado de México una copia y orden directa del Fondo monetario internacional, aplicado ya como piloto en varios países como posible respuesta ante el cambio tecnológico de la cuarta revolución industrial, entre otros temas. Por otro lado, en China el experimento de crédito social iniciado en 2009 en Suining, Jiangsu ha llevado a la aprobación de leyes, en 2012, que han obligado a las compañías proveedoras de internet a que los usuarios se registren con su nombre real, de modo que desde 2014 se ha podido ir aplicando el plan estratégico para el sistema de crédito social, mismo que tiene como prototipo al “sesame credit” de Alibaba, el cual inicio su implantación en 2015. El estado espera implementar completamente su sistema de crédito social en 2020. El proyecto de TV británica *Black Mirror* dedicada exclusivamente a los efectos secundarios de la tecnología, hizo alusión a este tipo de sistemas reales en el segundo episodio de la primera temporada de 2014-2015, la llamada *fifteen million merits*.

Actualmente tenemos un proyecto relacionado con el servicio social “H+OC de ADVNETLAB”, el cual busca que la gente entienda lo que tenemos ya, y lo que está por venir relacionado con el tema H+. H+OC se entiende como un centro de orientación y discusión, el cual espero, pueda unirse en 2020 a un observatorio transdisciplinario que no se limite a una única institución de educación superior y que de alguna manera extienda la labor que vengo realizando en relación con *social implications of technology*. La figura II.4 muestra el logotipo del laboratorio desde el que se originó el proyecto en cuestión.



Fig. II.4 Logotipo del laboratorio ADVNETLAB donde nació el proyecto H+OC.

II.6 Autoevaluación para el capítulo II

1. Defina computadora.
2. Indique cuál fue la primera computadora digital y a qué generación pertenece.
3. Genere un gráfico bidimensional que incluya al menos 15 computadoras comerciales y su correspondiente generación, en un eje coloque la línea de tiempo y en el otro los 3 principales países que las desarrollaron.
4. ¿Cuál es la diferencia entre la arquitectura de Harvard y la arquitectura de Von Neumann?
5. Explique el proceso de arranque de una computadora.
6. ¿Qué es un “end system”?
7. ¿Cuál es la diferencia entre microcontrolador y microprocesador?
8. Indique 3 diferencias entre CISC y RISC y expanda sus siglas.
9. Mencione 3 procesadores comerciales CISC y 3 procesadores RISC.
10. ¿Cuál es el procesador que se recomienda como mínimo para usarse en un servidor?
11. Indique los 4 nombres (corto y expandido) de las memorias semiconductoras tipo ROM empleadas en computadoras.
12. Ofrezca una clasificación de memorias RAM.
13. ¿Existen las memorias USB?, explique.
14. Indique 3 aspectos relevantes de la computación en México.
15. Indique 3 aspectos relevantes de la computación en América Latina.
16. Como recomendación cinematográfica está la película “código enigma” de 2015 para conmemorar los 100 años del natalicio de Alan Turing.
17. Bosqueje mediante un diagrama, los componentes principales de su computadora
18. Bosqueje mediante un diagrama, los elementos principales de un teléfono celular
19. Indique las características de la computadora personal que utiliza, indicando marca y modelo de: a) equipo; b) procesador; c) tarjeta de red; d) memoria RAM.
20. Considere que, si la primera computadora comercial se vendió en 1950, y en 1983 se vendieron más de 3.5 millones de computadoras personales cuando habían 4.7 mil millones de habitantes en el planeta, es decir menos del 0.1% de la población pudo tener una de ellas. Si en 2011 se vendió la primera computadora cuántica comercial, ¿cuándo cree que el 0.1% de la población pueda contar con una de ellas?

CAPÍTULO III: EL NACIMIENTO DE LAS REDES DE DATOS MAN-WAN

Las computadoras y sus redes marcaron la llegada de una tercera revolución industrial con base en la electrónica y la computación. Para entender una de las varias causas por las que la riqueza que produce un país posibilita inversiones tecnológicas y un mayor desarrollo social, incluyo una revisión al contexto económico en función del PIB (Producto Interno Bruto) en cada etapa de cambios de las redes de datos, ya que de alguna manera se relaciona con el IDI (Índice de Desarrollo de las TIC) creado por el ITU en 2009.

III. El nacimiento de las redes de datos

Las redes de computadoras marcaron una revolución, cambiaron la manera en cómo se realizan todas las actividades económicas, sociales, culturales y de educación entre otras. Fueron 10 años lo que tardó en que las computadoras comerciales en los países creadores de tecnología llegaran a aquellos en vías de desarrollo y algo similar ocurrió con las redes de computadoras incluyendo la internet. Gracias a esta tercera revolución industrial o la revolución de las TIC que nos coloca en la sociedad de la información y el conocimiento, actualmente, un producto creado en un lugar del mundo puede comprarse en otro lugar en cuestión de segundos. En este capítulo se hace una revisión al nacimiento y evolución de las primeras redes de datos y así como varios autores hemos definido generaciones para computadoras, desde la primera edición de este libro en 2014, propuse agrupar a las redes de datos, también en generaciones, además indico el contexto económico mundial en términos del PIB como indicativo de riqueza y de posibles inversiones tecnológicas [2, 3].

A continuación, presento la misma clasificación original de 2014 que propuse en la primera edición de esta obra, con base en la propia arquitectura de redes, usada también en la segunda edición de 2016, pero en esta edición de 2018, la presento actualizada; de modo que abordo desde 1960 con la concepción sistematizada de las redes de datos, pasando por 1995 con el nacimiento de internet comercial y hasta 2018 en pleno internet interplanetario [96, 97].

III.1 La primera generación de redes MAN-WAN: ARPANET V1

Desde la aparición de los primeros circuitos eléctricos, pasando por la invención de los relés, bulbos y transistores hasta los circuitos integrados, se había trabajado con el paradigma tecnológico de conmutación de circuitos (*circuit switching*); este es el que se usaba en las redes telefónicas analógicas y digitales. Cabe mencionar que quienes se preparan en electrónica, estudian en sus primeros cursos de dispositivos y circuitos eléctricos, dispositivos y circuitos electrónicos tanto analógicos como digitales usan este tipo de tecnología.

En 1958 se vendió el primer MODEM, ya los modems más modernos de los 60 y 70, permitieron comunicar LAN (*Local Area Network*) y MAN (*Metropolitan Area Network*) con un número muy limitado de computadoras, aquellas que se conectaban vía remota usaban un modem a 56Kbps.

Una LAN (*Local Area Network* - Red de Área Local) puede conectar dos computadoras dentro de una habitación, edificio o campus, es decir entre 10 m. y 1 Km.

Las computadoras mainframe de las décadas de los 50 y 60 de primera y segunda generación brindaban servicios como computadoras centralizadas en un determinado campus para atender a varios cientos de usuarios.

En 1961 Leonard Kleinrock, modificó radicalmente el paradigma de comunicaciones de *circuit switching* (conmutación de circuitos) a *message switching* (conmutación de mensajes) con su tesis doctoral en el MIT-EUA *Information flow in large communication nets*, estableciendo la teoría matemática para las redes de paquetes, mensajes o datos. En 1962 JRC Licklider propuso la idea de una INTERGALACTIC COMPUTER NETWORK (red de computadoras intergaláctica) en ARPA.

1964-1965: Red punto a punto

Kleinrock publicó el primer libro que explicaba la comunicación por conmutación de mensajes con base en su tesis doctoral. Y Paul Baran (EUA) construyó la primera red de comunicaciones distribuida, la cual se podía conectar con varios nodos. Donald Watts Davies (Reino Unido) también desarrolló un sistema como Baran acuñando el término “paquete” y “conmutación de paquetes”, para describir los “bloques de datos” y el protocolo del manejo de mensajes.

Con el tiempo se hizo más popular y aceptado el término “comunicación de paquetes” y no comunicación de mensajes.

La UCLA (University of California-Los Angeles) ya contaba con la LAN más grande del mundo, con 30 estaciones de comunicaciones CC-30 (*Computer Communications*) que se encontraban en todo el campus para conectarse con una mainframe IBM 360/75 vía PSTN a 56Kbps [13]. En 1965 Licklider y su equipo logró la comunicación entre una TX-2 ubicada en el Lincoln Lab (MIT) y una SDC Q-32 en Santa Barbara, California vía PSTN.

Una MAN (Metropolitan Area Network - Red de área metropolitana) puede conectar dos computadoras dentro de una ciudad, es decir, en aproximadamente 10 Km.

1967: La idea y el proyecto de ARPANET, una WAN

La ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) creada en 1958, decidió crear una red de comunicaciones grande y conformó al equipo de investigación. West Clark propuso usar minicomputadoras como conmutadores de paquetes de red. En 1968 se presentó oficialmente el plan del proyecto de investigación, cuyo objetivo fue conectar 17 centros de investigación en computación en EUA con un presupuesto de 3.4 MDD a ejercer entre 1968 y 1971. También se eligió a la UCLA como primer nodo, para lo cual trabajaron 6 miembros de UCLA y 7 de la empresa BBN (Bolt, Beranek & Newman) la cual desarrolló los IMP (*Interface Message Processor*)

para que funcionaran como lo que actualmente llamamos *routers*. Los miembros del proyecto conformaron el NWG (*Network Working Group*) [13].

1969: Nació ARPANET y Telnet

En enero BBN ganó el contrato para desarrollar los IMP con base en la minicomputadora Honeywell DDP-516. En abril el NWG generó el primer documento en el que se llevaba el registro de toda actividad de desarrollo de la ARPANET, a estos documentos se les llamó RFC (*Request for Comments*). El RFC 1 se llamó *Host software*, en el cual se describe el funcionamiento del software en el *Host* y el IMP necesarios para realizar la comunicación de paquetes. A partir de los RFC, se diseñaron los que serían los futuros estándares. El NCP (*Network Control Program*) fue el protocolo de comunicaciones de ARPANET entre 1969 y 1973, el cual proveyó las bases para la aplicación de la transferencia de archivos al comunicar sus nodos [13, 96, 97].

En septiembre se definió el protocolo TELNET, el cual formaba parte del NCP como un subsistema definido en el RFC 15 como el *Network Subsystem for Time Sharing Host*. Un *host* se definió como cualquier computadora conectada a una red; y para emplear una *user-host* (terminal-host) remota como si fuera una terminal en un server –host (servidor), con ello se definió el modelo cliente servidor [98]. Ese mes se obtuvo el primer resultado al conectar la computadora de tercera generación SDS Sigma 7 en UCLA con el IMP.

El 29 de octubre se logró comunicar la SDS Sigma 7 (nodo 1) en UCLA con la SDS 940 (nodo 2) en el SRI (*Stanford Research Institute*) distanciados por 570 Km para formar la primera WAN, entonces nació la ARPANET. La comunicación se realizó conectando *modems* a 56 Kbps empleando la PSTN ya instalada. El 30 de octubre el RFC 25 denominó “números de enlace” para cada red.

Una WAN (*Wide Area Network* - Red de Área Local) puede conectar dos computadoras de dentro de un país o continente, aproximadamente entre 100 Km a 1000 Km.

En noviembre se logró interconectar a la ARPANET la IBM 360/75 (nodo 3) en UCSB (*University of California-Santa Barbara*) a 180 Km. de UCLA, creando una WAN dentro del estado de California [13].

En diciembre se logró interconectar a la ARPANET la DEC-PDP-10 (nodo 4) en *Utah University*, cuya topología de red se muestra en la figura III.1 [96, 97].

Así como en la telefonía se usaba un número telefónico para llamar o comunicarse con otro teléfono, en el caso de las redes de datos, se usó una dirección de números a la que se le llamó **dirección IP**, tal que IP significaba Internet Protocol (Protocolo de Internet).



Fig. III.1 Topología del *backbone* de ARPANET en diciembre de 1969 en los EUA.

La dirección IP se componía de 4 bytes en 2 campos, el primer campo se conformaba por los 24 bits menos significativos, el segundo campo era para el “número de red”, conformado por los 8 bits más significativos, por lo que sólo había posibilidad para conectar un máximo de 254 redes.

1970: Protocolos propietarios- INTERNET

Se desarrollaron varios protocolos propietarios de las distintas compañías que producían computadoras y que también competían en la industria de las redes de datos, tales como Ethernet de Xerox PARC, Novel Networks Protocol, DEC Protocols, IBM Protocols, etc.

1971: ARPANET de costa a costa y el e-mail.

En abril ARPANET tenía conectados 15 nodos y 23 computadoras, se conectaron los 8 nodos en el estado de California (UC, SRI, U. Stanford y la empresa RAND-nodo 7) con 7 de la costa este de EUA; el primero fue el de la empresa estrella BBN (Nodo 5), después se conectaron el MIT (nodo 6), Harvard (nodo 9), Lincoln Lab. (nodo 10), NASA (nodo 15) y posteriormente se agregaron las empresas MITRE y Burroughs para llegar hasta 18 nodos.

Ese año Ray Tomlinson de la compañía BBN creó el *e-mail*, el primero se envió desde la BBN-TENEXB a la BBN-TENEXA. A final de año se tenían 16 nodos y 35 computadoras generando un tráfico de medio millón de paquetes por día. En la tabla III.1 se muestran otros RFC desarrollados entre 1970 y 1971 mismos que dieron fuerza a la ARPANET [99-102].

RFC	Características
RFC 33	NWG, New Host-Host Protocol, 1970, configuración básica de la red host a host.
RFC 60	A simplified NCP protocol, 1970 [DIRIGIDA A LA COMUNIDAD DE INTERNET]
RFC 137	TELNET protocol, 1971
RFC 193	Network checkout, 1971. RAND verificó la conectividad entre los 10 nodos de ARPANET.

Tabla III.1. Algunos RFC básicos

1972: Se catapulta ARPANET vía FTP, e-mail y Telnet.

Nació el *File Transfer Protocol (FTP)* protocolo para la transferencia de archivos entre computadoras conectadas remotamente, creado por Abhay Bushan y plasmado en el RFC 114. También ese año, Robert Kahn y Lawrence Roberts demostraron las capacidades de ARPANET en la *1st ICCG (International Conference on Computer Communications)* organizado por IEEE en Washington DC, en octubre, durante la cual el uso de ARPANET se elevó en un 67%. ARPANET despertó tanto interés que se les conectó la NSF, NASA y el DoD hasta conformar 23 nodos o puntos de interconexión hasta llegar a un tráfico de 1 millón de paquetes por día [103, 104].

1973: Noruega e Inglaterra se conectan con ARPANET experimentalmente

Robert Metcalfe publicó una propuesta de Ethernet en Xerox. Se realizó un primer enlace satelital para comunicar Hawaii, el segundo enlace satelital conectó a Noruega con ARPANET y de allí se conectó a Inglaterra, aunque ambos a baja velocidad, para llegar a un total de 40 nodos y 45 hosts, que presentaban un tráfico de 2.5 millones de paquetes por día. Después de casi 4 años de vida, los IMP empleados en cada nodo se sustituyeron por los *gateways* en 1973 [96, 97].

1974: Los arquitectos

Vinton Cerf (1943-) y Robert Kahn (1938-), los arquitectos de ARPANET publicaron una propuesta de protocolo para la intercomunicación usando paquetes en la red, la cual fue la base para desarrollar varios RFC con base en el conjunto de protocolos de Xerox, el llamado PARC Universal Packet y por primera vez a la INTERNET dentro de ARPANET, la cual interconectaba solo 62 computadoras, se le consideró como una interconexión de redes. Por cierto, como comentario al margen, si el lector observa al arquitecto de la Matrix, en la película “Matrix reloaded” de 2003, identificarán al personaje del arquitecto, allí sin duda hacen alusión a Vinton Cerf [104].

1975: ARPANET Works !

Xerox desarrolló la Ethernet Experimental como LAN; la ARPA declaró a ARPANET como una red completamente operacional y los contratistas de ARPANET crearon la primera compañía

de comunicaciones por paquetes, *Telenet Communications Corporation*, la cual inició sus servicios en 7 ciudades de EUA. Ese año se liberó la primera versión del protocolo TCP, cuyo trabajo se inició en 1973, año en el que se comercializaron las primeras microcomputadoras.

1976: Menú de protocolos

Xerox publicó la primera versión de la red experimental Ethernet y la patentó en 1977. También se creó el *Protocol handbook*, el cual contenía el compendio de todos los protocolos para ARPANET y otras redes.

1977 ARPANET se conectó con Europa.

En 1977 se probó TCP con enlaces satelitales, así como la factibilidad de contar con interconexiones de red mediante conexiones de redes de radio, teléfono y satélites. Ese año ARPANET contaba con 60 nodos y lo que había iniciado como la red ARPANET en realidad ya eran 16 redes y 111 computadoras o hosts, por lo que se crearon los RFC “*Assigned Numbers*”. Para noviembre ARPANET tenía asignado el número 10 dentro del apartado ANN (*Assigned Network Number*) para el empleo de los protocolos que se desarrollaban bajo el ARPANET, a cada nodo se podía conectar más de una computadora [105].

1978: TCP/IP

Se generaron los rudimentos del TCP, al cual se le dividió en 2 componentes, uno fue el TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Control de Transmisión), el cual era un protocolo *host to host* y el *Internet Protocol* (IP) un protocolo de interconexión encargado de pasar paquetes individuales desde un host a un *switch* o entre *switches*. El mismo año ISO generó un modelo provisional de la arquitectura de sistemas abiertos para redes como una medida para contrarrestar la proliferación de redes de datos y sus estándares propietarios bajo arquitecturas cerradas, tal modelo no era un estándar, sino un modelo provisional [106].

1979: ISO a escena

En 1979 ISO publicó el modelo de referencia de OSI como una guía, no como un estándar, mientras ARPANET ya contaba con 25 redes y se actualizó el *Protocol Handbook* [107-108].

1980: El DoD (Department of Defense) prepara su salida

En 1980 se liberó el *DoD Standard Internet Protocol*, una dupla a la que se le llamó TCP/IP, aquella que fue madurando desde 1978 hasta 1983. Uno de los protocolos, el IPv4 ya mostraba un Encabezado de Datagrama de Internet (*Internet Datagram Header*). También se preparó un plan de transición para cambiar el NCP por TCP/IP y se liberó una versión mejorada del FTP [109-111]. Además, el consorcio DIX (DEC-INTEL-XEROX) liberó la primera versión de Ethernet; e IEEE

inició la estandarización de *Token Ring* de IBM y de Ethernet como un protocolo internacional. ARPANET creció de 33 a 38 redes de enero a septiembre [112-114].

1981: ARPANET como una ventaja competitiva en investigación y desarrollo

En 1981 ARPANET contaba con 40 redes, lo que conformaba una Internet no comercial. El éxito de ARPANET fue tal que se planearon importantes cambios; la Sección de Ciencias de la Computación de la NSF (*National Science Foundation*) creó su propia red, la CSNET (*Computer Science Network*) a semejanza de ARPANET.

La CSNET fue un proyecto de 1981 a 1985 (financiado por la NSF), que comunicaba centros de computación en EUA, pero también comunicó a las 165 principales universidades de EUA, con centros de gobierno e industriales, y centros de investigación de Europa y Asia. Al final de 1985 CSNET ya era autofinanciable con las cuotas de sus miembros.

También se definió al protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol* - Protocolo de Mensajes de Control de Internet) como parte integral de IP para informar respecto de errores en los datagramas empleados en IP; allí mismo se indicó que los *gateways* son los dispositivos que interconectan redes enviando datagramas entre ellas [115, 116].

El RFC 791 publicado en septiembre de 1981, fue el protocolo de internet versión 4 o IPV4, en el cual se definieron direcciones de 32 bits, lo que permitía aproximadamente 4.3 mil millones de direcciones lógicas. Como se indicó, NCP se limitaba a 254 redes, así que para remediar el agotamiento de las direcciones de red se le sustituyó por el IPV4, el cual permitió el direccionamiento de redes por clases, ubicando el espacio de direcciones en 5 clases (A, B, C, D, E); los detalles serán abordados en el próximo capítulo [117].

En 1980 la población mundial fue de aproximadamente 4.4 mil millones de habitantes. En 1981 ARPANET tenía 40 redes interconectadas a las cuales se conectaban menos de 1000 computadoras, por lo que es claro que ese año, los arquitectos de IPV4 no se preguntaron: ¿Qué sucedería si algún día todos los humanos se pudiesen conectar a la ARPANET?, como menciona Vinton Cerf: *Internet was an experiment*.

En septiembre se publicó el RFC 793, el cual definió el protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) indicando las funciones del protocolo, el programa que lo implementaba y sus interfaces para lo que ya se llamaba INTERNET al interconectar ARPANET de DARPA con otras redes [118]. En noviembre, el RFC 801 (*NCP/TCP Transition Plan*) planteó la necesidad de realizar el cambio de NCP a TCP/IP, el cual se realizó el 1 de enero de 1983.

Hasta ese momento las relaciones entre los protocolos se entendían en 4 niveles como se muestra en la tabla III.2

Capas	Protocolos
Nivel de aplicación	TELNET, FTP
Nivel de <i>host</i>	TCP
Nivel de <i>Gateway</i>	IP e ICMP
Nivel de red	LNP (Local Network Protocol)

Tabla III.2. Protocolos y niveles de red a 1981

1982: ARPANET listo para evolucionar

En noviembre DIX liberó Ethernet II en el cual se definieron las especificaciones de las capas física (PL-*Physical Layer*) y enlace de datos (DLL-*Data Link Layer*) [119, 120].

Dada la importancia de Ethernet, DARPA generó el RFC 826 en el que definieron los protocolos ARP (Address Resolution Protocol) y RARP para la conversión de direcciones físicas o direcciones MAC en lógicas o direcciones IP y viceversa [121].

Contexto económico 1945-1980: La época dorada de occidente

Para entender la evolución de las inversiones en investigación y desarrollo en lo que a la postre se llamarían las tecnologías de la información y la comunicación o TICs, se debe considerar el contexto económico, el cual se mide con el indicador PIB (Producto Interno Bruto).

Después de la segunda guerra mundial, por cerca de 35 años el mundo vivió un gran crecimiento, realmente espectacular, el cual llamó la atención del mundo, en los EUA se habló del “el sueño americano”, el cual consistió en que, dada una generación, la siguiente duplicaba su poder adquisitivo y nivel de vida.

En la década de los 70 Corea del Sur e Israel eran economías en ese entonces, muy inferiores la mexicana, las cuales se convirtieron en el año 2000 en potencias tecnológicas gracias a su inversión en electrónica. México tuvo una época en la que ocupó en la economía mundial número 10, gracias a un crecimiento sostenido en un periodo denominado, “el milagro mexicano”. El crecimiento que tuvo la clase media por 35 años tuvo su proceso inverso en los siguientes 35 años (1980- 2015), y la caída continua en franca “caída libre”.

Mientras tanto Japón y Alemania se recuperaron de la guerra, Japón ya había desplazado a la industria automotriz de EUA, los conceptos de calidad en toda industria dieron un giro que también significaba el inicio de la caída industrial de EUA en la década de los 80. Estos conceptos los

aborda todo aquel que se forma como ingeniero en un curso de calidad, en particular un estudiante de electrónica y telecomunicaciones, en el curso calidad para las telecomunicaciones. La tabla III.3 muestra el PIB de potencias y países en desarrollo en 1980 [122, 123]. Presento este tipo de análisis dada la “coincidencia” en el desarrollo de las redes de computadoras vía ARPANET y la entrada del neoliberalismo económico, las cuales trajeron otra ola de globalización.

# PIB	País	MDD	#PIB	País	MDD
1	EUA	2,862,475	8	China	269,060
2	Japón	1,086,988	9	Argentina	249,941
3	Alemania	826,142	10	México	234,618
4	Francia	704,483	11	España	224,368
5	Reino Unido	542,452	12	India	181,416
6	Italia	470,040	13	Brasil	148,916
7	Canadá	274,370	14	Corea del Sur	67,802

Tabla III.3. El PIB en 1980 de potencias y países en desarrollo.

Para 1980, el Grupo de los 7 o G7, incluía a los 7 países más industrializados y ricos, los cuales generaban juntos más del 50% del PIB mundial.

Denomino **primera generación de grandes redes de datos MAN-WAN** (1969-1982) para incluir a aquellas redes de datos que emplearon IMP para el enrutamiento, NCP como conjunto de protocolos para su funcionamiento y un máximo de 254 redes, tales redes se integraron en ARPANET. Las redes LAN nacieron en los 60 y las WAN en diciembre de 1969, ambas usaron la tecnología de paquetes de datos [2].

III.2 La segunda generación de redes MAN-WAN: ARPANET V2 y la NSFNET

1983: ARPANET versión 2

En 1983 sucedieron varios hechos muy importantes, menciono algunos de los más destacados:

1. El 1^{ro} de enero se inició el cambio del conjunto de protocolos NCP por los de TCP/IP, como se planeó en el RFC 801, proceso que duró hasta junio, cuando la red se estabilizó.
2. Se liberó la 3^{ra} versión de Ethernet bajo el estándar IEEE 802.3, convirtiéndose en un estándar internacional [124].
3. Justo cuando ARPANET tenía 113 nodos o puntos de conexión mediante *gateways*, con conexiones de *backbone* entre 45 Mbps y 90 Mbps, las redes militares conformaron MILNET (Military Network), la red militar, la cual se separó llevándose sus 68 nodos y dejando a la red civil científica ARPANET con 45 nodos, a la cual denominé ARPANET 2.0.
4. La exitosa CSNET creada en 1981 se conectó a la ARPANET.
5. TELNET, como parte de TCP/IP, se redefinió como *Telnet Protocol Specification*, en el RFC 854 [125].
6. ARPANET tuvo su primer ingreso no autorizado, así Kevin Poulsen se convirtió en el primer *hacker* atrapado.

Otro hecho importante que detonaría en un futuro las redes de computadoras es que ese año se vendieron en el mundo aproximadamente 3.5 millones de computadoras personales. No debemos olvidar la influencia de mercado que pudieron tener las películas sobre computadoras, entre ellas la película de ficción científica WARGAMES de 1983, la cual mostró al público en general computadoras personales reales (IMSAI 8080 producida entre 1975 y 1978) y como conectarse a la recién creada MILNET vía un modem de acoplamiento acústico CERMETEK 212A a 1200 baudios.

Para 1983 ya había tal cantidad de servidores que en noviembre se inventó el DNS (*Domain Name Systems* - Sistema de Nombres de Dominio) para poder organizar a tales servidores en dominios y hacer la resolución de direcciones IP, para hacerlos más fáciles de acceder. El RFC 882 (Domain names - concepts and facilities) para proveer un marco conceptual sobre los sistemas de dominios sin dar detalles, ya que estos venían en el RFC 883 (Domain name-implementation and specification).

1984: La arquitectura cliente-servidor en auge y las primeras mil computadoras.

La NSF quiso replicar el éxito de la CSNET dentro de todas sus áreas, por lo que creó la red NSFNET. Mientras tanto ISO liberó el ISO/OSI 7498 como un modelo de referencia básico para sistemas abiertos de redes de datos, el cual todavía no constituía un estándar [126].

Las redes de computadoras hicieron popular al modelo “cliente-servidor” en la década de los 80, como un modelo de “computación distribuida”, después de casi 20 años de “computación centralizada” con los mainframes; por esta razón al modelo cliente servidor le llamamos la segunda ola de la computación. Este año se superó el techo de mil computadoras conectadas a ARPANET.

La velocidad de crecimiento de ARPANET y de CSNET, así como la separación de MILNET y el crecimiento espectacular en la producción y venta de computadoras personales fue tal que inspiraron la película de ficción científica “Terminator” de 1984, en la cual la ficticia SKYNET hace alusión a la ARPANET.

1985: ARPANET prepara a su sucesor NSFNET vía proyecto

Ese año nació el proyecto NSFNET para crear una INTER-NET o RED de REDES de índole académica que conectaría a 100 universidades y centros de investigación en EUA y así apoyarlas en sus proyectos de investigación para conectada a la ARPANET y que de esta manera pudiesen interconectarse con universidades y centros de investigación de Europa y Asia.

1986: Nació el backbone de NSFNET y 10,000 hosts

En julio se hizo operacional el *BACKBONE* (Red principal) de la NSFNET conectando 6 nodos a 56 Kbps vía enlaces DS0, estos eran sus centros de supercomputación académica. El *backbone* de ARPANET tenía una arquitectura jerárquica completamente centralizada, mientras que la NSFNET desde su nacimiento tenía una arquitectura interconectada empleando el concepto de red de redes interconectadas.

Dado el crecimiento de la NSFNET este **backbone** duró 2 años, de julio de 1986 a julio de 1988, para actualizarse a T1.

En **1987** se rompió la barrera de las 10,000 computadoras conectadas a la red. También fue necesaria la creación de la IETF (*Internet Engineering Task Force*) para seguir desarrollando internet, además, para diciembre quedó creada la IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*).

1988: Mejores protocolos, más ancho de banda y el primer *malware*

La NSFNET contaba con 13 nodos y su *backbone* se actualizó a enlaces T1 (E1 la versión europea) o DS1 (24 canales DS0 para comunicar voz y datos) de 1.5 Mbps. La NSFNET ya había superado a la ARPANET, la cual contaba con sus 45 nodos y ya no se harían actualizaciones, por lo que ARPANET tenía ya fecha de caducidad.

Dado el crecimiento de la NSFNET este **backbone T1** duró 3 años, de julio de 1988 a diciembre de 1991, para actualizarse a T3. En 1991 el *backbone* de la NSFNET llegó a 14 nodos para conectar a más de 3,500 redes, en 3 nodos había conexiones internacionales 2 hacia CA*net la red de Canadá y 1 hacia el CERN en Europa vía Nueva York; los nodos se listan en la tabla III.4. En 1988 Canadá, Francia, Dinamarca, Noruega, Suecia e Islandia se conectaron a la NSFNET.

Oeste	Centro	Este
Seattle, Washington (CA*net)	Salt Lake City, Utha	Ithaca, NuevaYork (CA*net y CERN)
Palo Alto, California	Houston, Texas	Princeton, New Jersey (CA*net)
San Diego, California	Boulder, Colorado	Ann Athor Michigan
	Lincoln, Nebraska	Pittsburgh, Pensilvania
	Champaign, Illinois	College Park, Maryland
		Atlanta, Georgia

Tabla III.4 Los 14 nodos del *backbone* de la NSFNET 1988-1991 con enlaces T1 previo a su actualización a T3.

La necesidad del enrutamiento automático

Toda la red consistía en una colección de AS (*Autonomous System* - Sistema Autónomo) de modo que cada AS se administra vía una única entidad que tiene un determinado control técnico y administrativo de la infraestructura; en ese entonces todo EUA conformaba un único AS. Para poder trabajar dentro de un AS, en junio se liberó el estándar del RIP (*Routing Information Protocol*), es decir, un protocolo del tipo IGP (*Internal Gateway Protocol*). RIP permitía el intercambio de información de ruteo entre *gateways* y *host*. RIP se empleaba para interconectar redes de “tamaño moderado” que usaran tecnologías “razonablemente homogéneas”. RIP se generó con base en el programa *routed* que se había implementado en el sistema operativo UNIX, para comunicar *gateways* entre sí desde 1970. Dado que en ese año cada país conectado a la NSFNET era considerado como un AS, habría que interconectar 2 o más AS, para lo cual se usaron los EGP (*External Gateway Protocol*) o del tipo “protocolos de enrutamiento inter-AS” [2, 3].

En ese año se hablaba ya desde Harvard de la “Comercialización y privatización de internet”, por lo que caso de inmediato el comité del consejo de investigación nacional de EUA, produjo el informe “Hacia una red de investigación nacional”.

En noviembre aproximadamente 6,000 computadoras de las 60,000 conectadas a la red se vieron afectadas por el gusano Morris; en respuesta DARPA creó el CERT (*Computer Emergency Response Team* - Equipo de respuesta a emergencias computacionales).

1989: La estandarización

En 1989 se liberó el ISO/OSI versión 2 [127]. Con la finalidad de comercializar internet, se publicó el *NSFNET Routing Architecture*, el cual dio una característica muy versátil a la NSFNET, en él se definieron los **Regional AS** (número único de AS de una red regional) y las **NSS AS** (número AS del backbone de NSFNET). **Para la interconexión de los AS**, se liberó el protocolo BGP (*Border Gateway Protocol*), el cual es un protocolo de enrutamiento de sistemas inter-autónomos que emplea el puerto 179 de TCP para realizar sus conexiones, vía los routers del *backbone* [128]. A final de año Australia, Alemania, Israel, Italia, Japón, México, Holanda, Nueva Zelanda, Puerto Rico y formalmente el Reino Unido se conectaron a la NSFNET.

1990: Adiós ARPANET, NSFNET el backbone de Internet.

El ciclo de vida de ARPANET fue de 20 años, ya que en 1990 su *backbone* quedó desarticulado, dejando su lugar a la NSFNET y con ello todo el desarrollo y crecimiento de la red de redes se centró en la NSFNET, popularizándose el nombre de INTERNET.

Dado el éxito en el uso del protocolo TCP/IP, las principales compañías de computadoras en EUA no desperdiciaron la oportunidad para dejar este protocolo disponible para cualquier computadora dentro del mercado de EUA. Los países que se conectaron a la NSFNET fueron Argentina, Brasil, Chile, España, Austria Bélgica, Grecia, India, Irlanda Corea del Sur y Suiza.

Contexto económico 1981-1990: El despegue asiático

La crisis del petróleo de 1973 y todo el paquete, trajo una crisis mundial alrededor de 1982, fundamentalmente para todo occidente y la década perdida para Latinoamérica, no solo para México. La salida neoliberal acompañada de endeudamiento mundial dio para finales de la década la caída del bloque socialista en escalada hasta 1989 y la de la URSS. Los países desarrollados habían abierto el paracaídas a costa de los países en vías de desarrollo gracias a sus materias primas. Entre 1951 a 1973 EUA se había apoyado en Japón para las guerras de Corea y Vietnam, lo que dio crecimiento a Japón con tasas de crecimiento del PIB del 10%, Japón penetró inversiones y empresas en Latinoamérica y en 1975 Japón ya era la tercera potencia económica mundial, solo

detrás de EUA y la URSS; de modo que EUA recurrió nuevamente a Japón para salir de la crisis de los 80 vía industrialización y vía deuda desde 1985.

De esta manera el gran crecimiento experimentado de las primera y segunda revolución industrial se vieron golpeados ante las crisis del 1929 y de 1982-1987, permitiendo en la década de los 80 un despegue y resurgimiento de las economías asiáticas como las de Japón, Corea del Sur y China (creció 10% durante toda la década) principales proveedores de componentes y sistemas electrónicos. Por su parte los países occidentales crecían sólo al doble, mientras que, en América Latina, Brasil subía, México se desaceleró y Argentina salió del mapa estrepitosamente, como se indica en la tabla III.5 [122, 123].

La década perdida de los 80, también vio la caída del comunismo-socialismo en la USRR y Europa oriental; mientras que el desempleo, la gradual precarización laboral y el endeudamiento generalizado en occidente provocarían una década después, la desaceleración de EUA como superpotencia.

# PIB	País	MDD	# PIB	País	MDD
1	EUA	5,979,575	8	España	520,415
2	Japón	3,103,699	9	Brasil	465,006
3	Alemania	1,547,026	10	China	404,495
4	Francia	1,278,570	11	India	326,608
5	Italia	1,140,235	12	Australia	323,444
6	Reino Unido	1,024,550	13	México	298,037
7	Canadá	594,612	14	Corea del Sur	284,755

Tabla III.5 El PIB de potencias y países en desarrollo en 1990.

En el año 1990 México tenía una posición delicada, con una “deuda externa total” de casi 100 mil MDD, lo cual representaba casi el 33% del PIB anual producido en el país, el cual podemos consultar en la tabla III.5.

Cabe aclarar que la “deuda total” incluye: la deuda pública, la deuda con garantía pública, la deuda privada no garantizada y la deuda externa de corto plazo. El impacto de las deudas en la inversión de infraestructura tecnológica sin duda hipoteca el futuro del desarrollo de un país. Por su parte los países asiáticos que incluso no parecen en la tabla venían ganando terreno, fundamentalmente por ganancias en la renta tecnológica, siendo fuertes proveedores de electrónica.

Denomino **segunda generación de redes de datos MAN-WAN** (1983-1990) para incluir a aquellas redes que emplearon Gateway en lugar de IMP; TCP/IP en lugar de NCP, y que incluyeron direccionamiento por clases A, B, C, D, E. Ejemplos son ARPANET (V2), CSNET y NSFNET [2].

III.3 La tercera generación: NSFNET e INTERNET comercial

1991: Nueva infraestructura, los experimentos comerciales y la WWW

La infraestructura: Una vez desconectada ARPANET, la NSFNET siguió creciendo exponencialmente y fue necesario migrar de un *backbone T1 a uno* de banda ancha de enlaces T3 (E3 o DS3=28DS1) de 45 Mbps, la cual culminó en diciembre de 1991 y quedaron un total de 16 nodos. Para este momento la NSFNET ya tenía tres niveles de redes: El nivel de *backbone* o núcleo de la NSFNET (varios AS), el nivel de las redes regionales (un AS) o de distribución, y el nivel de acceso desde las redes de los campus de las universidades y centros de investigación. Desde el punto de vista académico se crearon las NREN (*National Research Education Networks*) en EUA para apoyar la colaboración académica dentro del país y este modelo se copió en todo el mundo.

Las conexiones comerciales: El proyecto de 1988 de comercializar internet dio sus primeros pasos al crear el CIX (Commercial Internet eXchange), el cual era un punto donde se podía tener un libre intercambio de tráfico entre la NSFNET y el tráfico de las redes comerciales ya implementadas.

Las aplicaciones: La Universidad de Minnesota introdujo el sistema Gopher, un software en la capa de aplicación que mostraba archivos y directorios bajo una estructura de árbol, la cual facilitaba a los usuarios el manejo y la organización de la información. Con base en ello, para diciembre, Tim Berners-Lee (TBL) del CERN en Europa desarrolló la WWW (*World Wide Web*) versión 1, la cual era un sistema de archivos ligados por hipertexto, misma que fue socializada a otros centros de investigación de física exclusivamente y el primer servidor web ya estaba disponible. El proyecto había iniciado en marzo de 1989 en el CERN cuando TBL escribió la propuesta *Distributed Information Management System for the high-energy physics community*.

La WWW es un sistema conformado por 6 elementos:

- a) Páginas web
- b) Lenguaje HTML (*Hyper Text Markup Language*)
- c) Web browser WWW
- d) Protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*)
- e) Web server-software
- f) Web server-hardware

Entonces había 1 millón de computadoras conectada a la Internet y otros 9 países se conectaron a la NSFNET [2, 3].

1992: Un millón de computadoras conectadas y más de 10 sitios web.

Se creó el primer *backbone multicast* o MBONE en EUA, se superó el millón de computadoras y los 10 web sites conectados a la NSFNET y otros 12 países se le conectaron.

1993: La popularización de la WWW

En enero ya habían 50 *web sites*, en febrero Gopher ya no era de acceso libre, pero en marzo se liberó formalmente *The Internet Gopher Protocol, a distributed document search and retrieval protocol*. Con este antecedente, el 30 de abril de 1993 los desarrolladores de la WWW aprovecharon para dejarla libre y gratuita para que la aprovechara el público en general y como consecuencia de ello se inició una migración masiva de Gopher a WWW. Ese año podría ser tan importante como la de la imprenta de Gutenberg en 1440 o el de la invención del e-mail en 1971.

En julio ya habían 130 *web sites* y aproximadamente 14 millones de usuarios de internet.

En noviembre de 1993 la NCSA (*National Center for Supercomputing Applications*) de la Universidad de Illinois liberó la “versión 1.0” del Web Browser (visor de la web) llamado *Mosaic*, una aplicación cliente que soportaba los protocolos FTP y Gopher, fue el primer sistema que incluía imágenes a color como parte de una página web (web page) dentro de un *website*.

Para diciembre ya habían 623 *web sites* en el mundo y 40,000 usuarios habían bajado copias de Mosaic. Otros 19 países (Costa Rica, Perú y Turquía) se conectaron con la NSFNET [129].

En este punto, se vislumbró que IPV4 sería insuficiente algún día y habría crear su reemplazo, por lo que se generó el RFC 1550 para solicitar nuevas propuestas [130].

1994: La NSFNET llegó a 1 millón de usuarios gracias al guerra de browsers

Para abril 1994 ya había 1 millón de usuarios de la NSFNET mientras que en el mundo habían aproximadamente 5.6 mil millones de habitantes. Para diciembre, la NCSA liberó la versión comercial de *Mosaic* llamada *Netscape*, y partir de allí gracias a la web y los browsers, la NSFNET se hizo muy popular, con 10,022 sitios web. El protocolo gopher ya había sido superado por el HTTP, el cual funcionaba bajo el modelo de computación cliente-servidor [130, 131]. También ISO /OSI actualizó su modelo con base en los cambios de IEEE, el ISO/OSI 7498-I:1994 [132].

Para noviembre se hizo imperante clarificar la diferencia entre *gateways*, computadoras de propósito general usadas desde 1973, y los routers [133]. Se abrió el primer banco en línea y otros 29 países se conectaron a la NSFNET incluidos Colombia, Panamá, Nicaragua Uruguay y China.

El 1 de enero de 1994 entró en vigor el TLCAN (Tratado de libre comercio para América del Norte) incluyendo a Canadá, EUA y México, el impacto para México fue profundo, la peor crisis desde aquella crisis mundial de 1929, la cual se reflejó en el PIB de 1995 del -6.2 %.

1995: Adios NSFNET y bienvenido el Internet comercial al mundo

Tal fue el crecimiento de INTERNET que los nombres de dominios dejaron de ser gratuitos, la NSFNET dejó de ser gobernable y se permitió el ingreso masivo de ISP (*Internet Service Provider - Proveedor de servicios de internet*) por lo que la arquitectura de internet se modificó.

Por esta razón, el 30 de abril de 1995 la NSF dejó de patrocinar el *backbone* de la NSFNET, la cual era el núcleo de Internet, de modo que el gobierno de EUA puso fin al control, dejándolo en manos del sector privado, por lo que nació en estricto sentido la “Internet comercial”, de modo que los usuarios se conectan con su ISP y este los conecta a la internet.

El proyecto NSFNET (1986-1995) tuvo una vida de casi 8.5 años y una inversión de \$200 MDD. El *backbone* de NSFNET inició en 1986 interconectando 6 nodos con enlaces DS0 a 56 kbps, se actualizó en julio de 1988 con enlaces T1 a 1.5M bps y finalmente se actualizó en 1991 con enlaces múltiples T3 a 45 Mbps e interconectando 21 nodos en 1995.

Internet había crecido de modo que contaba con 50,000 redes interconectadas en todo el mundo, de las cuales 29,000 se encontraban en EUA.

En diciembre se publicó la especificación de IPV6, el sucesor de IPV4, en el RFC 1883 (Internet Protocol version 6 - Specification) como una propuesta de estándar. La figura III.2 muestra la línea de tiempo resumen para las grandes redes hasta la llegada de internet comercial.

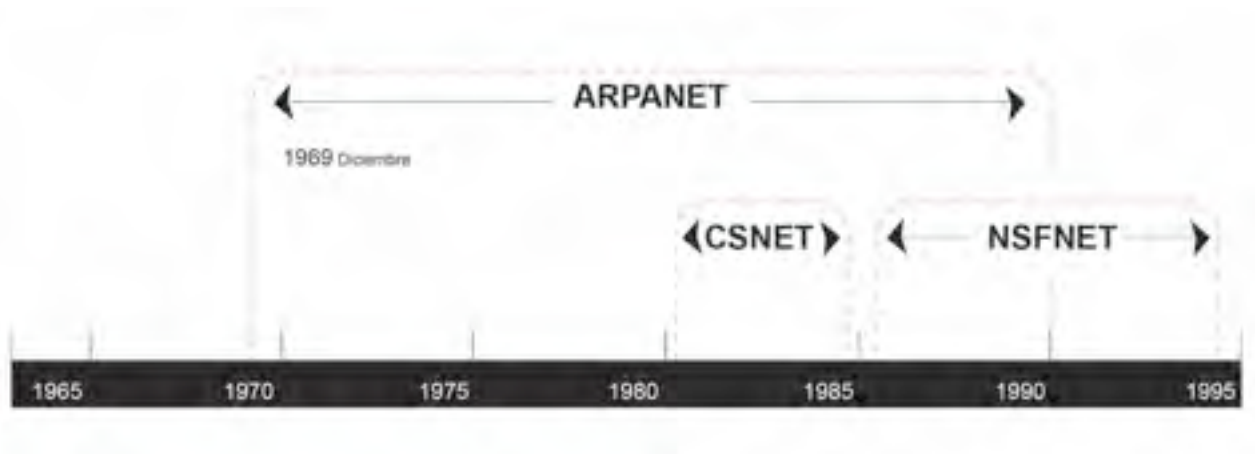


Figura III.2. Línea de tiempo de 25 años para las redes grandes {WAN[MAN(LAN)]} previas a la Internet

Para julio de 1995, la Internet contaba con 23,500 sitios web, en el mundo habían aproximadamente 5.7 mil millones de habitantes, menos de 1 millón de computadoras conectadas, casi el 0.02% de la población mundial; también se conectaron otros 22 países a la internet comercial [2, 3].

INTERNET EN UNA ECUACIÓN

Desde 1995 que se liberó la INTERNET a esta se le conoce como la red de redes, o una sumatoria de redes mundiales interconectadas, es decir, si quisiéramos representarla en una ecuación, esta quedaría indicada como la Ec. 1., la cual fue propuesta por primera vez de manera didáctica en 2016 en un artículo [134]. De modo que la internet sería una suma de todas las redes en los sistemas autónomos existentes en el planeta.

$$Internet = \sum_{i=1}^n AS_i \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde AS representa a los sistemas autónomos y n el número total de ellos en un determinado momento, considérese que este número crece semanalmente conforme crecen las redes en la Internet.

El 24 de octubre de 1995, el FNC (Federal Network Council) de EUA oficializó la resolución que definió el término “Internet” como: “El sistema de información global que (i) esta lógicamente ligado mediante una dirección única con base en el protocolo IP o sus subsecuentes extensiones o versiones, (ii) permite soportar comunicaciones usando el conjunto de protocolos TCP/IP o sus extensiones o subsecuentes versiones y otros protocolos compatibles y (iii) provee, usa o hace accesible , ya sea pública o privadamente, los servicios de alto nivel con base en las comunicaciones y su infraestructura relacionada.

1996: Internet comercial y las redes avanzadas

En enero la WWW llegó a 100,000 servidores web en la Internet, en julio a 300,000 y ya estaban conectadas más de 10 millones de computadoras, casi el 0.2% de la población mundial.

Por otro lado, así como en 1969 inició ARPANET para hacer investigación y experimentación, en 1996 se inició el proyecto INTERNET 2 en EUA apoyada por 34 universidades, con lo cual nacieron las redes avanzadas, redes académicas orientadas a la investigación con un gran ancho de banda en su *backbone*.

1998: ICANN

La IANA (Internet Assigned Numbers Authority) fue sustituida por el ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*). Por parte de los avances del IPV6 el sucesor de IPV4, en diciembre se publicó la versión borrador o preliminar en el RFC 2460.

1999: Se infló una burbuja de internet

Para junio de 1999 se liberó la primera versión madura de HTTP 1.1, un ejemplo claro de web estática es mi página web, https://www.uacm.edu.mx/profesores/Ignacio_Castillo.

Además, el consorcio W3C vía Tim Berners-Lee anunció la llegada de la “Web 2.0”, la web semántica, la cual se empezó a materializar hasta alrededor de 2002 y ha ido tomando forma, pero no ha llegado todavía a su madurez. Se estima que el milenio terminó con casi 250 millones de usuarios de internet, de una población de casi 6 mil millones, es decir, una penetración mundial de casi el 4%.

Se abrieron miles de empresas de internet y cotizaron en los mercados especulativos de la bolsa de valores, principalmente la de EUA, generandose una burbuja especulativa de las empresas “punto com”, algo así como los productos milagro, en marzo de 2000 llegaría a su máximo y estallaría, trayendo junto con otros factores una gran crisis que traería otras recurrentes [3].

Contexto económico 1991-2000: China, la nueva potencia y el adiós al G7

Desde aproximadamente 1980 a 2000, los sectores primarios, secundarios y terciarios tuvieron severos cambios, en esas décadas, las materias primas se abarataron. EUA casi duplicó su PIB, Canadá creció, Japón, y el resto de las potencias occidentales se desaceleró fuertemente, el más desacelerado fue España, se cambiaron nuevamente Italia y Reino Unido. China creció espectacularmente, casi 3 veces y se posicionó como la sexta economía. La revolución cultural China que terminó en 1976 pudo haber dado frutos espectaculares a casi 20 años, ya que para 1995 China era nuevamente una potencia mundial. El resumen se muestra en la tabla III.6 [122, 123]. En este contexto económico se liberó la “internet comercial”.

# PIB	País	MDD	# PIB	País	MDD
1	EUA	10,254,758	8	Canadá	739,451
2	Japón	4,731,199	9	México	683,650
3	Alemania	1,891,934	10	Brasil	644,734
4	Francia	1,496,606	11	España	582,098
5	Reino Unido	1,372,452	12	Corea del Sur	561,634
6	China	1,192,854	13	India	476,636
7	Italia	1,107,248	14	Rusia	259,702

Tabla III.6. El PIB de potencias y países en desarrollo en 2000. Italia tuvo retroceso.

En 1998 el G-7 se expandió al G-8, con la admisión de Rusia. En 2000 China desplazó a Canadá de las 7 primeras economías y el G7 tuvo que cambiar más su connotación más política pro-occidente que puramente económica. México por su parte quedó por segunda ocasión como primera economía latinoamericana, aunque sólo por un breve tiempo.

En 1999 Italia tomó como moneda al “euro”, al igual que Alemania, pero desde su ingreso a Italia le fue mal, su PIB 10 años antes lo colocó en la 5ta posición mundial, superando a Reino Unido y Canadá. Sin duda el más beneficiado de la década fue EUA. En el año 2000 México tenía una “deuda externa total” de 150 mil MDD, casi 22% del PIB.

2000: Internet 2 e IPV6

En la INTERNET2 se probó exitosamente el protocolo IPV6, ese año internet comercial tuvo una cobertura de cerca del 5.8% mundial. Por otro lado, de 2001 a 2003 casi 5,000 empresas de las llamadas “punto com” quebraron o se fusionaron haciéndose famoso el término ruptura de la burbuja tecnológica la cual fue creada artificialmente de 1997 a 2000. Cabe resaltar que China ingresó a la OMC (Organización Mundial de Comercio) el 11 de diciembre de 2001, exactamente a 3 meses de los eventos por todos conocidos en los EUA, tras 15 años de negociaciones, arrancando como la 6ta economía mundial, desplazando a Canadá e Italia y a partir de allí el mundo invertiría en China convirtiéndola en la fábrica del mundo. De 2003 a 2005 se dio un crecimiento sustancial en telefonía móvil en el mundo, lo que daría la bases para un futuro empuje en el uso de internet vía móvil. Para el año 2005 se rebasó la cantidad de mil millones de usuarios de internet [2, 3].

2009: ÍNDICE DEL DESARROLLO DE LA TIC

Casi 4.6 mil millones conectados a internet, de los cuales 490 millones conectados a banda ancha, el ITU creó ese año el “Índice de Desarrollo de las TIC” (IDI- **ICT Development Index**), para medir el grado de inserción de un país hacia una sociedad del conocimiento. El IDI se determina con base en 11 indicadores y emplea una escala de 1 a 10 para medir el acceso, uso y conocimientos TIC de un país. El ITU distingue dos grandes bloques, el de los países desarrollados y el grupo de países menos adelantados (PMA), para evaluar a un total de 176 países, para consultar la posición de su país consulte las referencias indicadas [135, 136].

Contexto económico 2000-2010: China, de potencia a nuevo imperio y una crisis global

El caso de China fue particular, creciendo durante la primera década a más de 10% lo que lo llevó a ser la segunda economía más grande del mundo en 2010, una potencia mundial que rebasaba a otra cada 2 años, a 8 años de su ingreso a la OMC, como se muestra en la tabla III.7 [122, 123].

# PIB	País	MDD	# PIB	País	MDD
1	EUA	14,964,400	8	Italia	2,059,188
2	China	5,949,648	9	India	1,708,541
3	Japón	5,495,387	10	Canadá	1,614,072
4	Alemania	3,310,600	11	Rusia	1,524,915
5	Francia	2,651,772	12	España	1,387,427
6	Reino Unido	2,296,930	13	Corea del Sur	1,094,496
7	Brasil	2,142,905	14	México	1,051,128

Tabla III.7. PIB de potencias y países en desarrollo en 2010. El desplome de Canadá e Italia

Sin duda la primera década del siglo fue la década BRIC (Brasil, Rusia, India, China) y asiática. China se colocó como el rey absoluto, creció casi 6 veces, anualmente creció a dos dígitos y en 2010 desplazó a Japón, quien ocupó la segunda posición durante 30 años. Rusia 5 veces, Corea del Sur 3 veces, India 4 veces, Brasil más de 3 veces. Y mientras que Alemania se fortaleció; se desaceleraron EUA y Japón. En 2010 Brasil desplazó a Italia de las 7 primeras economías y el G7 estaba conformada en realidad sólo por los 5 primeros lugares consolidando más su connotación política pro-occidente que es puramente económica.

Es en este contexto que al principio de la década se globalizó el término TICs. En esta década los EUA recibieron la dura lección de haber terciarizado hacia China principalmente gran parte de su industria manufacturera. Pese a las grandes crisis, como la de 2008, las élites nunca lo resienten. En 2011 cuando salió el reporte de que China se había colocado como la segunda potencia económica mundial y también tercera potencia militar. Como anécdota, en 1976, coincidentemente al final de la revolución cultural China, mi abuelo, quien había regresado de una gira por varios países asiáticos, me comentó: “no cabe duda, ... en el futuro China pondrá en grandes aprietos a los EUA, no lo dudes”, mientras me ofrecía una gran sonrisa, y como dice la frase “qué razón tenía el abuelo”, en 1996, 20 años después ya era una potencia económica, y en 2006, 30 años después, una superpotencia económica, militar, política, científica y tecnológica, silenciosamente ya estaba de pie nuevamente como imperio.

La segunda mayor crisis global de los últimos 100 años nació en 2007 en EUA, estos como una consecuencia de las crisis económicas recurrentes de los 70, 80, 90 y 00, que llevaron al punto

máximo de crisis en 2008 cuando quedó completamente develado el fin del “sueño americano” en los Estados Unidos, llamado así desde la visión eurocentrista. En 2007 más de 57 millones de estadounidenses, (de una población de cerca de 300 millones) no contaban con seguro médico, mientras, en el colapso de 2008, más de 25 millones quedaron sin empleo [137, 138].

En realidad, la caída del mundo unipolar y el imperio de los EUA ya venía gestandose tiempo atrás, alrededor de 1995 se hablaba de la presencia del capitalismo salvaje, la necesidad de un cambio en la economía e incluso del concepto de ciudades inteligentes, de modo que los “eventos de 2001” en EUA fueron la gota que derramó el vaso.

Revisando el PIB per cápita de EUA, la prosperidad que obtuvo la clase media entre 1945 a 1975 se vio revertida en los 80, 90 y 2000. Por su parte México sintió similares efectos, los buenos (50-80) con algún retardo y los malos casi inmediatamente (1990-2010). EUA paso de ser un gran imperio de producción a un gran imperio de consumo; también bajó mucho en su nivel educativo equivalente a primaria y secundaria como lo indica su posición de media tabla de acuerdo con la prueba PISA, y lo mismo sucedió con su productividad y competitividad, y desde 2010 EUA ya no era número uno en estos rubros.

En 2010 México tenía una “deuda externa total” de **240 mil MDD**, lo cual representaba casi **23% del PIB** anual producido en el país, el cual podemos consultar en la tabla III.7.

2010: INTERNET INTERPLANETARIO, Y LA GUERRA CIBERNÉTICA GLOBAL.

En 2010 resultaron exitosas las pruebas del primer router en el espacio, en noviembre de 2009 se puso en órbita al Router IRIS (Internet Routing In Space) de CISCO y el DoD de EUA. Este proyecto inició como IRIS en 2007, un proyecto experimental con fines militares para EUA. También en 2010 fue cuando por vez primera la ISS (International Space Station- Estación Espacial Internacional) se conectó al internet de la tierra, de este modo se pudo proveer servicios de internet a la estación espacial internacional, al grupo encargado del desarrollo se conoce con IPNSIG (Interplanetary Networking Special Interest Group) [139].

En 2010 casi se llegó a 2 mil millones de usuarios conectados a internet, lo cual puso presión para implementar IPV6 en la INTERNET comercial, pero no fue sino hasta el 6 de junio de 2012 que se inició su implementación vía los ISP (Internet Service Providers) del mundo.

Para 2010 China ya participaba en 2 grandes guerras mundiales, ya que en ese año se inició la guerra mundial de divisas y la guerra mundial cibernética, conceptos bien conocidos y que en muchas conferencias he hablado al referirme a las dependencias tecnológicas [140].

Lo que le sucedió a EUA lo podría resumir con una impresionante anécdota personal, la cual describiré brevemente a continuación: En 1981 en Cancún, Q Roo. México, mi padre me dijo “en Cancún quien sabe inglés gana un dólar más”, el tiempo pasó y en 2011, 30 años después, en Los Ángeles, California, EEUU, un joven taxista que me llevó al aeropuerto me dijo: “señor, aun cuando no soy mexicano, yo hablo español ya que aquí en Los Ángeles, quien habla español gana un dólar más”; el “shock” fue impresionante, es claro que muchas cosas en el mundo pueden cambiar en 30 años, por ejemplo como mencioné China paso del desastre a ser una potencia también en 30 años.

Denomino **tercera generación de redes de datos** (1990-2011) para incluir a aquellas redes que emplearon Routers en lugar de *gateways*, TCP/IPV4, direccionamiento por clases A, B, C, D, E, una arquitectura por sistemas autónomos y protocolos de enrutamiento. Ejemplos son NSFNET e internet comercial e Internet 2. La Internet comercial se estaba saturando y en 2010 ya se contaba con las bases experimentales del internet interplanetario.

III.3 La cuarta generación: IPV6 e Internet Interplanetario

En 1981 habían aproximadamente 4.4 mil millones de habitantes en el mundo y menos de mil conectados a la entonces INTERNET, en 1991 cerca de 5.3 mil millones y menos de 1 millón de computadoras conectadas, para 1992 se estimaban 14 millones de usuarios de INTERNET.

IPV6 como borrador se presentó en diciembre de 1998, se probó funcionalmente en 2000 en INTERNET 2. En 2005 se superó la barrera de los mil millones de usuarios de INTERNET.

En 2010 ya fueron operativos el Internet Interplanetario y DTN (Delay Tolerant Network-Redes Tolerantes a Retardos) de modo que se espera para 2020 la madurez de estos proyectos.

En 2012 se llegó a 2,300 millones de usuarios de internet, año en el que hubo un gran cambio en los browsers para internet, quedando en orden de popularidad como: Chrome de Google, Internet Explorer de Microsoft (1995-2015) y Firefox de Mozilla, a tal grado los cambios que el producto de Microsoft murió prácticamente en 2015.

2013: IDI

Para 2013, una vez iniciada la transición a IPV6 por parte de los ISP en el mundo, el IDI para los 10 primeros del primer grupo en orden del puntaje más alto al menor lo eran Suecia, Luxemburgo, República de Corea, Dinamarca, Países Bajos, Islandia, Suiza, Japón, Noruega y Reino Unido, mientras que México ocupó la posición 77 detrás de países latinoamericanos como Argentina, Uruguay, Chile, Trinidad y Tobago, Brasil, Venezuela, Panamá, Colombia, Jamaica, Costa Rica, Perú [2, 3, 135, 136].

2014-2017. La neutralidad en internet

Dado que desde 2008 la economía de EUA y la mundial se estancaron, habría que sacar dinero de donde fuese, internet no fue la excepción, se desarrolló la idea de poner control a INTERNET para sacar más dinero, después de muchos movimientos, en el senado de EUA, en 2015 se aprobó la “neutralidad de la red”. Sin embargo, en diciembre de 2017 se terminó la ley de neutralidad, de modo que la regulación queda ahora en manos de la FCC (Federal Communications Commission).

Desde que se creó la INTERNET comercial hasta 2015 se habían invertido alrededor de 1,500 MDD en infraestructura de internet comercial, sin embargo, también fue claro que las empresas que invierten en la infraestructura de telecomunicaciones como AT&T, Verizon COMCAST en EUA, no son las que más dinero obtienen de ella, sino empresas como las FAGA

(Facebook, Amazon, Google, Apple) por sus productos de software. Desde la creación de ARPA, NSFNET e INTERNET comercial se tuvo neutralidad, es decir, los ISP permitían acceder a la misma velocidad a todos los servidores del mundo sin dar prioridades, sin embargo, con la no neutralidad se tendrá en INTERNET el mismo servicio que en la TV por cable, los ISP podrían hacer al menos algunas de las siguientes 3 cosas: Alianzas para ralentizar el acceso a ciertos servidores o productos, agregar una cuota extra a ciertos servicios, prohibir el acceso a ciertos servidores durante años, de modo que si un gobierno o compañía o consorcio poderoso paga podría censurar contenidos.

En general, la no neutralidad en la red se percibe como el último de los golpes a las alternativas informativas, mucha gente lo percibe como un ataque a la democracia, pero como difícilmente la gente entiende democracia, ya que en realidad a lo que la gente llama democracia, en realidad es un gobierno representativo, mucho más marcado en países en vías de desarrollo como México. Por ejemplo, en países desarrollados ha habido una tremenda discusión al respecto incluso en su TV, o cientos de programas en redes sociales, incluso sus ciudadanos promedio están enganchados con las cosas importantes que pasan en sus países, lo cual no sucede con los países en vías de desarrollo. Y si, en definitiva, dado el bajo desarrollo en productos en internet, lo que se hace en EUA tiene un gran impacto mundial.

En 2017 aproximadamente 3,800 millones de personas se conectaron a INTERNET es decir más del 50% de la población mundial.

2017: IDI

En 2017 el IDI de los 176 países a los que se les mide, lideraron Islandia, Corea del Sur, Suiza, Dinamarca y Reino Unido; EUA se ubicó en la 16, España en al 27, mientras que México se ubicó en la posición 87, detrás de Barbados (34), Uruguay (42), Argentina (51), Chile (56), Costa rica (60), Brasil (66), Trinidad y Tobago (68), Colombia (84) y Venezuela (86).

Otros datos interesantes de 2017 a nivel mundial es que la suscripción a la telefonía celular alcanzó el 103.5% (7.7 mil millones); las suscripciones a telefonía fija siguen descendiendo a menos de 972 millones (el pico mundial fue de 1,260 millones en 2006) y quienes en telefonía fija ofrecen internet, el 100% está en banda ancha. También se estima que hay 3.5 mil millones de usuarios (48% de la población mundial) [135, 136]. (Porcentajes superiores al 100% indican redundancia).

El ITU define banda ancha a servicios con velocidades de 256 Kbps o superiores.
(Seguramente en un futuro cercano el ITU tendrá que hacer una redefinición).

En 2017 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) estimó como un hito, que cerca de 48 % de habitantes en el mundo usan internet, es decir, 3,579 millones, considerando 81% en países desarrollados y 41% en aquellos en vías de desarrollo; en contraste con el 8% o 495 millones de usuarios en 2001. Por su parte, la telefonía celular móvil alcanzó el 103.5% mundial, siendo esta la tecnología más extendida, mientras que la telefonía móvil de banda el 56.4% mundial [135]. Un par de fuentes interesantes sobre las tendencias de internet son [141, 142]. Los porcentajes superiores a 100% indican redundancia.

Contexto económico 2011-2017: Acelerados cambios geopolíticos y económicos

Desde 2014 en varias universidades de EUA hay colegas profesores que deben dar más horas que las que eran habituales (12 hrs por semana) debido que la educación universitaria es muy cara y EUA está enfrentando serios problemas con sus matrículas, así como Europa lo enfrentó alrededor de 2010, cuando con base en planes estratégicos fueron fusionando universidades, facultades y escuelas; el caso de “éxito” fue el del Reino Unido, en términos de recortes y fusiones relativamente paulatinas que implicaron la reinstalación geográfica de facultades y estudiantes. En medio de la crisis España llegó al 57% de desempleo en 2014, en general en Europa se habla de toda una generación perdida y habrá que ver si esto va más allá de Europa. Como respuesta el foro económico mundial promueve el emprendurismo en Europa para jóvenes menores a los 30 años. Ese mismo año los cambios geopolíticos y económicos hicieron que Rusia quedara excluida del G-8 como represalia al anexarse territorios de Ucrania.

Durante la pasada reunión del G20 en 2014, se llegaron a cerca de 800 acuerdos en sólo una semana, en uno de ellos, se consideró a las infraestructuras críticas como globales, ya no solamente como nacionales, por aquello del efecto mariposa y el efecto dominó. Y para protegerlas, el ejército de EUA ha iniciado un plan para poder intervenir en las 20 megaciudades del mundo (ciudades con más de 10 millones de habitantes), para evitar inestabilidad alguna, ya que la caída de una de esas ciudades podría colapsar la economía global. Las únicas 3 ciudades latinoamericanas incluidas entre las más grandes urbes mundiales con las características mencionadas son: San Pablo y Rio de Janeiro en Brasil y la Ciudad de México en México.

De 2011 a 2015 EUA creció levemente, China duplicó su PIB, Reino Unido y Francia intercambiaron posiciones, India creció, pero Corea de Sur y Australia lo hicieron mejor como se indica en la tabla III.8, a partir de datos del Fondo Monetario Internacional o FMI.

También en 2015 el Yuan se incluyó en la canasta de monedas internacionales junto con el dólar, yen, libra esterlina y el euro [122, 123].

# PIB	País	MDD	# PIB	País	MDD
1	EUA	18,124,731	8	Brasil	1,903,934
2	China	11,211,928	9	Italia	1,842,835
3	Japón	4,210,363	10	Canadá	1,615,471
4	Alemania	3,413,483	11	Corea del Sur	1,435,076
5	Reino Unido	2,853,357	12	Rusia	1,324,700
6	Francia	2,469,530	13	Australia	1,252,273
7	India	2,308,018	14	España	1,150,200

Tabla III.8. El PIB de potencias y países en desarrollo en 2015. Los países en retroceso: Japon, Francia, Brasil, Italia Rusia y España.

Por su parte entre los que perdieron terreno, Japón no se repone del todo de las secuelas de Fukushima, Brasil se ha estancado y México continuó su estrepitosa caída desde 2006.

En 2015 México cayó a la posición 15, por debajo de España, con 1,069,004 MDD, y en 2016 cayó a la posición 16, la última vez que México ocupó esta posición fue en 1996.

Pero lo verdaderamente preocupante es un medidor más realista de la economía, el PIB per cápita, México paso de la posición 43 en 1981 a la posición 73 en 2017, una caída de 30 posiciones describiendo un deterioro que no parece dar tregua.

En 2015 México tenía una “deuda externa total” de **417 mil MDD**, lo cual representó casi **39% del PIB** anual producido en el país, una verdadera catástrofe y como he indicado las fuentes economías se acceden desde el banco de México, la SHCP y banco mundial.

Denomino **cuarta generación de redes de datos** (2012-) para incluir a aquellas redes que emplean Routers, TCP/IPV4/IPV6, una arquitectura por sistemas autónomos y protocolos de enrutamiento avanzados; las redes que se gestan en respuesta al espionaje y la guerra en el espacio cibernético y aquellas redes del Internet Interplanetario.

Para terminar de dar contexto económico a lo visto en previos capítulos, a lo largo de los cursos los estudiantes han llegado a preguntarse, cómo comparar los costos de la vida desde que las computadoras personales se hicieron comerciales en EUA hasta el punto máximo de dominación computacional una vez que quedó superado por China. La pregunta concreta y reiterada es: ¿cuánto costaba tener una computadora hace tiempo y cuanto trabajo cuesta ahora? Como he indicado en páginas anteriores, aproximadamente cada 10 años el costo de las computadoras caía al 10% de su valor 10 años antes, pero quizá esto no da una explicación amplia de las condiciones económicas en un periodo como el indicado de 1975 a 2015 de 40 años.

Para responder a esta inquietud del lector, en tablas previas puse las comparativa de las principales economías ello da una idea general, pero para ser más específico, muestro la figura III.3, la cual indica el incremento de los costos en 3 tipos de productos y servicios clave y emblemáticos para EUA en 40 años, como la educación universitaria, los servicios de salud y los autos [143]. La gráfica también muestra tendencias que permiten explicar otros fenómenos económicos, políticos, sociales e incluso electorales en EUA y por tanto tienen un profundo impacto en el mundo.

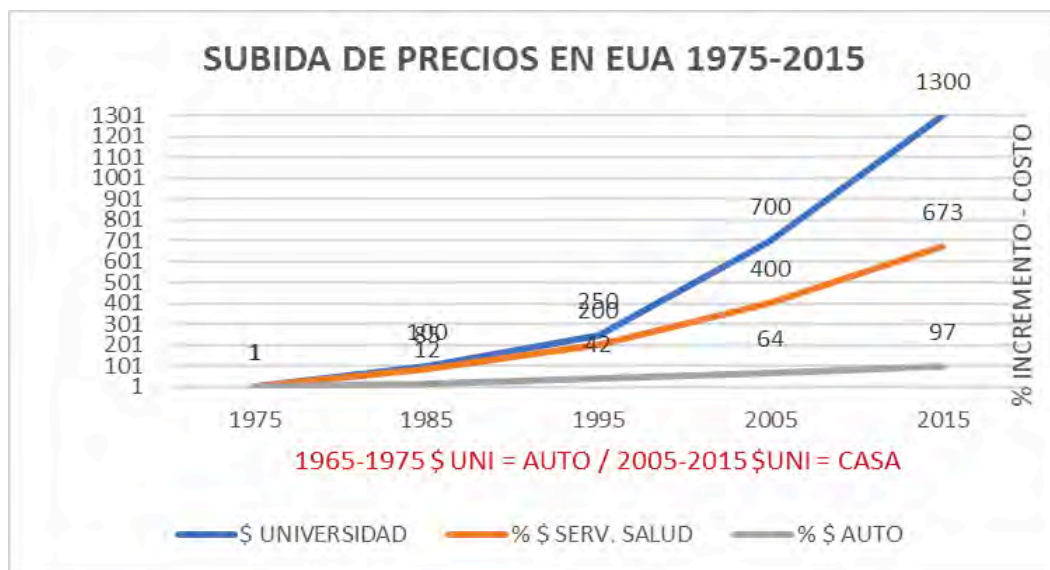


Figura III.3. Precio de educación universitaria, servicios de salud y autos en EUA de 1975-2015.

En particular en 2002 los precios para educación universitaria y salud subieron dramáticamente. Vale la pena resaltar que la subida drástica de precios en esos y otros servicios hicieron que el poder adquisitivo de los ciudadanos de EUA se deteriorase también estrepitosamente. En resumen, entre 1965-1975 quienes estudiaban una carrera universitaria

pagaban el equivalente al precio de un auto, sin embargo, para el periodo de 2005-2015 y pagaban el equivalente al precio de una casa de clase media. Los nacidos en 1950 tenían el 79% de posibilidades de ganar más dinero que sus padres al contar entre los 25 y 35 años, mientras que los nacidos en 1980 el 50%, y para los nacidos alrededor de 1990 con educación superior, su ingreso es un poco mayor al de los “baby boomers” (1946-1964) sin educación superior.

Para 2018 el Banco Mundial publicó The Changing Wealth of nations 2018 (La riqueza cambiante de las naciones), informe en el que incluye por primera ocasión al “capital humano”.

Por último, se presentan las posiciones de los primeros 14 países en PIB en 2018 en la tabla III.9

# PIB	País	MDD	#PIB	País	MDD
1	EUA	20,424,050	8	Italia	2,072,934
2	China	13,411,398	9	Brasil	1,868,835
3	Japón	4,971,363	10	Canadá	1,711,471
4	Alemania	4,000,483	11	Rusia	1,630,076
5	Reino Unido	2,828,357	12	Corea del Sur	1,619,700
6	Francia	2,775,530	13	España	1,425,273
7	India	2,716,018	14	Australia	1,418,200

Tabla III.9. El PIB de potencias y países en desarrollo en 2018. Mismos países que en 2015. México regresó a la posición 15

Es muy interesante hacer notar que el FMI y el BM con sus nuevas estadísticas hacen cada vez más difícil obtener estas posiciones.

III.3.1 Internet en México y su contexto económico

¿Qué tan preparado estaba México para entrar al mundo de la INTERNET en 1990?

En noviembre de 1989, México se conectó a la NSFNET (inauguración formal en 1990) y en 1990, la empresa REDUNO fue el primer ISP (*Internet Service Provider*) para redes corporativas en México, luego comprada por Telmex.

En 1970 ya arrancado ARPANET, México tenía apenas 200,000 estudiantes en el nivel superior de una población de casi 50 millones de habitantes, es decir, el 0.4 %. De los que ingresaron a primaria en 1976, el 60% terminó la primaria, 40% la secundaria, 15% la media superior y 2.5% la licenciatura [144].

En 1990 la población en México fue de aproximadamente 81 millones y su cobertura educativa fue: primaria 100%, secundaria 70%, preparatoria 34%, superior 13%. En el nivel superior habían casi 1.1 millones de estudiantes, es decir, el 1.3% de la población, concentrados principalmente en IES públicas con 900,000 estudiantes, de las cuales en 5 de ellas se concentraba la mayor población, de mayor a menor UNAM, UAG, BUAP, IPN, UANL; mientras que las privadas tenían casi 200,000 estudiantes. En todo el país, de aquellos que ingresaron a educación superior, sólo egresaron aproximadamente 150,000 aproximadamente el 50% de eficiencia terminal y se titulaban el 20% en tiempo regular, cuando en el país había casi 135,000 profesores de nivel superior considerando los sectores público y privado [145].

1995: Las universidades y centros de investigación más grandes ya contaban con internet, los servicios que más se usaban fueron e-mail y ftp, principalmente bajo la interfaz CLI (Command Line Interface) por lo poco desarrollado que se encontraba la WWW y sus interfaces *web browser*.

2000: Se llegó a 15,000 abonados a internet de banda ancha fija (comerciales y residencial). En noviembre México se conectó a INTERNET2 a nivel de pruebas vía el CUDI (Consortio Universitario para el Desarrollo de Internet), mientras que fue operativo ya en 2001.

2008: Durante la crisis económica

El crecimiento de internet en México permitió que existieran 438 empresas como ISP, de los cuales el 50% no cumplía con la mínima calidad del servicio, daban el 50% de velocidad, aun considerando que la velocidad de bajada (*download*) es mucho mayor a la de subida (*upload*).

A manera de resumen, en la tabla III.9 se hace un comparativo de la evolución entre el número de líneas telefonía fija, celular e internet de banda ancha [37-39].

Año	Población en México	Líneas Telefónicas	Abonados a teléfonos celulares	Abonados a internet de banda ancha fija
1950	25,791,017	No disponible	No existían	No existían
1960	34,923,129	338,450	No existían	No existían
1970	48,225,238	858,796	No existían	No existían
1980	66,846,833	2,699,732	1,500	No existían
1990	81,249,645	5,354,500	63,926	No existían en México
2000	97,487,412	12,301,676	14,077,880	15,000
2010	112,336,538 INEGI	19,636,869 (Penetración: 17 %)	91,383,493 (Penetración: 81%)	11,100,883
2015	119.5 millones	19.9 millones (10 operadores)	107.7 millones (Penetración: 85% / 4 operadores)	15.1 millones (Penetración: 45% / 7 operadores)
2017	129,000,000 (estimado)	20.0 millones	111.6 millones (Penetración: 90%)	16.4 millones (Penetración: 49%) [80% arriba de 10 Mbps]

Tabla III.9. Entre 2003 y 2005 se dio un crecimiento espectacular de la telefonía móvil y desde 2000 INTERNET.

De 1933 a 1981 México nunca había tenido decrecimiento en su PIB, incluso tuvo un máximo de 11% en 1964. En la figura III.3 se muestra el PIB de México de 1970 a 2017, en el que claramente se observan 6 años deficitarios o de profunda crisis, 3 en la década de los 80 una en los 90 y otra en los 2000, además de una cada 6 años [2, 3].

En 2012 el PIB fue de 4%, en 2013 de 1.4%, en 2014 de 2.3%, en 2015 creció a un magro 2.6%, para 2016 cayó a 2.3% nuevamente y en 2017 el PIB fue del 2.04%, proporcionado por el INEGI a febrero de 2018, presentando uno de los peores desempeños de América Latina en los últimos 10 años. El PIB de México en 2016 fue inferior al de 2010 y al de 2008. La figura III.4 muestra la evolución del PIB en México de 1970 a 2017 y también se incluye una línea de tendencia.

El futuro crecimiento de internet en México debe considerar varios factores entre ellos además del PIB, el PIB per cápita, la demografía, la edad promedio, las reservas y el crecimiento financiero en derivados, IDI, etc.

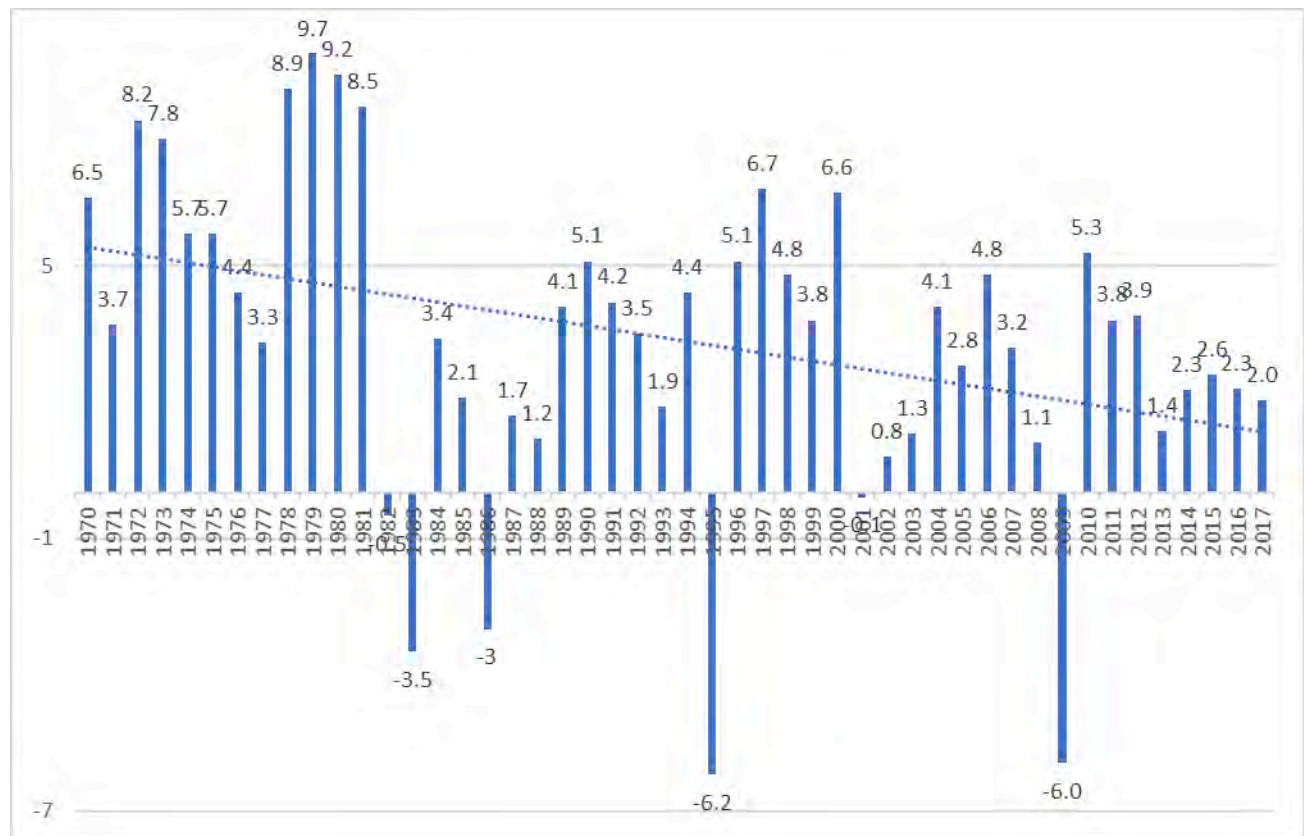


Figura III.4. Evolución del PIB anual de México de 1970 a 2017 en porcentaje.

¿Qué tan preparado estaba México en 2012 para enfrentar INTERNET con IPV6?

En 2012 la población en México fue de aproximadamente 120 millones y su cobertura educativa fue la indicada en la tabla III.10. En la prueba PISA de la OCDE, que se aplica a jóvenes de 15 años, México ocupó consistentemente el lugar 34 de 34, por debajo de Chile, lo cual reforzó la evidencia de que sólo incrementar la cobertura radicalmente desde 2000, no implicó un mejor nivel académico [146].

Nivel educativo	Primaria	Secundaria	Media superior	Superior
Cobertura	100%	93%	66%	25%

Tabla III.10. Cobertura educativa en México en 2012.

En 2012 se había logrado que de quienes deseaban ingresar al nivel superior, sólo el 25% fuese aceptado, el resto en el mejor de los casos buscaría integrarse a la PEA (Población Económicamente Activa). La PEA era de 48.7 millones, de los cuales 26.6 millones se emplearon en el mercado informal, es decir el 54.6%, en condiciones precarias [147].

Nivel superior estudiantes

Considerando instituciones públicas (~1 000) para cubrir 64% y privadas (~2000) para cubrir el 36% de la cobertura; la tabla III.11 resume matrícula, egresados y titulados [148].

	Estudiantes Licenciatura	Estudiantes posgrado	Total
Matriculados	~ 3,020, 000	~ 280,000	~ 3.3 Millones. [2.7% de la población]
Egresados	~ 381,000	~ 88,000	~ 469,000
Titulados	~ 286,000	~ 57,000	~ 343,000

Tabla III.11 Matrícula (877 mil de primer ingreso), egresados y titulados en nivel superior en México en 2012.

Desde el año 2000 se incrementó notablemente el número de egresados y de titulados, entre otras cosas debido a que se multiplicaron las opciones de titulación, a tal grado que, por ejemplo, la universidad que más recibe subsidio en México y que por tanto tiene la mayor cantidad de profesores y estudiantes, titula al 70% de sus egresados por vías diferentes a la tradicional tesis o tesina; el resto de las universidades del país siguen patrones similares. En 2012, el índice de egresados y titulados en IES privadas fue por primera vez mayor que en las públicas. La figura III.5 muestra la evolución de la cobertura de la educación superior en México entre 1956 y 2012.

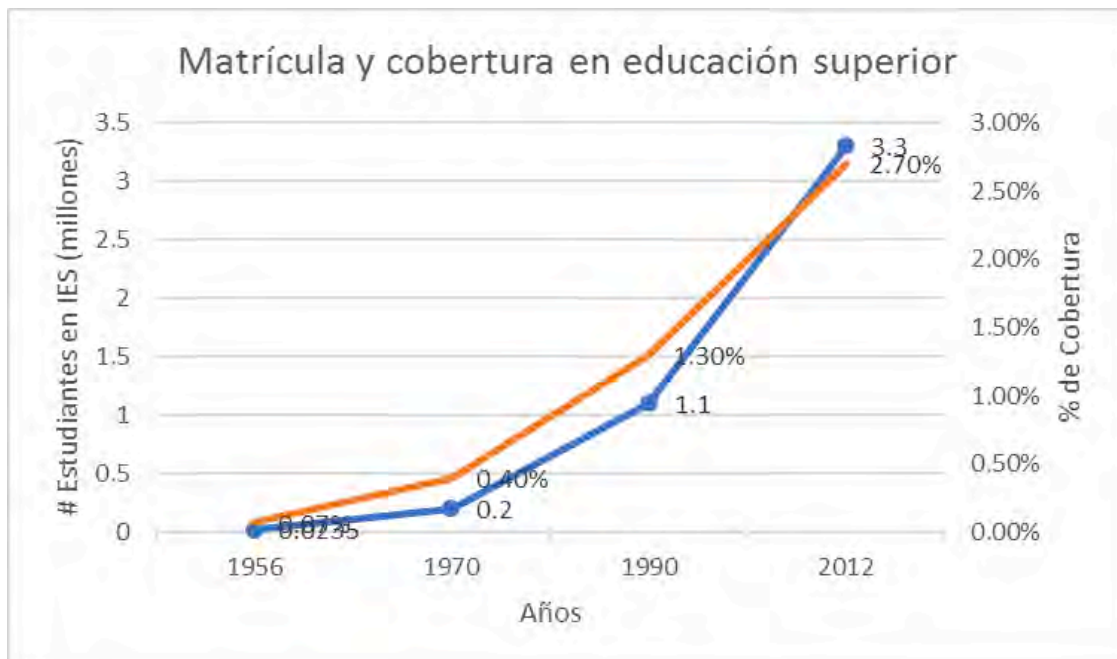


Figura III.5. Evolución de la matrícula (azul) y % de cobertura en México de 1956 a 2012.

Del gráfico se puede observar que de 1970 a 1990, en 20 años, la oferta en el nivel superior se multiplicó por 5.5; mientras que de 1990 a 2012, en 22 años, la oferta se triplicó, pese a ello en ese mismo periodo, sólo se duplicó el número de docentes y la consecuencia es la natural, no va en contra de la lógica ni el sentido común. Consideremos, por ejemplo, estos números conservadores, México produjo ese año aproximadamente 500,000 empleos en total y si consideramos 469,000 egresados de las IES (casi 100,000 de ingeniería), más 3.5 millones de aspirantes a estudiar una licenciatura que fueron rechazados ese año y que también buscaron algunos de esos 500,000 empleos, tenemos un escenario muy crítico tanto para universitarios como para no universitarios [146-151].

Nivel superior profesores

En 2012, de los casi 275,000 profesores o profesores investigadores en México, sólo 18,555 eran miembros del SNI (Sistema Nacional de Investigadores, 1984 -) quienes se dedican 20 horas a la investigación; los miembros del SNI correspondieron a cerca del 45% de los investigadores de México. Sin embargo, la producción científica de todo México entre miembros del SNI y no miembros SNI fue de 10,889 artículos científicos, casi un tercio de la producción de Brasil, para colocarse en el segundo lugar latinoamericano en producción, pero el cuarto en impacto, detrás de Colombia, Argentina y Chile; y cuarto en el número de investigadores por cada cien mil PEA, detrás de Chile, Brasil y Argentina. Además, para enfrentar la competitividad en términos de patentes del periodo 2003-2012 se otorgaron en México solo 1,937 a “residentes mexicanos”, y sólo en el 24% de ellas estuvo involucrado un miembro del SNI. El complicado panorama de 2012 no ha cambiado mucho hasta 2018. Si el lector desea conocer detalles de 2012 a 2018 consulte el apéndice B. Así pues, las condiciones con las que un ejército de académicos, investigadores, egresados, PEA de México se plantó en 2012 a una evolución de la Internet y una sociedad de la información y el conocimiento globalizada, la cual determina su presente y determinará su futuro, uno nada halagador si no se cambia radicalmente de estrategia urgentemente [152-156].

III.4 Autoevaluación para el capítulo III

1. ¿Cuál es la función de una red de computadoras?
2. Genere un cuadro referente a las generaciones de redes de computadoras propuestas por el autor.
3. Indique la diferencia entre conmutación de circuitos y la conmutación de mensajes.
4. ¿En qué año se propone la conmutación de paquetes y por qué es ésta importante?
5. ¿A quiénes se les considera los arquitectos de ARPANET/ INTERNET?
6. Indique la diferencia principal entre la primera y la segunda generación de redes
7. Indique la diferencia principal entre la segunda y la tercera generación de redes
8. ¿Cuál es la generación de computadoras que permite contar con redes de datos de tipo WAN?
9. ¿Cuál es la diferencia entre internet y la WWW?
10. Mencione las diferencias entre web 1.0 y web 2.0
11. Liste los protocolos indicados en este capítulo, expandiendo sus siglas en inglés y español.
12. Indique cuál es el ISP que usted utiliza normalmente.
13. Indique a detalle el motivo por el cual en 1969 ARPANET sólo podía permitirse conectar un máximo de 254 redes.
14. Indique el motivo por el cual se diseñó el IPV6.
15. Para 2018 hay mas de 4,000 millones de personas en el planeta quienes pueden acceder a la Internet. ¿Cuántas personas acceden a la Internet en tu país y que porcentaje representa de su población?

PARTE II: LAS REDES DE DATOS Y LA ARQUITECTURA CLIENTE SERVIDOR

Una vez que las computadoras se hicieron comerciales (1950) y que maduraron (1960), de manera natural se dio la necesidad de interconectarlas. Se abordan pues los primeros 50 años en la evolución de las redes de datos MAN-WAN (1969-2019).

CAPÍTULO IV: LA ESTANDARIZACIÓN EN REDES DE DATOS

IV. La estandarización en las redes de datos

Cuando se crearon las primeras redes de computadoras, en la década de los años 60, sólo podía haber comunicación entre computadoras del mismo fabricante y, como muchos sistemas se desarrollaban de manera propietaria, había problemas de incompatibilidad al querer hacer conexiones con otras redes; las principales compañías que creaban protocolos de comunicación eran Xerox, Novell, DEC, IBM. En este capítulo se abordan desde los sistemas propietarios en redes de datos a la estandarización pasando por Ethernet e ISO-OSI como modelos para redes de datos y se incluyen 4 prácticas de laboratorio con la finalidad de esclarecer conceptos.

IV.1 Ethernet.

Como se revisó en el capítulo anterior entre 1973 y 1977 Xerox creó, desarrolló y patentó Ethernet; para dar fuerza a Ethernet, se creó el mencionado consorcio DIX. En septiembre de 1980, DIX publicó la primera versión de “las especificaciones de la Red de Área Local Ethernet”, donde se describió la arquitectura e implementación del funcionamiento de Ethernet. La versión Ethernet DIX 1 cubre la arquitectura e implementación de Ethernet con base en un modelo funcional de 2 capas: la PL (*Physical Layer* - capa física) o capa de nivel 1 o L1 y la DLL (*Data Link Layer*- capa de enlace de datos) o capa de nivel 2 o L2 [114].

La capa física (PL) especifica las características mecánicas, eléctricas, funcionales y procedimentales, tales como la topología de bus (conocida entonces como *Branched non-rooted tree*), el segmento de red, los repetidores, los *transceivers*, para transmitir a una velocidad de 10Mbps.

En la actualidad los trasceivers quedan dentro de las tarjetas de red (*Network Interface Card* - NIC). Las especificaciones eléctricas aplicables para el cable coaxial de 50 Ohms con señalización de banda base (sin modulación) para frecuencias en una banda de 20MHz, un máximo de 1024 equipos y una longitud total máxima por segmento de 500 metros, de tal modo que tomó el nombre de “10BASE5”. Un ejemplo de topología de bus que emplea 10BASE5 se indica en la figura IV.1. Esta topología fue muy popular en la década de los años 1990, en la cual la empresa Novell Network fue el líder del mercado.

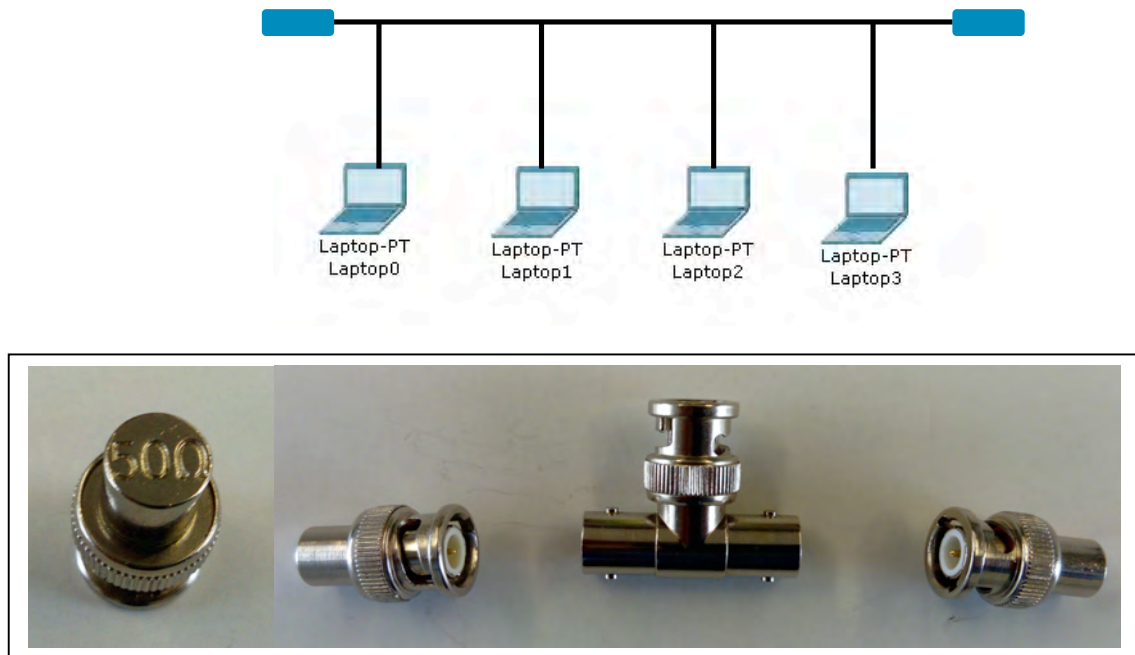


Fig. IV.1 Topología de Bus, en ambos extremos se incluyen terminadores de 50 Ohmios, tipo BNC.

Por su parte, la DLL se dividió en 2 subcapas, la subcapa MAC (*Medium Access Control*-Control de Acceso al Medio) y la subcapa LLC (*Logical Link Control*-Control de Enlace Lógico). La DLL especifica tanto el procedimiento de control de enlace para la subcapa MAC, como el protocolo de mensajes para la subcapa LLC. El primero usa CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection*- Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Detección de Colisiones) y a su vez define 2 funciones, el encapsulamiento de datos y la administración del enlace. El segundo usa tramas de tamaño variable que se entregan bajo la premisa del mejor esfuerzo. Los servicios que provee esta capa hacia las capas superiores son: “envío de trama” y “recepción de trama”, cuyo “modelado de procedimientos” se hizo empleando algoritmos que se escribieron en notación del lenguaje de programación Pascal, pero se implementaron con microcódigo en máquinas de estados a nivel de hardware [114, 119].

La trama, en su primera versión, contenía 5 campos: uno para la dirección MAC destino, la dirección MAC fuente, los datos (paquete de la capa superior o capa de nivel 3), el tipo de protocolo y el código de redundancia cíclica o CRC que consiste en un código para la detección de errores. En la sección IV.3.2 se presentará la trama de la versión 3 de Ethernet por ser una mejora de la versión 1 [124].

IV.2 La estandarización para los sistemas abiertos: ISO/OSI.

En 1978 y 1979 se publicaron los primeros borradores OSI (*Open Systems Interconnection*-Sistema de Interconexión Abierto) de ISO, sin embargo, en 1984 ISO liberó el primer estándar para sistemas abiertos, como el modelo de referencia OSI en el ISO 7498:1984 [106, 107, 126]. Tal estándar se generó con base en el trabajo emprendido por Ethernet de DIX y TCP/IP de DARPA [109, 110, 114, 117, 118]. ISO/OSI es un conjunto de estándares que buscan asegurar la compatibilidad e interoperabilidad entre las distintas tecnologías de redes. El modelo OSI es el modelo arquitectural primario para las redes, describe cómo se comunica la información desde las aplicaciones a una computadora, a través de los medios de la red hacia una aplicación que corre en otra computadora.

En 1989 se liberó el ISO 7498-2:1989 como la segunda parte del estándar para tratar el tema de la arquitectura de la seguridad [127]. En 1994 se liberó el estándar ISO/IEC 7498-1:1994, para reemplazar la primera edición de 1984 y en 1997 el ISO/IEC 7498-3:1997 agregaron observaciones para nombres y direcciones [132, 157]. Cada capa del modelo tiene una función específica e indica sus dispositivos de hardware o de software asociados; la figura IV.2 muestra el modelo OSI de 7 capas y su mapeo al modelo TCP/IP de 5 capas.

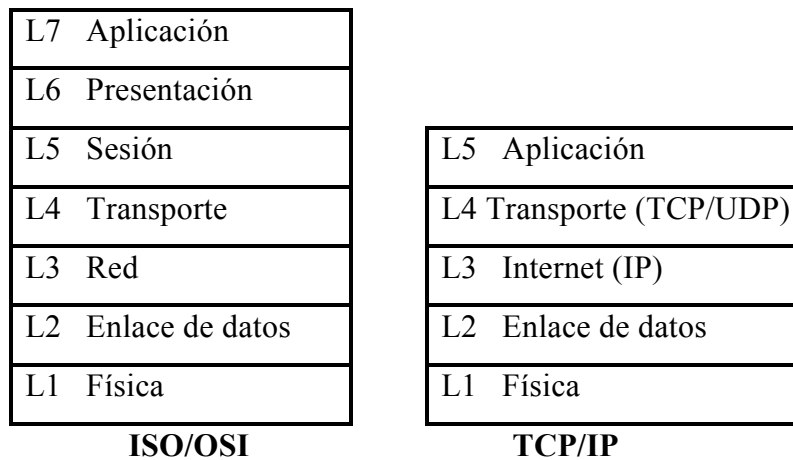


Fig. IV.2 Capas funcionales del modelo ISO/OSI y su mapeo al modelo TCP/IP

En la figura IV.3 se indican algunas características generales que permiten comprender los alcances y la utilidad del modelo ISO/OSI.

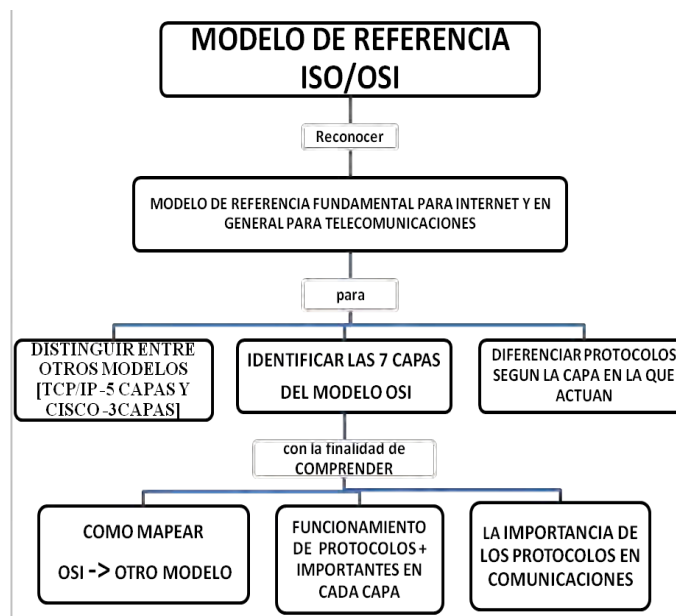


Fig. IV.3. Mapa del modelo OSI

En la tabla IV.1 se ofrece un resumen de las ventajas de contar con el modelo de referencia ISO/OSI.

Reduce la complejidad	El modelo jerárquico divide la operación en capas para hacerlo manejable.
Describe una tecnología interoperable	Permite que los desarrolladores de aplicaciones se especialicen en el diseño y desarrollo, ya que los cambios se hacen sólo en una capa.
La estandarización de interfaces	Se pueden definir interfaces estándar para la integración multi-fabricante tipo “plug & play”.
Es un modelo didáctico	El mejor modelo para enseñar “cómo se transmiten los datos en una red”.

Tabla IV.1 Ventajas del modelo de referencia ISO/OSI.

Con la finalidad de resumir la influencia que permitió el origen de ISO/OSI en 1984 como un estándar, se presenta la línea de tiempo de la figura IV.4, la cual incluye los eventos importantes para Ethernet y TCP/IP.

Evolución de Ethernet, TCP/IP e ISO/OSI: 1973-1984

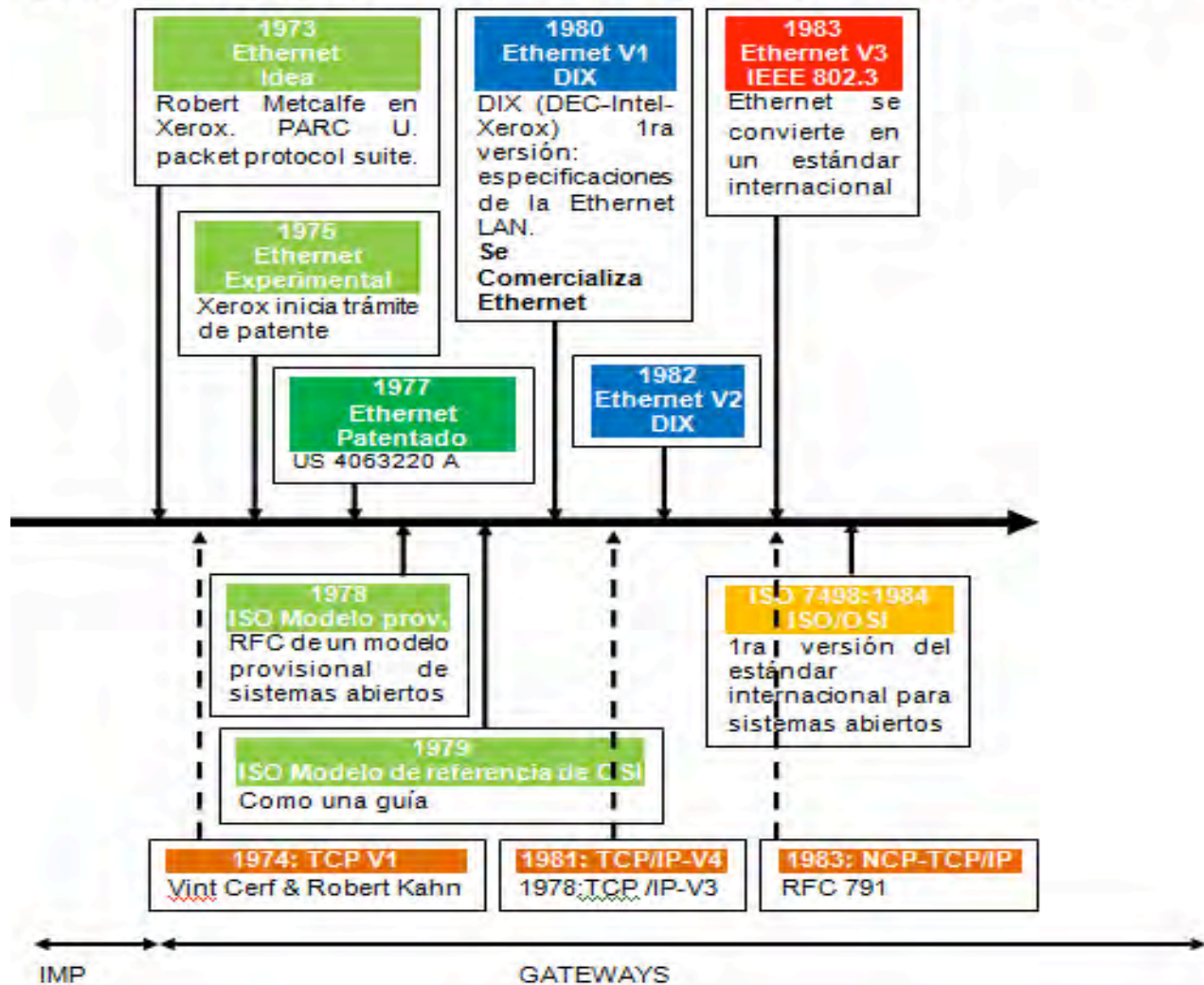


Fig. IV.4. Línea de tiempo para Ethernet, TCP/IP e ISO/OSI, desde su origen hasta su estandarización.

En 1996 Robert Metcalfe recibió la *IEEE Medal of Honor* por “El liderazgo ejemplar y sostenido en el desarrollo de la estandarización y comercialización de Ethernet”. En 2000 Leonard Kleinrock, Paul Baran, Davis y Roberts recibieron la *IEEE Internet Award* por sus contribuciones al concebir, analizar y demostrar las redes de conmutación de paquetes, tecnología fundacional de la internet [158].

IV.2.1 El encapsulamiento y desencapsulamiento de datos.

El “encapsulamiento de datos” es un proceso de conversión de los datos del usuario que inicia en la capa 7, con el que se puedan enviar paquetes por una red. Conforme la información se mueve a lo largo de las capas, en cada capa se añade un “encabezado” (HDR-Header) que tiene datos de control necesarios para los dispositivos en el receptor; así la capa de aplicación agrega el “encabezado de la capa de aplicación” (L7-HDR) a los datos originales del usuario y de allí se envían a la capa de presentación, la cual a su vez agrega un encabezado (L6 HDR) y así sucesivamente hasta que llegan a la capa 2 donde además del HDR se agrega un campo FCS (*Frame Check Sequence*) para la detección de errores como se indica en la figura IV.5. El proceso de “desencapsulamiento” es inverso y se presenta una vez que los paquetes llegan a la capa uno del *host* receptor y éstos van pasando desde la capa 1 a la capa 2, 3 y así sucesivamente hasta llegar a la capa 7 del *host* receptor [119].

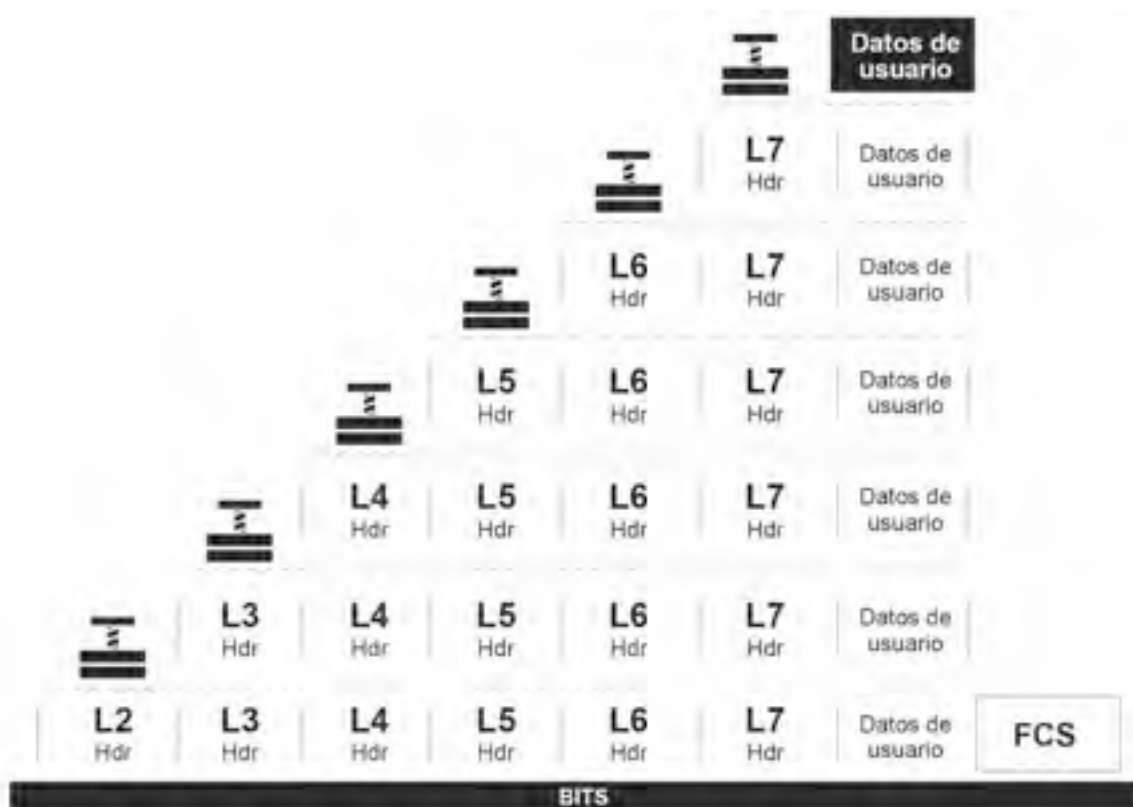


Fig. IV. 5. Proceso de encapsulamiento y desencapsulamiento en cada capa. Los paquetes de la capa 3 se encapsulan dentro de la trama de la capa 2.

En la siguiente sección se hará una revisión de algunos de los protocolos más comunes en las distintas capas del modelo ISO/OSI.

IV.3. Las capas ISO/OSI y algunos de sus protocolos

IV.3.1 La capa física y sus protocolos

La capa física o de nivel 1 define las especificaciones eléctricas, mecánicas, funcionales y procedimentales, que permiten transmitir y recibir bits entre dos hosts.

- A) Las especificaciones eléctricas definen por ejemplo los niveles de voltaje (ej. +5 v, GND, 0v) y el tiempo del cambio en sus niveles de voltaje.
- B) Las especificaciones mecánicas definen las distancias de transmisión máximas, los conectores físicos como en el caso del estándar “RS-232”, el cual define conectores DB-9 y DB-25, así como una distancia máxima de 2.5 mts.
- C) Las especificaciones funcionales definen que terminal mecánica o física corresponde a cada terminal eléctrica, por ejemplo, en un conector determinado, la terminal 1 corresponde a tierra, la terminal 2 a la terminal para la transmisión, la terminal 3 para recepción, etc.
- D) Las especificaciones procedimentales sirven para definir como se deben activar, mantener y desactivar la capa física entre los sistemas terminales, de modo tal que permitan transmitir y recibir bits entre dos hosts.

Nota: No deben confundirse protocolos que definen estándares con puertos de comunicación ni con conectores. El caso típico se da cuando la gente confunde al estándar USB con la memoria flash y llaman a la memoria flash por el estándar que usa para comunicarse con el exterior, el USB. Un hub es un equipo de capa 1, es un repetidor, en nada se relaciona con una MAC.

La manera más fácil de crear una red es con dos computadoras, ya sea alámbrica o inalámbrica (vía enlace de microondas), conexión por fibra óptica para distancias de medianas a grandes o por cable de cobre para distancias largas o medianas (si se usa la infraestructura PSTN mediante el modem) o cortas (si se hace vía directamente las interfaces de una computadora con cable). Para realizar la comunicación entre computadoras se usan **protocolos, los cuales son un conjunto de reglas que controlan el flujo de información entre dos computadoras**, para lo cual se definen interfaces.

Entre la década de los 60, 70 y 80 se desarrollaron protocolos de comunicación e interfaces que empleaban determinados protocolos, entre ellos están: *Omnibus*, *Unibus* (empleados en equipos DEC-PDP), *Centronics*, HP-BUS (HP-IB de 1965), GPIB, IEEE-488 (1Mbps en 1975, con alcance máximo de 20 mts.), IEEE 1284 (paralelo bidireccional Centronics), *Fire Wire* (para electrónica de consumo), RS232 (Recommended Standard).

IV.3.1.1 Comunicación serial: RS232 y USB

La conexión entre dos computadoras para distancias cortas ha sido una práctica común, principalmente la comunicación serial bajo el estándar RS232, ya sea usando el conector DB9 o DB25 con un cable tipo “null”. Para las computadoras personales, la tarjeta del estándar RS232 empleaba un UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), un CI que convertía la información proveniente de un bus de 8 bits en paralelo a una salida serial, tal CI era auxiliado por otros CI para conformar los puertos de comunicación serial del estándar RS232. El RS232 ha evolucionado con el tiempo, de modo que se tienen por ejemplo las versiones RS422, RS423, RS449, RS530, pero a toda esa gran familia se le sigue considerando solamente como RS232.

En 1996 apareció el estándar USB (*Universal Serial Bus*) como la evolución del estándar RS232 y dado su gran éxito, éste se convirtió en el *bus* serial estándar para conectar todo tipo de equipos a una computadora *host* o *end system*, el cual puede ser toda computadora, servidor, impresora, teléfono IP, etc. En el caso de las microcomputadoras, USB ha sido la interface más exitosa en su historia. USB usa un modelo *hub-root-host* que le permite desprender de su *hub* una dirección raíz y de allí poder conectar hasta un máximo de 127 dispositivos de comunicación, pero en los equipos reales existe solamente una limitación energética dado que, por ejemplo, la versión USB 1.0 permite extraer un máximo de 150mA hasta 2.5W por puerto por equipo, de modo que la limitación extraída dada por el número de puertos habilitados en función de la capacidad de la fuente de alimentación.

La tabla IV.2 resume algunas características de las 3 versiones de USB con las que contamos hasta hoy [159].

Versión	Año de liberación	Ancho de banda	Tiempo de transferencia de un archivo multimedia		
			4 MB	1 GB	25 GB
USB 1.1 (Full speed)	1996	12 Mbps	5.3 seg	22 min	9 hrs
USB 2.0 (Hi-speed)	2000	480 Mbps	0.1 seg	33 seg	12 min
USB 3.0 (Super -speed) Lengüeta azul	2008	4.8 Gbps	0.01 seg	3.3 seg	80 seg.
USB 3.1 (Super -speed)	2013	5Gbps 10 Gbps	-	-	40 seg
USB 3.2 (Super -speed +) Comercial a 2019	2017	10/20 Gbps	-	-	20 seg.
USB 4.0 (Super -speed)	2021 (fecha tentativa)	40 Gbps	1 ms	0.3 seg	10 seg

Tabla IV.2. Versiones de USB (USB Implementers Forum).

Durante los años 70, 80 y 90 fue común como ejercicio, comunicar 2 computadoras usando RS232, para lo cual era necesario programar en los lenguajes Fortran o Pascal o C, pero para la segunda mitad de los 90 comunicarlas vía USB se hizo práctica común. Sin embargo, conforme se hicieron populares las tarjetas de red o NIC también era práctica común comunicarlas de este modo. La comunicación entre dos computadoras también se conoce como la comunicación de una red punto a punto (P2P-*Peer To Peer*). Más adelante se proponen un par de prácticas de laboratorio, las cuales incluyen simulaciones con la finalidad de clarificar conceptos relacionados con las capas 1, 2 y 3.

IV.3.1.2 Cables de par trenzado para redes de computadoras

En un principio, para comunicar computadoras y redes de computadoras se usaron distintos estándares, como los ya mencionados, también se uso par trenzado (*Twisted Pair*), del llamado categoría 1 y 2, ambos presentaban bajas prestaciones hasta que en 1990 se liberó comercialmente el cable par trenzado categoría 3 o “cat 3”, el cual permitió un ancho de banda de 10Mbps. En 1991 aparece la versión de la TIA/EIA 568 (*Telecommunications Industry Association/Electronic Industries Alliance*) para definir estándares para el cableado estructurado. En 1995 se hace una revisión y se genera la TIA/EIA 568-B o ISO/IEC 11801:1995, el cual indicó que las categorías 1 y 2 eran buenas para voz más no para datos y se definieron los detalles particulares para las “categorías 3, 4 y 5”. El cable UTP (*Un-Shielded Twisted Pair*) se emplea básicamente para reducir la “interferencia por RF” y el *crosstalk*, términos que el lector conoce. La tabla IV.3 resume las categorías de cables UTP disponibles en el mercado.

Categoría	Ancho de banda	Ancho de banda de señal	Estándar
Cat 3	10 Mbps	16 Mhz	10BASE-T [IEEE 802.3i] (1990)
Cat 4	16 Mbps	20 Mhz	Token Ring
Cat 5	1,000 Mbps 1Gbps	100 Mhz	10BASE-T, 100BASE-TX [IEEE 802.3u] (1995), 1000BASE-T [IEEE 802.3ab] (1999)
Cat 5e Enhanced	3,000 Mbps 3Gbps	350 Mhz	Mismos cables que Cat 5, todos a 100 mts. Reduce Crosstalk
Cat 6	10,000 Mbps 10 Gbps	250 Mhz	10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T 10GBASE-T [IEEE 802.3an] (2006) Pero se limita la distancia a 55 mts.
Cat 6*	10 Gbps	500 Mhz	Igual que para Cat 6 pero mayor frecuencia y mejoras en la reducción en interferencia y crosstalk. [10GBase-T a 100 mts].
Cat 7 y 7*	10 Gbps	700 Mhz/1 Ghz	Cat 6A mejorado
Cat 8	40 Gbps	2 Ghz	10GBASE-T [IEEE 802.3bq] (2013) Distancias cortas (20 mts.) usados en Data Centers a nivel de rack.

Tabla IV.3. Categorías de cables UTP en el mercado.

El conjunto de estándares IEEE 802.3 definen la capa física y la capa de enlace de datos, en particular la subcapa MAC para Ethernet cableado para las tecnologías LAN y MAN. Para el caso de los estándares para medios, IEEE 802.3 emplea las letras como en los estándares para 10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T, 10GBASE-T y 40GBASE-T [124].

IV.3.2 La capa DLL y sus protocolos: CSMA en Ethernet

La “capa de enlace de datos o capa 2” define cómo se formatean los datos para su transmisión y cómo se controla el acceso al medio físico, incluye la detección de errores para asegurar la entrega de datos, para lo cual realiza comunicación vía tramas (frames) en las que se indica la dirección MAC origen y destino. Los bridges y switches son equipos de capa 2 y usan tabla de direcciones MAC. Para este caso nos debemos remitir a la trama de Ethernet II o la trama definida por IEEE 802.3; en el caso del encapsulamiento desde la capa 7 a la capa 2, se debe conformar la trama como se indicó anteriormente. Para el caso del desencapsulamiento desde la capa 2 a la capa 7, en el caso de encontrar errores en la capa 2, entonces se descarta la trama el paquete y solicita la retransmisión; en el caso de no existir errores, entonces la capa de enlace de datos lee e interpreta las señales de control del encabezado HDR, después descarta el L2 HDR y su FCS y transfiere los datos hacia L3 con base en la información de control que leyó anteriormente. Por ello, cada capa del *host* emisor se comunica con la capa homóloga del *host* receptor, para lo cual en la capa 2 existe tráfico de “frames o tramas”.

El formateo de los datos

Una trama de Ethernet II se define con base en 6 campos: una es el “preámbulo” (*preamble*), el cual consiste en una señal de sincronía a 5Mhz generado por una secuencia de unos y ceros en 8 bytes; el siguiente campo es “la dirección MAC destino” de 6 bytes; el siguiente campo es “la dirección MAC fuente” de 6 bytes; el campo “type” indica el protocolo de la capa superior; a continuación sigue el “campo de los datos (*Data*)”, el cual está compuesto por el paquete proveniente de la capa de red, la cual quedó encapsulada con una longitud variable entre 46 bytes y 1500 bytes; y finalmente el campo FCS (*Frame Check Sequence*- Secuencia para la Verificación de la Trama), el cual se encarga de detectar posibles errores vía un CRC (*Cyclic Redundancy Code* - Código de Redundancia Cíclica). La trama Ethernet II se muestra en la figura IV.6 [120, 124].

Preámbulo	Dirección MAC destino	Dirección MAC origen	Tipo	Datos	FCS
8 bytes	6 bytes	6 bytes	4 bytes	46-1500 bytes	6 bytes

Fig. IV.6. Trama o *frame* Ethernet II en la capa DLL.

Dado que la dirección MAC forma parte de una trama Ethernet, en la figura IV.7 se muestra cómo se compone una dirección MAC definida en una NIC o WNIC.

Bit de broadcast 1 bit	Bit local 1 bit	OUI 22 bits	Vendor 24 bits
--------------------------------------	---------------------------	-----------------------	--------------------------

Fig. IV.7. Composición de una Dirección MAC en una NIC o WNIC, resulta en 48 bits (6 bytes)

El control de acceso al medio físico por conmutación de circuitos

En telecomunicaciones con la finalidad de transmitir sobre un medio (cobre, aire o fibra óptica), o para compartir su capacidad con otras terminales o equipos que se encuentren conectados al mismo, se utilizan métodos para el acceso a un canal, también conocidos como métodos de acceso múltiple. La pregunta por resolver es, ¿cómo comparto el medio de transmisión canal de comunicación o medio físico como UTP, fibra óptica, aire? La solución está en la multiplexación, pero cuando se realiza la multiplexación en la capa física para conexiones full dúplex o punto a puntos nos encontramos en la conmutación de circuitos (*circuit switching*). Existen cuatro tipos básicos de acceso al canal:

- A) FDMA (*Frequency Division Multiple Access* - acceso múltiple por división de frecuencia), usa multiplexación por división de frecuencia. Por ejemplo, se puede dividir a una “única portadora inicial” en 4 portadoras distintas o 4 frecuencias portadoras (HF, LF), una para cada terminal sobre las cuales se puedan transmitir las 4 terminales. Si las conexiones fueran por fibra óptica, se usaría una variante de FDMA, por longitud de onda, es decir, WDMA de modo que en lugar de transmitir a 4 diferentes frecuencias se transmitirían a “4 distintos colores”, uno por cada terminal: 400nm para el violeta, 660nm para el rojo, 700nm para un infrarrojo cercano, 5000nm para el infrarrojo medio.
- B) TDMA (*Time Division Multiple Access* - acceso múltiple por división de tiempo) usa multiplexación por división de tiempo, en el caso de tener un canal de frecuencia y dividir el tiempo de transmisión en, por ejemplo, 4 ventanas de tiempo o ranuras de tiempo (time-slots) o turnos, una para cada terminal. Por ejemplo, los primeros 10 segundos transmite y recibe la terminal 1, los segundos 10 segundos transmite y recibe la terminal 2, los terceros 10 segundos transmite y recibe la terminal 3, los cuartos 10 segundos transmite y recibe la terminal 4 y en la siguiente ranura de tiempo la secuencia cíclica se repite, 1, 2, 3, 4 y luego nuevamente 1, 2, 3, 4, etc. Por ejemplo, GSM (*Global System of Mobile Communication*), tecnología celular de

segunda generación (2G), emplea TDMA como el modo de acceso al canal, con un alcance máximo de 35Km.

- C) CDMA (Code Division Multiple Access - acceso múltiple por división de código). En este caso, sólo quienes conocen el código pueden entender. Por ejemplo, UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), tecnología celular de tercera generación (3G), emplea CDMA como modo de acceso al canal con un alcance máximo de 8 Km.
- D) SDMA (Space Division Multiple Access - acceso múltiple por división de espacio). Es equivalente a emplear distintas direcciones [2, 3].

El control de acceso al medio físico por conmutación de paquetes

La capa DLL se dividió en dos subcapas: la MAC (*Media Access Control*) la cual permite la interacción entre la capa física y la capa DLL, y la subcapa LLC (*Logical Link Control*) la cual permite la interacción entre la capa DLL y la capa de red.

Específicamente para el caso de la multiplexación en la conmutación de paquetes (*packet switching*) encontramos 2 formas de acceder al medio, donde se requiere de protocolos MAC, que actúan en la capa 2 del modelo ISO/OSI o TCP/IP.

- A) El CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection), un protocolo de la subcapa MAC de acceso múltiple empleado en IEEE 802.3.
- B) El CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance), un protocolo definido para IEEE 802.11 [100].

Ejemplos de protocolos que trabajan en las capas 1 y 2 de ISO/OSI o de TCP/IP son: Ethernet, USB, Bluetooth, WiFi, etc.

En la figura IV.8 Se observa una tarjeta de red LANTASTIC hecha de fibra de vidrio, el lector puede identificar con facilidad, el circuito de reloj para los procesadores y el sistema de filtros con base en dispositivos discretos, y los 2 procesadores Z80, los registros, así como la red de resistores de circuito integrado y los capacitores de montaje superficial.



Fig. IV.8. Tarjeta de red LANTASTIC de 1990 conector AUI.

Wi- Fi – IEEE 802.11

Desde el año 1999, una red Wi-Fi es una red inalámbrica que cumple con el estándar IEEE 802.11, es decir, existe compatibilidad entre distintos fabricantes, sin embargo, los primeros productos en el mercado se ofertaron en 2000. Las redes Wi-Fi operan en la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) y se conectan la red Ethernet vía un AP (*Access Point*).

A finales de 2001 se vendieron 8 millones de CI para Wi-Fi, lo cual marcó el inicio de la tendencia inalámbrica. En 2002 se aprobó el estándar IEEE 802.15.1 para establecer la compatibilidad de los equipos *Bluetooth* para redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*). En 2003 se aprobó el IEEE 802.11g (11 Mbps) y en 2009 el IEEE 802.11n, una mejora a la versión g (54 Mbps), la cual permite velocidades mayores a los 100Mbps. Por otro lado, la figura IV.9 muestra una tarjeta WNIC externa, del tipo “Wireless CardBus Adapter” bajo las especificaciones el estándar IEEE 802.11g/b a 54Mbps., con una interfaz PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association), una interfaz de comunicación paralela cuya versión 5.0 se introdujo en 1995 y se estandarizó para laptops y notebooks comercialmente hasta 1998 para portar una WNIC. Esta tarjeta “Type II”, era de 32 bits con un alcance máximo de 100 mts.



Fig. IV.9 Tarjeta de red WNIC externa tipo “CardBus” PCMCIA 5.0 de 32 bits de 1998, máximo 54Mbps.

El WiFi de banda ancha estuvo masivamente disponible en hoteles y aeropuertos de manera gratuita desde el año 2010 en los “países desarrollados” como se muestra en la fig. IV.10



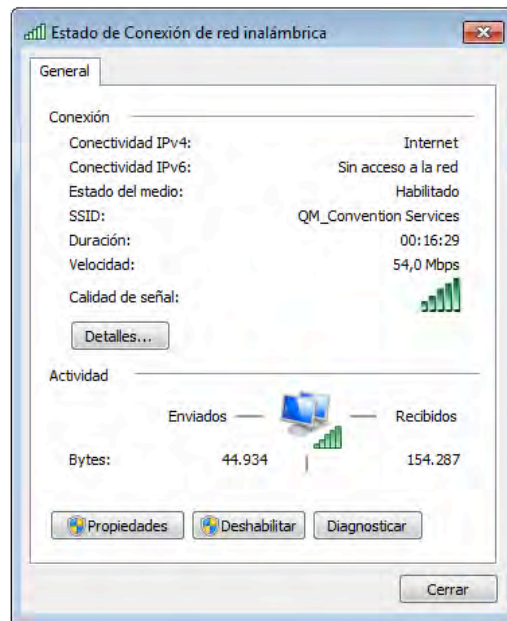


Fig. IV.10 Ejemplo de servicio de conectividad en EEUU en 2011, Wifi a 54 Mbps reales.

Y como siempre sucede estas tecnologías han ido permeado lentamente en el resto de los países.

IV.3.2.1 La dirección MAC de un host

PRÁCTICA 1: Para reforzar los conceptos de trama y dirección MAC, obtenga la(s) MAC de una "computadora", vía simulador, vía su equipo físico, sea este una computadora de escritorio (desktop), notebook, minibook, laptop, teléfono celular, televisor con conexión a internet, etc., [103].

Actividad 1- vía simulador: Acceda al simulador “Cisco Packet Tracer”, el cual es gratuito y puede bajar vía internet a su computadora, explore sus principales bibliotecas de componentes. Acceda a un *end system* para obtener en la pestaña de configuración la MAC de su NIC.

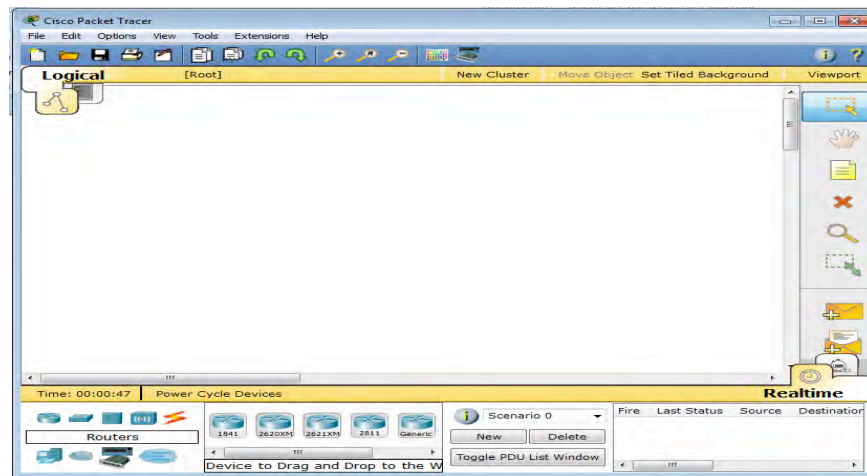


Fig. IV.11. GUI (Graphic User Interface) principal de *Cisco Packet Tracer*.

Tome una computadora tipo desktop desde la biblioteca de *End systems* hasta el área de trabajo y abra con un doble *click* y observe la dirección MAC de la NIC de la computadora en cuestión.

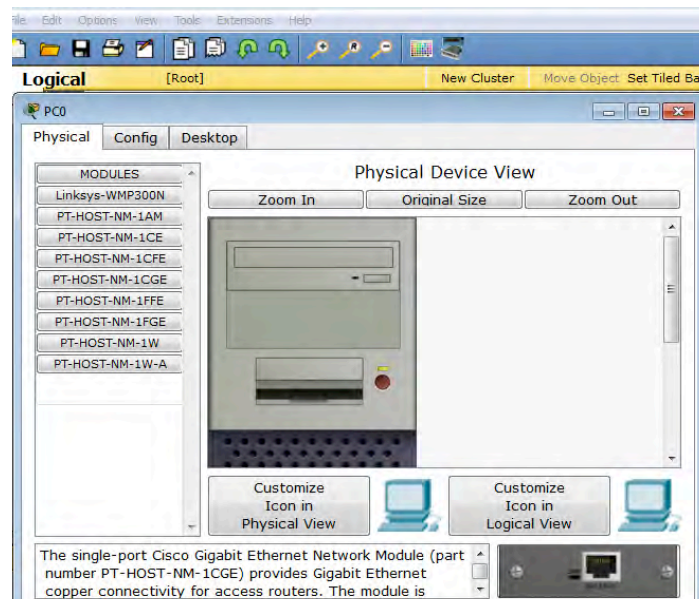


Fig. IV.12. Vista de un *End device*, computadora tipo desktop.

Ahora cambie a la pestaña de configuración gráfica CONFIG.

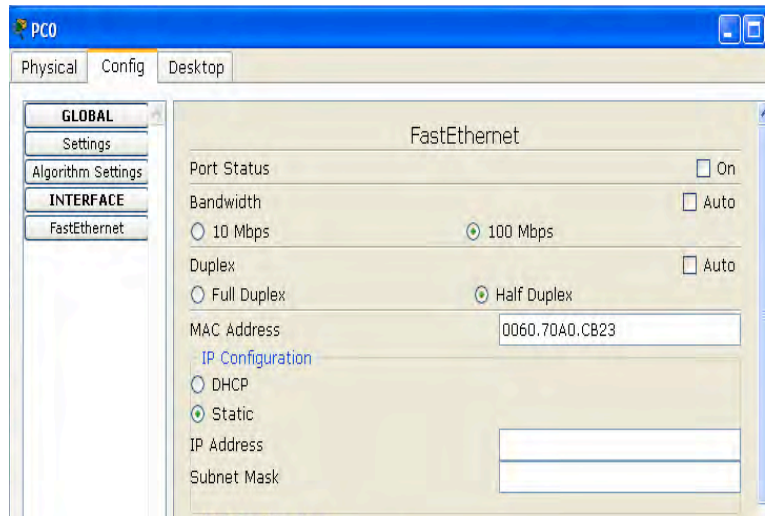


Fig. IV.13. La dirección MAC de la interfaz FE en una computadora del simulador está presente, pero no presenta el formato canónico.

Actividad 2- vía computadora: Acceda a la interface CLI del sistema operativo, por ejemplo, en caso de que este sea Windows use CMD. Emplee el comando “ipconfig/all” para determinar la(s) direcciones MAC de la NIC(s) que contenga una computadora, lo indico en plural ya que, en el caso de una laptop, notebook o minibook, por lo general tienen al menos la tarjeta de Ethernet y también la de WiFi (IEEE 802.11), como se indica en la figura IV.14.

```
C:\>ipconfig
Configuración IP
Nombre del host MILAB
Adaptador de Ethernet
Estado de los medios: conectados
Descripción: Realtek PCIe GBI family
controller
Dirección física: 3C-07-71-55-9D-28
DHCP habilitado: si
Adaptador de LAN Inalámbrica WiFi
Estado de los medios: conectados
Descripción: BCM 4314 Wireless Network
Adapter
Dirección física: BF-78-37-05-D8-92
DHCP habilitado: si
```

Fig. IV.14. Informe de IPCONFIG, la dirección MAC de la NIC Ethernet es 3C:07:71:55:9D:28 y la dirección MAC de la WNIC de WiFi es BF:78:37:05:D8:92

Actividad 3- vía teléfono celular: Acceda a la interface del sistema operativo de su teléfono celular, vaya a “ajustes” y en “acerca del teléfono” encontrará la dirección MAC WiFi.

Actividad 4: Resolver el cuestionario:

1. Indique la dirección MAC de la NIC de una computadora vía su simulador.

2. ¿Puede una computadora tener varias direcciones MAC?
(SI / NO)_____. ¿Cuál es el motivo?

3. Indique la dirección MAC de la NIC de su computadora.

4. Indique la dirección MAC de la WNIC de su computadora (en caso de ser una Laptop, etc.)

5. Si se desconecta a una computadora de su cable de red o se le desconecta de una red inalámbrica:
indique el (los) caso(s) que aplique:

- (A) La computadora cambia su dirección MAC.
- (B) No aparece la dirección MAC de la computadora.
- (C) La computadora no cambia su dirección MAC.
- (D) La dirección MAC no depende de la computadora.
- (E) Se pierde la dirección MAC.

Solución _____

IV.3.3 La capa de red y los protocolos ARP e ICMP

La capa de red o capa 3 o capa de interred (*Internetwork*) provee la conectividad y la selección del camino entre 2 sistemas huésped que pueden estar en redes separadas geográficamente. Los switches de capa 3 y los routers usan direcciones MAC, también llamadas direcciones físicas, de 48 bits y direcciones IP, también llamadas lógicas, de 32 bits para determinar el camino que deben seguir los paquetes desde su origen hacia su destino. Algunos protocolos para esta capa son: IPv4, IPv6, ARP, RARP, ICMP. En la capa 3 existe tráfico de paquetes, así como en la capa 2 existe tráfico de tramas, así como en la capa 1 existe tráfico de bits.

El protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*- protocolo de mensajes de control de internet) es el protocolo que usa IP para “reportar errores” y mensajes de control en la capa de red, no toma decisiones sólo informa sobre las incidencias en la entrega de paquetes.

Al ICMP lo emplean tarjetas de red y routers para indicar si existen o no errores con la entrega de paquetes.

En la figura IV.15 se muestra el formato del paquete ICMP.

TYPE	CODE	CHECKSUM	ICMP DATA
8 bits	8 bits	16 bits	Variable

Fig. IV.15. Formato de datagrama para ICMP

Donde TYPE indica el tipo de mensaje, por ejemplo: 08 *ECHO Request*; 00 *ECHO Replay*; 03 *Destination unreachable*.

El protocolo ARP (*Address Resolution Protocol* – protocolo de resolución de direcciones) se emplea para hacer un mapa dinámico de las direcciones IP o lógicas de la capa 3 de internet a las direcciones MAC o físicas de la capa 2 en las redes LAN/MAN, para lo cual las redes deben soportar un tipo de comunicación *broadcast*, para lo cual usa la tabla ARP. Por su parte el protocolo RARP (*Reverse Address Resolution Protocol* – protocolo de resolución de direcciones inverso) usa un *end system* para encontrar su propia dirección IP, al mapear una dirección física hacia una dirección lógica. Si dividimos a la capa 3 en dos subcapas, una subcapa alta, y una baja, el protocolo ICMP pertenece a la subcapa superior que interactúa con la capa de transporte; mientras que los protocolos ARP y RARP pertenecen a la subcapa inferior que interactúa con la capa DLL [92, 97, 100]. La figura IV.16 muestra algunos de los protocolos ubicados en su capa de acuerdo con el modelo TCP/IP.

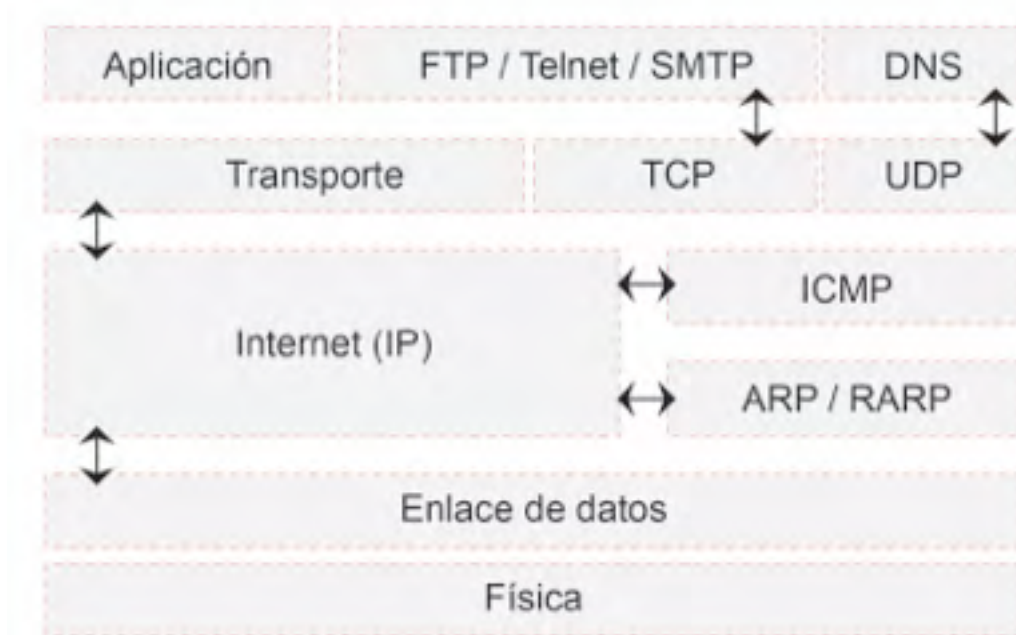


Fig. IV.16. Protocolos de capa 3 interactuando con capa 2 y capa 4 vía el protocolo IP.

Para agrupar los *hosts* dentro de redes, el protocolo IPv4 empleó una dirección lógica de 32 bits y se definieron direcciones IP dentro de clases de redes, para lo cual se definieron 5 clases de redes: A, B, C, D, E. La figura IV.17 indica el rango de direcciones IP públicas para host dentro de las clases A, B y C. La clase D se emplea para la comunicación *multicast* y la clase E se emplea para experimentación [116, 160].

Clase	Rango de direcciones IP públicas para hosts	Rango de direcciones IP privadas para hosts	Máscaras de subred "Natural"
A	RED . host . host . host		255.0.0.0
	$2^7 - 2 = 126$ Redes:	$2^{24} - 2 = 16.777.214$ host	
	1.0.0.1 - 126.255.255.254	10.0.0.1 - 10.255.255.254	
B	RED . RED . host . host		255.255.0.0
	$2^{14} = 16,384$ Redes:	$2^{16} - 2 = 65,534$ host	
	128.0.0.1 - 191.255.255.254	172.16.0.1 - 172.31.255.254	
C	RED . RED . RED . host		255.255.255.0
	$2^{21} = 2,097,152$ Redes:	$2^8 - 2 = 254$ host	
	192.0.0.1 - 223.255.255.254	192.168.0.1 - 192.168.255.254	
D	224.0.0.0 - 239.255.255.255	MULTICAST	

Fig. IV.14. Rango para las direcciones IPv4 públicas y privadas para *host* para las clases A, B y C.

Observe que para la “clase A” no se consideran las redes (0.0.0.0) y la (127.0.0.0), de allí que a 128 se le quiten 2 y quede un total de 126 redes. Y para el caso de los hosts, no se consideran aquellas con terminación (0) la cual indica la red y aquella con terminación (255), reservada para broadcast.

La dirección 127.0.0.1 se emplea para el *localhost*, es decir, cuando se hace referencia a la dirección del mismo host que una persona este empleando, por ejemplo cuando un host se destina a ser un servidor consultamos que este servidor este activado colocando en un browser “http://localhost” o <http://127.0.0.1>, en este caso los paquetes no salen hacia una LAN se redirigen hacia la misma computadora que los generó como un “bucle de retorno”. En una computadora se puede preguntar a la misma computadora el nombre que se le ha dado a ese host (*local host*) vía el sistema operativo mediante el comando “hostname”.

El ICANN es el organismo a cargo de asignar direcciones públicas de IP [las direcciones IP para los equipos conectados directamente a la red pública de Internet]. Recordemos que en 1998 el ICANN remplazó a la IANA fundada en 1986.

Clases	Máscara de subred en decimal	Máscara de subred natural en binario	Ej. de dirección IP con la máscara de subred en decimal
A	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	10.1.2.20/8
B	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000	172.1.5.30/16
C	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	192.168.0.10/24

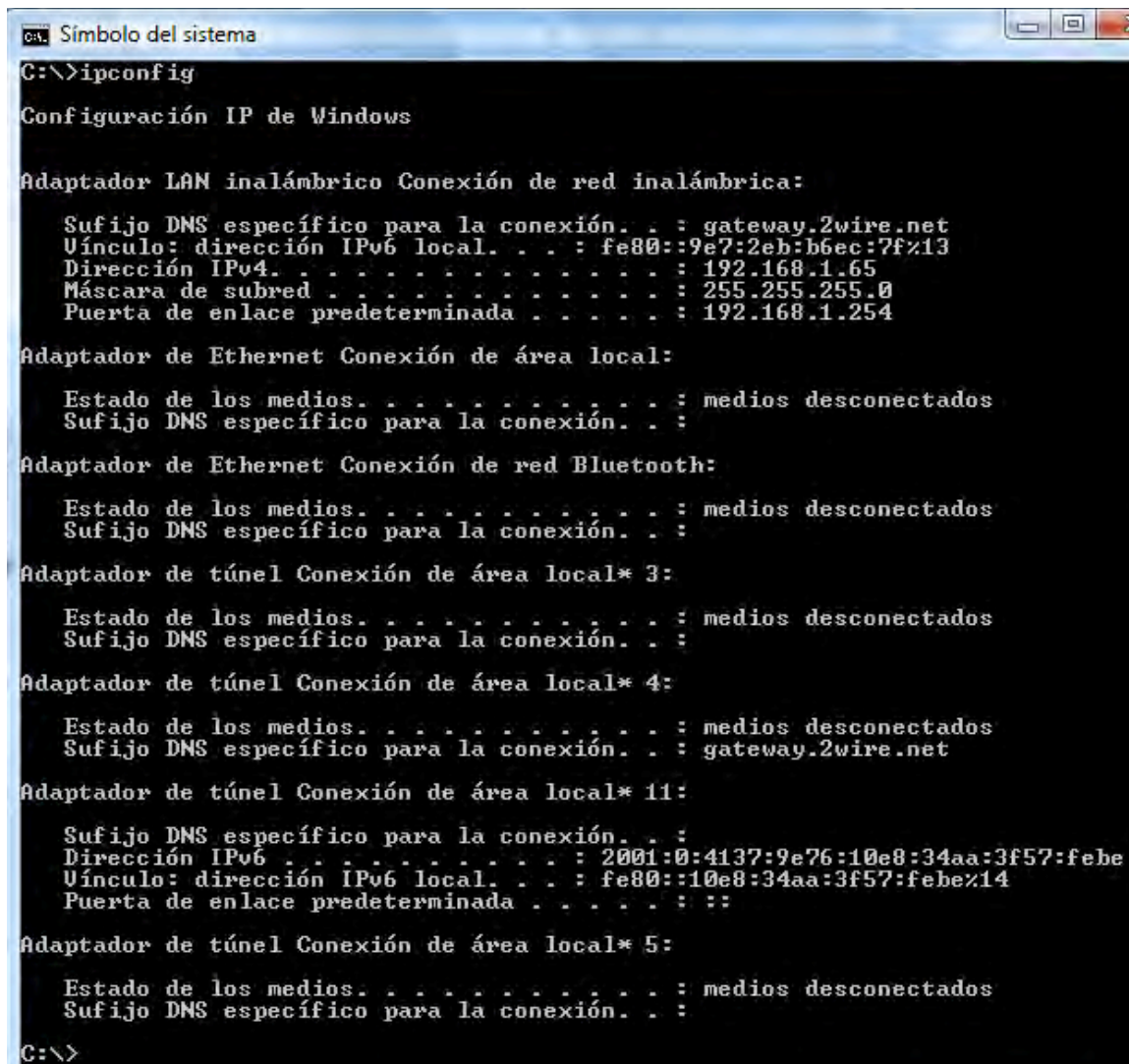
Tabla IV.4. Direcciones IP para host y su respectiva máscara de subred natural para IPv4.

Con la finalidad de ejemplificar el empleo de la dirección MAC o dirección física (en L2) y de la dirección IP o dirección lógica (en L3), se muestra la topología de una red casera típica, que usa direcciones IP privadas, en la que conviven los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) para computadoras de escritorio o portátiles, televisores y componentes de juegos; y la IEEE 802.11 (WiFi) para computadoras portátiles, teléfonos celulares y tabletas. El *modem router* que le provee al usuario su ISP, por lo general toma la dirección 192.168.1.254, como en la figura IV.18.



Fig. IV.18 Ejemplo de topología de una red casera en la que conviven los estándares IEEE 802.3 e IEEE 802.11.

Ya sea que nos conectemos a Internet vía alámbrica mediante Ethernet o vía inalámbrica vía **wifi**, es necesario tener claro cuál es la dirección IP que tenemos asignada, para ello empleamos el comando **ipconfig**, como se indica en la figura IV.19.



```

C:\>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador LAN inalámbrico Conexión de red inalámbrica:
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . : gateway.2wire.net
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::9e7:2eb:b6ec:7f%13
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.65
    Máscara de subred. . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada. . . . . : 192.168.1.254

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de túnel Conexión de área local* 3:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de túnel Conexión de área local* 4:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . : gateway.2wire.net

Adaptador de túnel Conexión de área local* 11:
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Dirección IPv6. . . . . : 2001:0:4137:9e76:10e8:34aa:3f57:febe
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::10e8:34aa:3f57:febe%14
    Puerta de enlace predeterminada. . . . . : ::

Adaptador de túnel Conexión de área local* 5:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

C:\>

```

Fig. IV.19 Obtención de las características de conectividad vía *ipconfig*.

El comando “ipconfig” nos indica en este caso que existe una conexión vía *WiFi*, y que el nombre del router de infinitum empleado lleva por nombre “gateway.2wire.net”; en realidad la conexión se hace vía un modem ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*- Línea del suscriptor de tipo digital y asimétrica) configurado como router. ADSL es una tecnología que se emplea para conectar computadoras a Internet vía los 2 alambres de la infraestructura de telefonía en la llamada última milla, es decir, desde la central telefónica del proveedor de telecomunicaciones hacia la casa del abonado o suscriptor del servicio, de allí el nombre.

A continuación, se presenta una práctica que permitirá reforzar el funcionamiento de los protocolos ARP e ICMP al enviar un ping entre 2 host.

A manera de resumen emplearé diagrama de clases de UML (*Unified Modeling Language*) para resaltar aquello que se requiere al conectar una red LAN. Todo host conectado a una red,

tiene un nombre, una dirección MAC fija, una dirección IP, una dirección de máscara de subred y una dirección IP de su gateway. Un diagrama de clases UML puede incluir:

- Las clases usadas en el sistema.
- La relación estática entre las clases
- Los atributos (variables) y métodos (operaciones) de cada clase
- Las restricciones de conexión entre los objetos.

En la figura IV.20 se muestra un diagrama de clases UML para un host en el que se incluyen solo nombre, Dirección MAC y dirección IP. Como ejercicio agregue dirección de máscara de subred y la dirección IP del gateway.

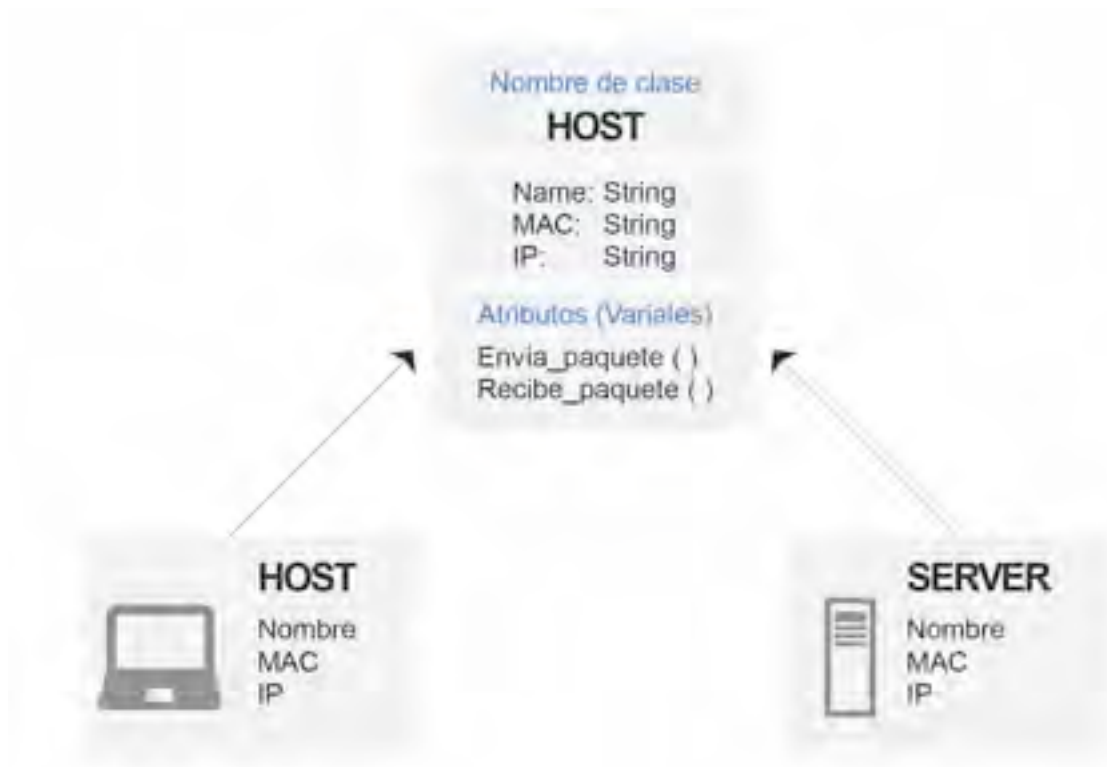


Fig. IV.20. Diagrama UML de clases para hosts. Los atributos o variables tienen nombre, tipo y valor inicial.

IV.3.3.1 Direcciones físicas y lógicas en un host

PRÁCTICA 2: El objetivo es que el lector se familiarice con las direcciones física y lógica de su computadora, así como la máscara de subred natural para cada una de las tarjetas de red con las que cuente un determinado host, el cual puede ser su computadora de escritorio, portátil, tableta o teléfono celular.

Actividad 1: Acceda vía CLI a la línea de comandos del sistema operativo y obtenga vía el comando “ipconfig”, las direcciones MAC e IP de cada una de las tarjetas de red con las que cuenta su host, ya sea computadora de escritorio o portátil. Replique para obtener una pantalla como la fig. IV.19

Actividad 2: Acceda al panel de control en el sistema operativo Windows o equivalente en otro sistema operativo para acceder a las funciones de red bajo el protocolo IPv4. De allí obtenga las propiedades del protocolo IPv4 como se muestra en la figura IV.21

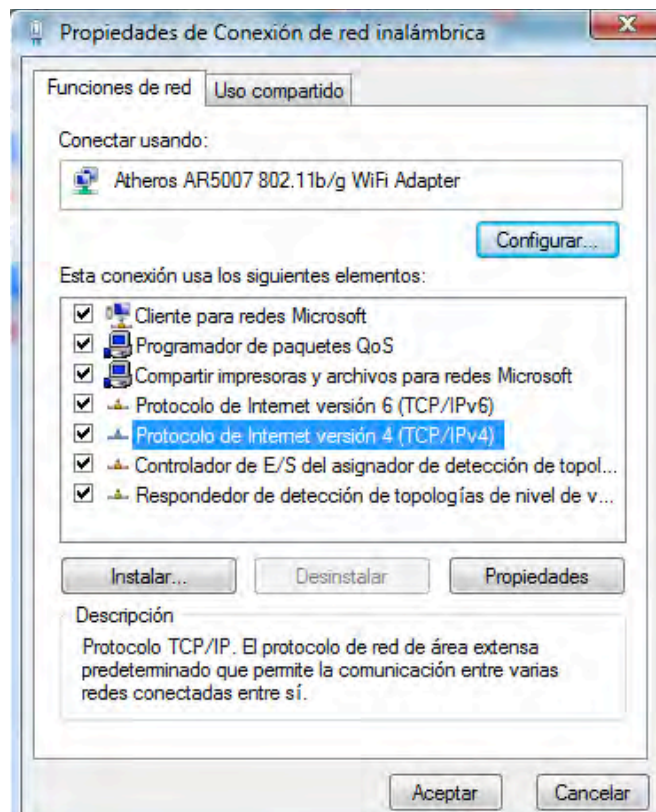


Fig. IV.18. Selección del protocolo TCP/IP v4 y activación de las propiedades.

Observe los campos que corresponden la dirección IP, la máscara de subred y el Gateway o puerta de enlace que corresponde la dirección que tiene asignado un determinado *modem router* o *router* en una determinada red.

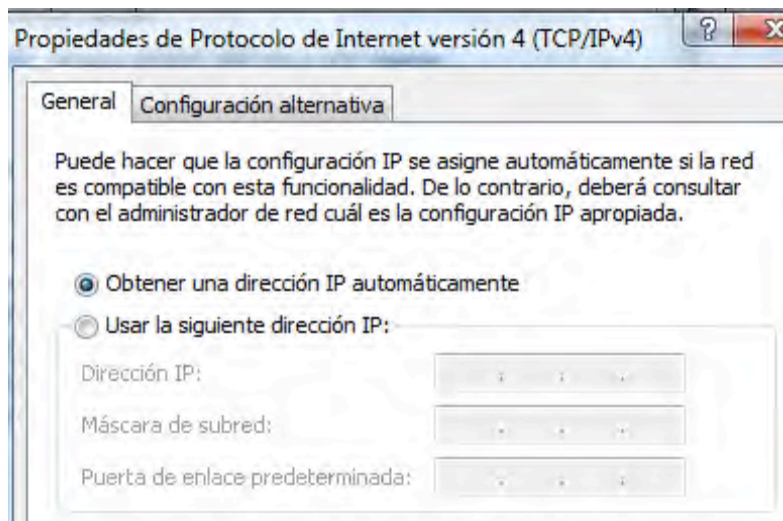


Fig. IV.22. Este resultado se da ya que la configuración de IP se asigna automáticamente.

No debe olvidar que “puerta de enlace” y *Gateway* refieren al mismo concepto.

IV.3.3.2 Comunicación en una red punto a punto vía Ethernet

PRÁCTICA 3: El objetivo es que el lector emplee dos computadoras personales y pueda realizar la comunicación entre ambas, para lo cual debe conectarlas con cable UTP. Para conectar las 2 NIC, configure las direcciones IP en cada computadora, verifique que es posible la conectividad mediante un “ping” y finalmente haga una transferencia de archivos.

Actividad 1- vía simulador: Acceda al simulador para crear una red P2P (Peer To Peer- punto a punto) conectándolas vía Ethernet como se muestra en la figura IV.20.

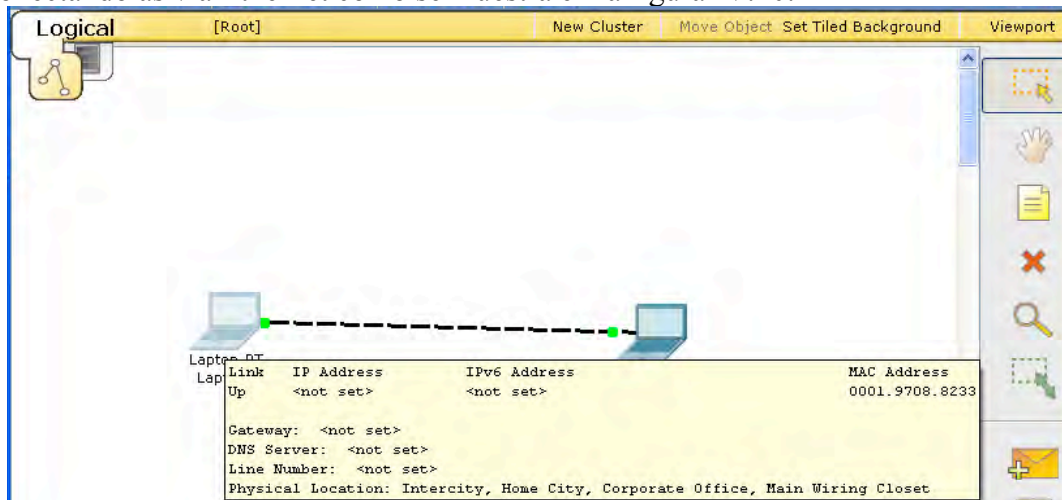


Fig. IV.20 Conexión entre 2 computadoras y vista de sus respectivas MAC y puertos activados, pero sin IP configurada.

Si ahora deseo enviar PDU de una a otra me indicará el error "puerto no funcional"

Actividad 2-Vía simulador: Configurar la IP y máscara de red para ambas computadoras. Ejemplo: Si se trata de una 192.168.1.1, su máscara de red será 255.255.255.0. La otra PC podría ser 192.168.1.2, misma subred. Observe la figura IV.21.

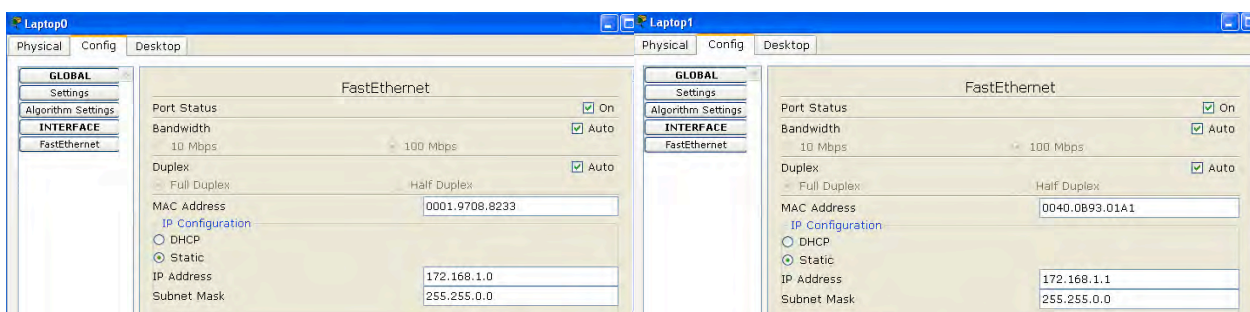


Fig. IV.21 "Configuración" de IP y su máscara de subred

Actividad 3-Vía simulador: Enviar paquetes PDU simples desde una PC a otra y rastrear todos los movimientos que ocurren durante el encapsulamiento y des-encapsulamiento; considere protocolos empleados, en cada capa, tramas y paquetes. Observe la figura IV.22.

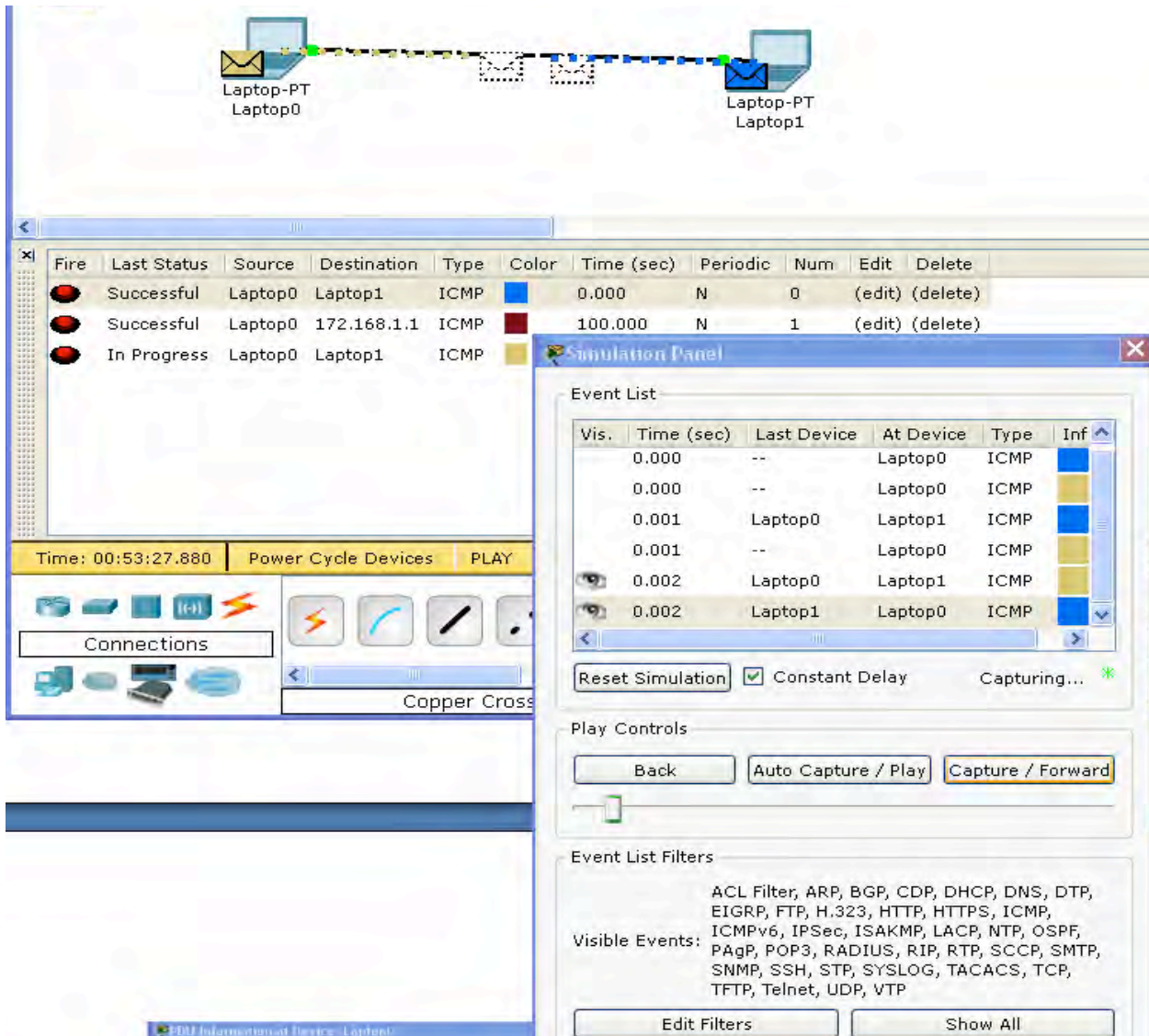


Fig. IV.22 El panel de simulación muestra la lista de eventos y la captura de paquetes, de modo que se observa paso a paso la transferencia de paquetes.

La figura IV.23 muestra el proceso de encapsulamiento, el cual inicia en la capa 3 con el proceso ICMP, que usará al protocolo ICMP. Observe la secuencia en las figuras IV.24 a IV.29.

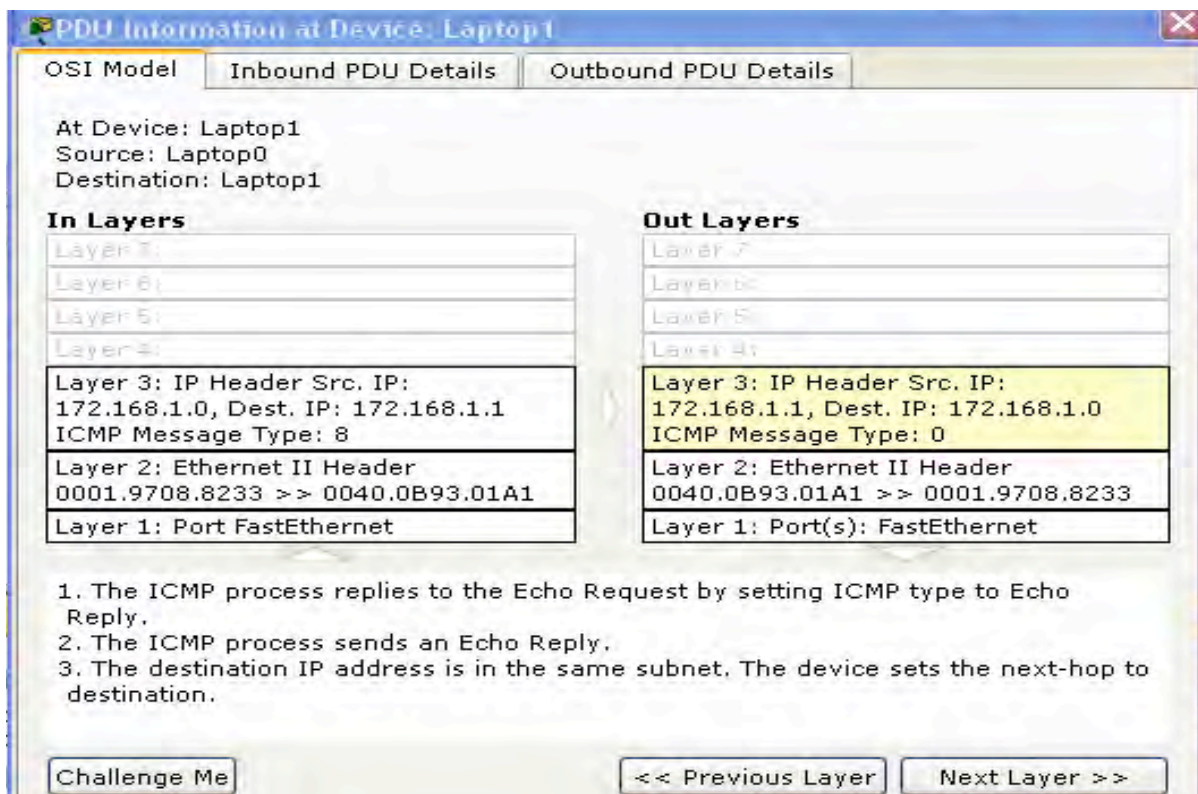


Fig. IV.23 Mapeo del encapsulamiento y des-encapsulamiento durante el envío de paquetes. La figura muestra el encapsulamiento de un paquete ICMP en la capa 3 (Out Layers), el cual es procesado mediante el proceso llamado ICMP.

En la pestaña de "**Inbond PDU Details**" se observa cómo se conforman los paquetes IP e ICMP, como se indica en la figura IV.24.

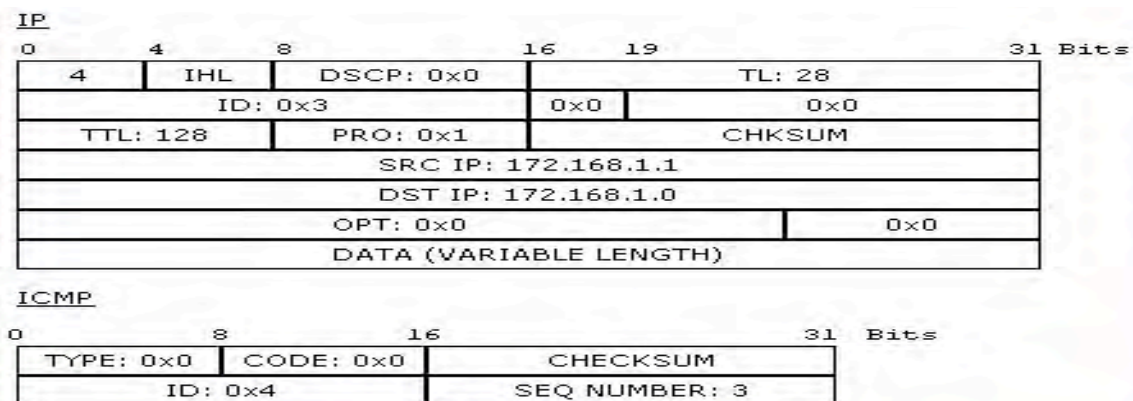


Fig. IV.24 Conformación de paquetes IP e ICMP

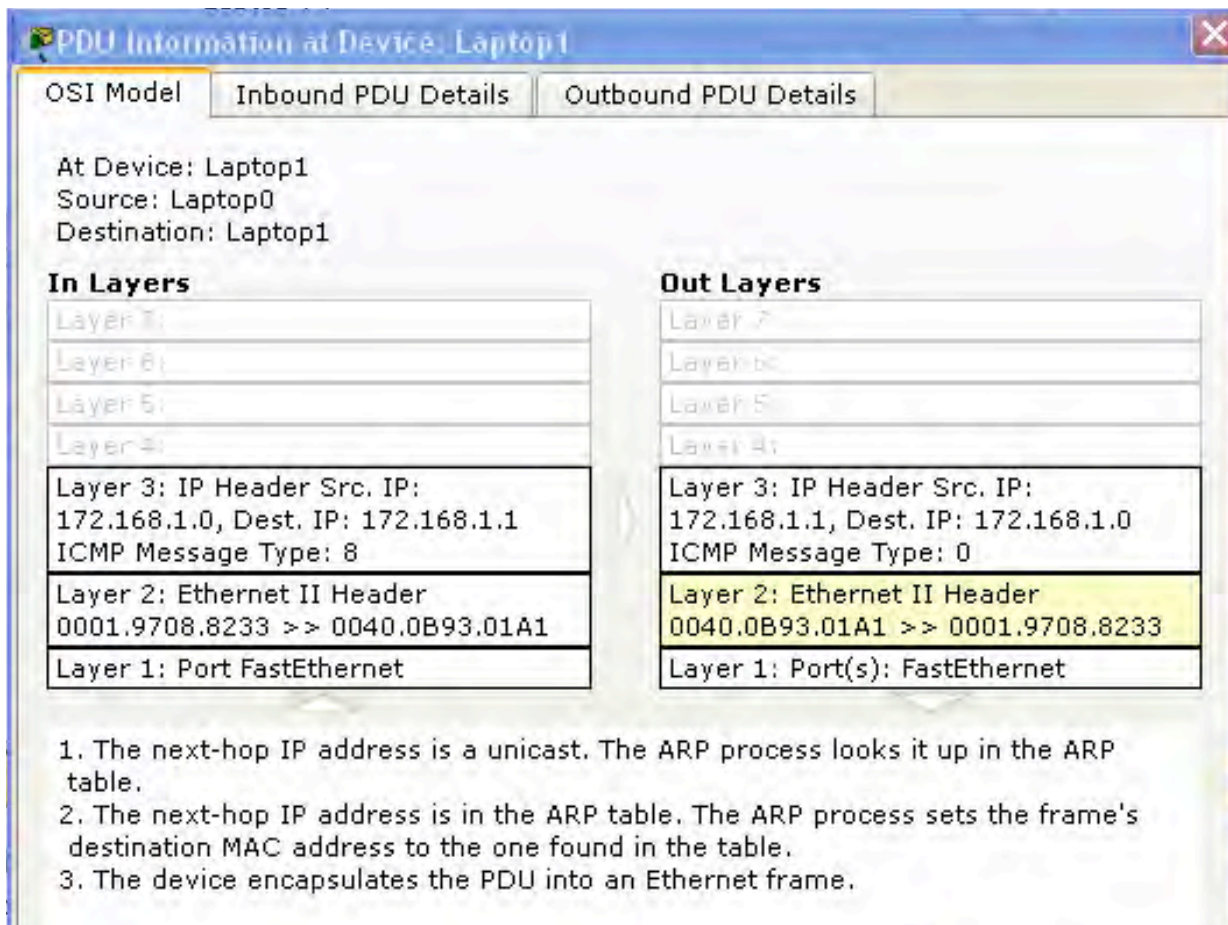


Fig. IV.25 Encapsulamiento en la capa 2. Se encapsula el PDU dentro de una trama Ethernet II.

Revise cada uno de los campos de la trama Ethernet indicados en la figura IV.26 y compárelos con lo indicado en la teoría.

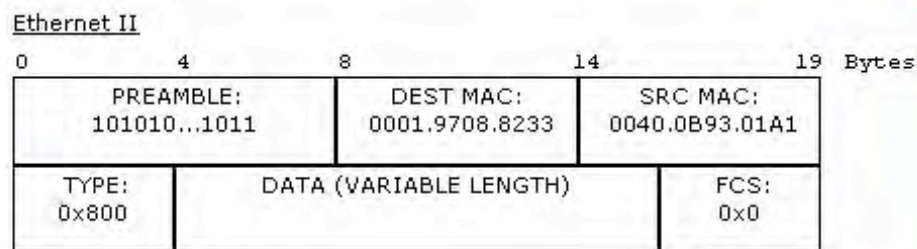


Fig. IV.26 Estructura de la trama Ethernet II.

Una vez encapsulada la trama en la capa 2, esta se envía por la capa 1 como se indica en la figura IV.27, mientras que se reciben en el receptor como se indica en la figura IV.28.

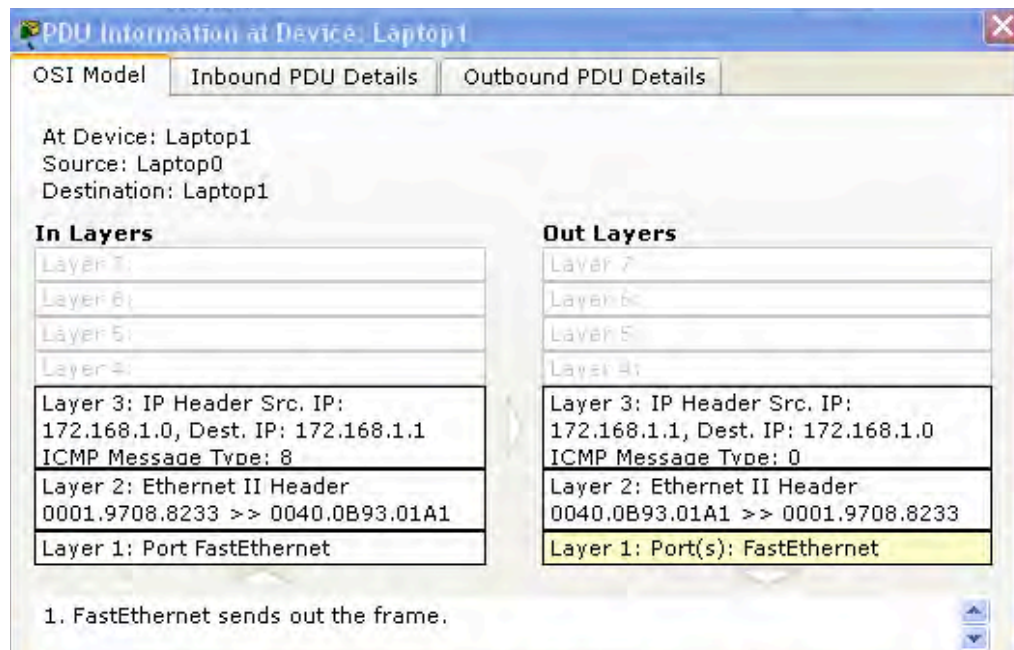


Fig. IV.27 Bits enviados a través de la capa 1.

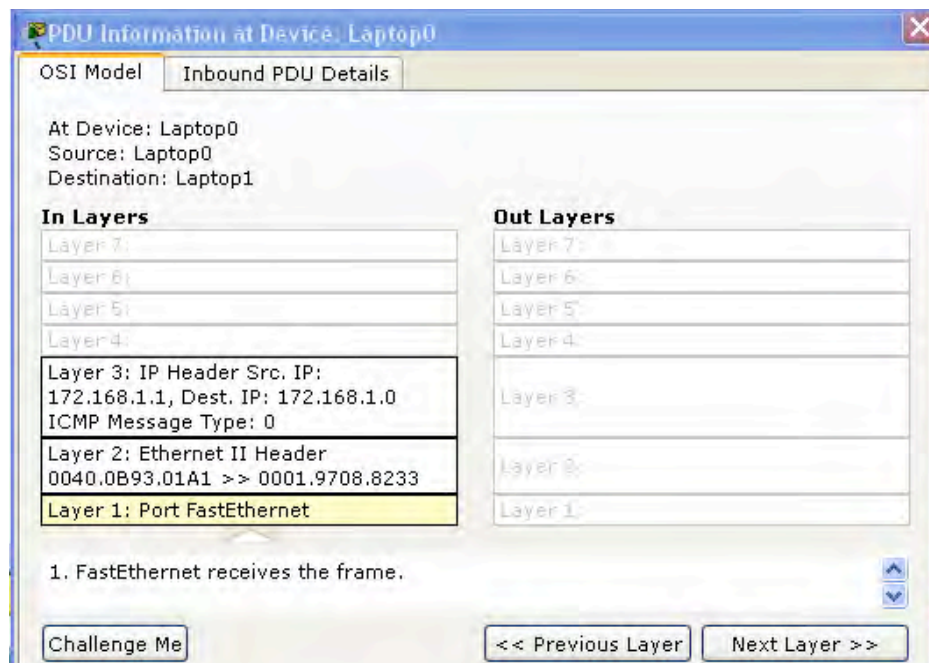


Fig. IV.28 Mapeo del des-encapsulamiento en la capa 1 del host destino: La trama o frame enviada vía capa 1 (medio físico y puerto FE de la NIC) llega a su destino.

Para subirla a la capa 2, se requiere el proceso de des-encapsulamiento, como se indica en la figura IV.29, en la cual se indican las direcciones físicas correspondientes.

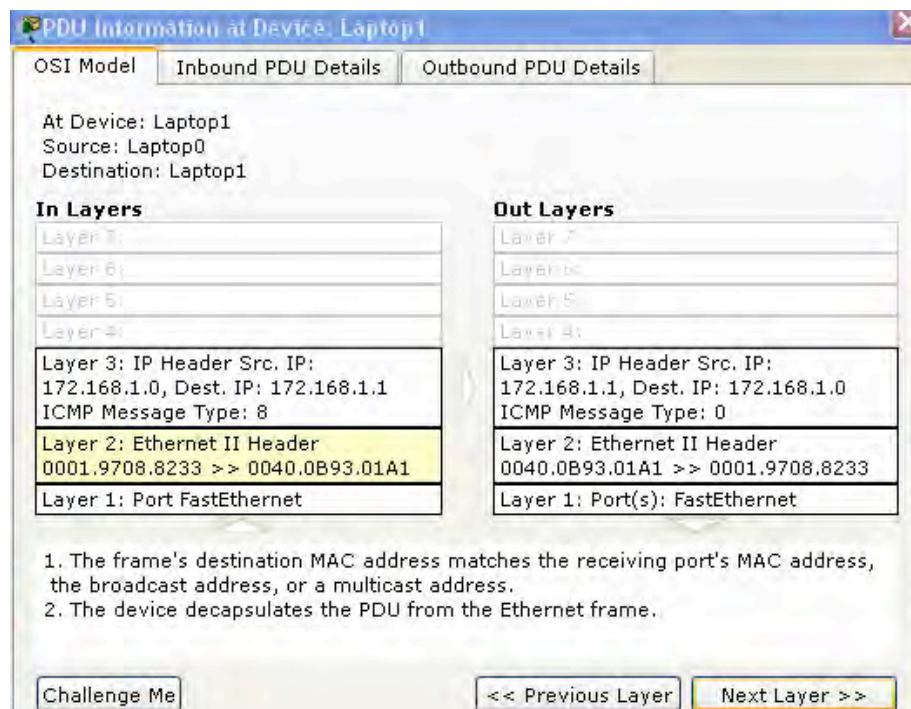


Fig. IV.29 Mapeo del des-encapsulamiento en la capa 2 del host destino.

Para subirla a la capa 3, se des-encapsula desde la trama Ethernet II, la cual contiene un paquete ICMP del tipo *ECHO Request*, indicado en la figura IV.30.

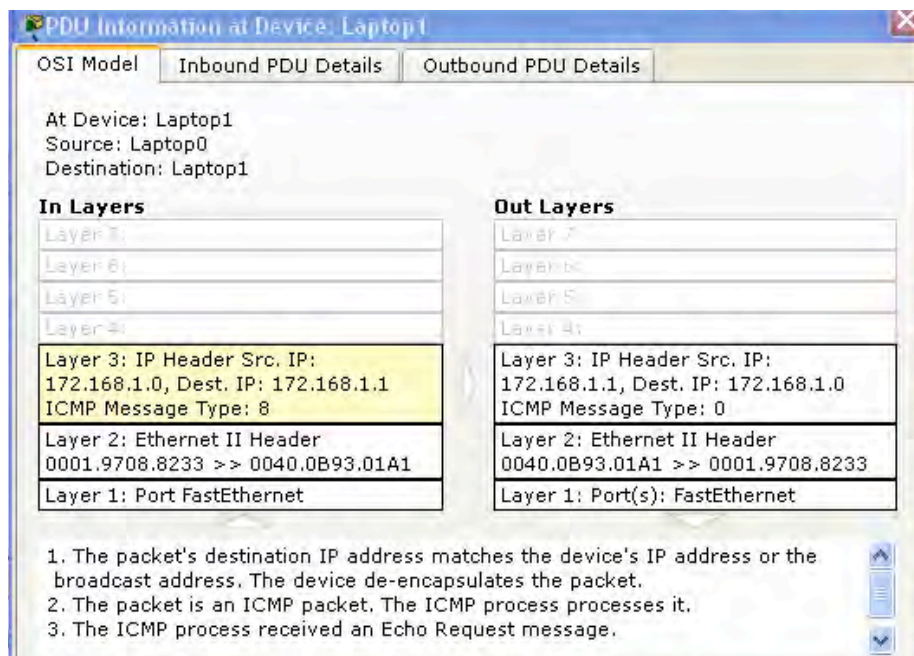


Fig. IV.30 Mapeo del des-encapsulamiento en la capa 3 del host destino: El paquete PDU enviado de la capa 2 a la capa 3 lo toma el proceso ICMP, el cual procesa al paquete, tal PDU es un paquete ICMP.

Finalmente se observa en la simulación tipo "realtime" como exitoso. Por favor observe todos los detalles de la figura IV.31.

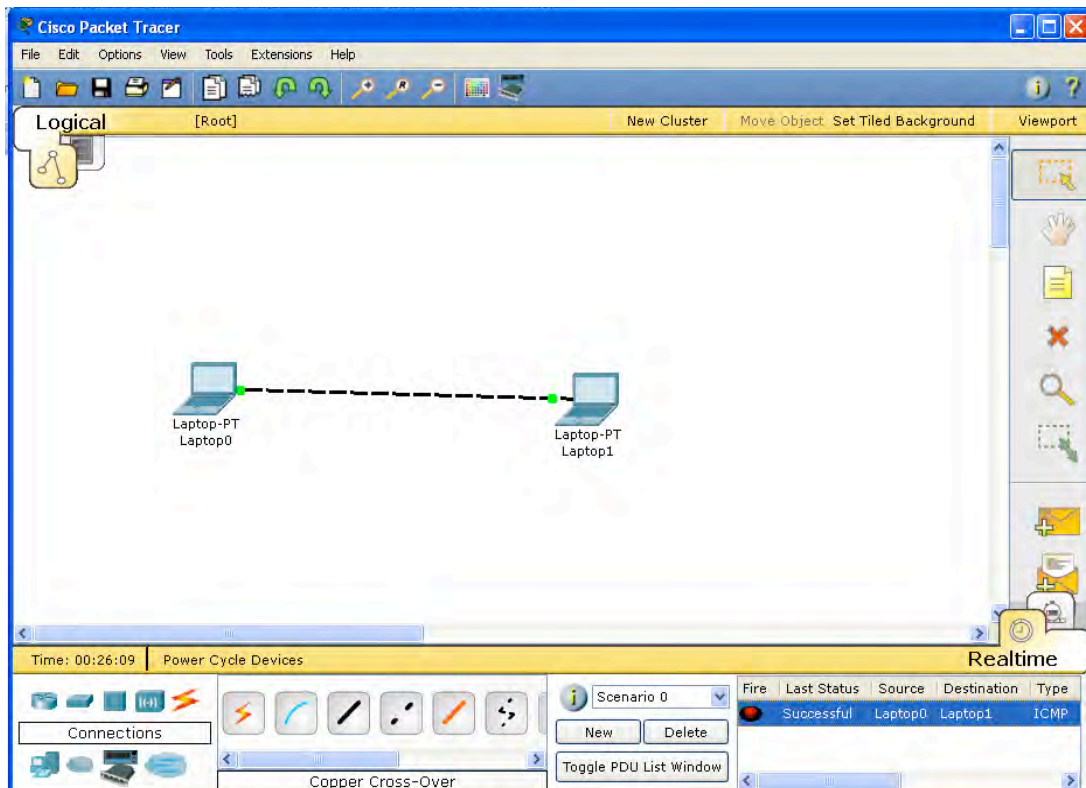


Fig. IV.31 Simulación de la transferencia de paquetes exitosa.

Actividad 4- práctica: Ahora pase de la teoría y la simulación a la práctica, envíe ping de una máquina a otra y viceversa, para comprobar la conectividad, y haga alguna transferencia de archivos. Se recomienda desactivar el firewall de su computadora.

Actividad 5- práctica: Cambie la dirección IP de una computadora o su máscara de red y trate de enviar paquetes o de probar con "ping". Anote sus resultados y explique. Finalmente anote sus conclusiones.

Actividad 6- práctica: Obtenga el nombre de su host.

IV.3.4 La capa de transporte y los protocolos TCP y UDP

La capa de transporte o capa 4 establece, mantiene y cierra los circuitos virtuales apropiadamente entre aplicaciones desde una perspectiva lógica usando “puertos”. Para enviar la información la segmenta desde el host que envía la información con la finalidad de reducir los errores de transmisión recepción para reensamblarlos en el host que recibe la información. La capa 4 provee la entrega ya sea segura o no segura (conexión *end-2-end*) de datagramas UDP (*User Data Protocol*). **Las PDU (Protocol Data Units - Unidades de Datos de Protocolo) contiene 2 elementos, datos de usuario e información de control muy específico de cada protocolo, por lo que en cada capa reciben diferentes nombres:** Si se usa TCP, su PDU se llama segmento, pero si se usa UDP su PDU se llama datagrama. El datagrama incluye un pseudo-encabezado que incluye la dirección destino y si el equipo destino ve que se mandó información a un puerto inactivo regresa la señal de inalcanzable. El UDP (sin conexión) no garantiza la entrega de datos debido a que los **datagramas** se pueden perder duplicar o entregar erróneamente, tampoco recupera paquetes perdidos o corruptos, sin embargo, es rápido. Algunos protocolos para esta capa son: TCP; UDP; RSVP; DCCP y SCTP. La capa 4 aísla las capas superiores de los detalles de cómo llegan los datos de un *host* a otro. Además, la capa 4 provee los siguientes servicios a la capa de sesión: Establecimiento de conexión en L4, la transferencia de datos y la liberación de la conexión en L4. El diagrama de la figura IV.32 muestra la interacción entre algunos protocolos de las capas 3, 4 y 5 [3, 100].



Fig. IV.32. Protocolos de capa 4 interactuando con capas 3 y 5, vía los protocolos TCP y UDP.

IV.3.5 La capa de sesión y sus protocolos

La “capa de sesión o capa 5” en ISO/OSI establece o inicia, administra o mantiene activas y finaliza las sesiones adecuadamente entre dos hosts que se comunican. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos huéspedes (*host*) y administra el intercambio de datos. Por ejemplo, los servidores *web* tienen muchos usuarios, de modo que hay muchos procesos de comunicación abiertos en un determinado momento, entonces es importante tener un registro de qué usuario se comunica por qué camino. Además de regular la sesión, esta capa ofrece elementos que proveen la eficiencia en la transferencia de datos, clases de servicio (CoS) y reporte de excepciones de la capa de sesión, presentación, y problemas en la capa de aplicación mediante la separación de datos a través del control de diálogo. La figura IV.33 muestra el envío de una señal de sincronía para establecer una sesión y su acuse de recibido (ACK), aunque no se incluye en la figura, para cerrar una sesión se envía una señal de “fin” y se espera por el correspondiente acuse de recibido.



Fig. IV.33. Diagrama UML de actividades: Estableciendo el inicio de una sesión.

Los servicios de esta capa se usan en ambientes de aplicación que emplean protocolos RPC (*Remote Procedure Calls*). Las primeras implementaciones a las invocaciones remotas se dieron

en la red de ARPANET en la década de los años 80. Los primeros en implementarlas fueron Xerox y SUN para el sistema operativo UNIX, de tal modo que se integró al NFS (*Network File System*). En el caso de Java, en la actualidad lo conocemos como Java RMI (*Remote Method Invocation*), la cual provee una funcionalidad similar a la de los métodos de UNIX-RPC. Debe considerarse que un host puede tener varias sesiones, es decir, puede comunicarse con otros hosts o con otros servidores. Al usar el browser la gente abre varias "pestañas" y abre diferentes páginas *web*, ya que se está comunicando con varios servidores o con otros hosts. Las aplicaciones incorporan funcionalidades de las capas 5, 6 y 7, como los exploradores *web* o *browsers* o clientes de correo electrónico vía GUI o CLI. En internet se usa el protocolo TCP/IP. Los protocolos de la capa de aplicación (5, 6 y 7 en ISO/OSI) más empleados están indicados en la tabla IV.6. [3].

Protocolo	Descripción	Puertos L4
DNS (Domain Name System)	Protocolo de servicio de nombres de dominio	53
HTTP (Hypertext Transfer Protocol)	Protocolo para transferir archivos vía WWW	80
FTP (File Transfer Protocol)	Transferencia de archivo de manera interactiva, vía cliente por CLI o GUI	20 > Transferencia de datos 21 > Comandos de control
Telnet	Emulación de terminal, empleado para acceder a servidores y equipos de red vía remota	23
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)	Transferencia de correo electrónico y archivos adjuntos	25
SNMP (Single Network Management Protocol)	Protocolo para la gestión de una red, existen las versiones 1,2 y 3	161 162
Kerberos	Sistema de seguridad para la autenticación	88

Tabla IV.6. Protocolos de aplicación en TCP/IP.

Para emplear cada uno de los protocolos indicados, se requiere iniciar sesiones, por lo que se aplican los protocolos SIP y SCP. El SIP (*Session Initiation Protocol*) es un protocolo de comunicaciones de señalización usado para controlar las sesiones de comunicación multimedia como voz y video sobre IP. El SCP (*Session Control Protocol*) es un protocolo que permite a un servidor y cliente tener múltiples conversaciones sobre una conexión TCP [103].

IV.3.6 La capa de presentación y sus protocolos

La “capa de presentación o capa 6” en el modelo ISO/OSI, asegura que la información enviada a la capa de aplicación de un sistema sea legible por la “capa de aplicación o capa 7” de un sistema a la capa 7 de otro sistema. Para ello presenta la información que procesa al realizar alguna de sus 3 funciones principales, la encriptación de datos, la codificación y conversión de datos o servicios de traducción y la compresión.

1. “La encriptación de los datos” se emplea al transmitir datos para que se desencripten a la llegada al equipo destino.
2. “La compresión de datos” se hace en el equipo origen, tal que se puedan descomprimir en el equipo destino.
3. “La codificación y conversión de datos (traducción)” de la capa de aplicación se realiza para garantizar que los datos del equipo origen se puedan interpretar por la aplicación adecuada en el equipo destino. Por ejemplo: cuando una computadora A se comunica con otra B, se puede dar el caso de que la computadora A emplee el código EBCDIC para representar caracteres, mientras que la B emplee el código ASCII para representar los mismos caracteres, entonces es necesario que la capa de presentación realice la traducción entre múltiples formatos de datos, para lo cual usa un formato común.

Para que las computadoras puedan manipular a los textos, los gráficos y al audio se requiere de la codificación. “Codificar” es un proceso mediante el cual se traduce la información de un lenguaje a otro, usando un diccionario de equivalencias. Mientras que un “código” es un sistema de signos, símbolos, etc, generalmente convencional y arbitrario que sirve como medio de comunicación o que transmite determinada información. Cualquier persona ha oído hablar de códigos, como el código postal, el código genético, el código Morse, los códigos de señales, etc. La tabla IV.7 muestra el código Morse y un ejemplo clásico.

Los códigos que nos interesan son aquellos usados por las computadoras, mismos que por lo general son códigos binarios. Podemos encontrar códigos para la detección y corrección de errores en la transferencia de información desde una unidad funcional a otra de la computadora. Ejemplos: desde la memoria principal hasta el procesador, de algún medio masivo de almacenamiento, como un disco compacto o disco duro o una cinta hacia la memoria principal o la CPU. También podemos encontrar códigos para el intercambio de la información para la comunicación de datos en las computadoras; estos son los códigos tratados en esta sección.

A *-	B -***	C -*-*	D -**	E *	F ***-
G --*	H *****	I **	J *---	K -*-	L *-**
M --	N -*	O ---	P *--*	Q --*-	R *-*
S ***	T -	U **-	V ***-	W *--	X -**-
Y -*--	Z --**	1 *---	2 ***--	3 *****	4 ****-
5 *****	6 -*****	7 --***	8 ---**	9 ----*	0 -----

Tabla IV.7. Código Morse. La palabra “SOS” se escribe “***-/---/***”

A. Códigos para textos: El EBCDIC (*Extended Binary Coded Interchange Code* - código extendido para el intercambio decimal codificado en binario) es un código de 8 bits creado por IBM para representar caracteres como números; es un código muy usado en super, mainframes y midi computadoras.

El código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* - código estándar estadounidense para el intercambio de información) es un código para representar caracteres en idioma inglés como números, donde a cada letra se le asigna un número; este código se usa en computadoras personales para representar texto, donde cada caracter tiene un equivalente decimal y hexadecimal. Los archivos almacenados en el formato ASCII se llaman archivos ASCII, y son populares entre los formatos de los editores de texto y procesadores de palabras [161]. El código ASCII ha evolucionado por lo que encontramos 3 tipos principales de código ASCII, el estándar, el extendido y el ISO latín 1; el ASCII estándar es un código que usa 7 bits para cada caracter, de modo que podemos representar a (2^7) 128 caracteres (del 0 al 127), y los primeros 32 se usan como caracteres de control de comunicaciones para transferir información con otras computadoras o impresoras; la tabla IV.8 ejemplifica tal código. Dadas las necesidades de colocar más caracteres se creó el ASCII extendido, este es un código que usa 8 bits para cada caracter, de modo que podemos representar a (2^8) 256 caracteres (del 0 al 255), por ello podemos tener conjuntos de caracteres más grandes, sobre todo para representar caracteres que no pertenecen al inglés, letras mayúsculas, minúsculas, números, signos de puntuación, símbolos gráficos y símbolos matemáticos. Un estándar más universal es el ISO Latín 1, el cual es usado por muchos sistemas operativos y navegadores de la Web. El UNICODE busca ser un código universal, es estándar para representar caracteres y enteros, usa 16 bits que puede representar a 65,536 (2^{16}) caracteres únicos. Conforme la globalización avanza UNICODE va reemplazando al código ASCII como el formato de codificación de caracteres estándar.

Decimal	código	Ingles	Español
00	NUL	Null	Caracter nulo
01	SOH	Start of heading	Inicio de cabecera
04	EOT	End of transmission	Fin transmisión
05	ENQ	Enquiry	Interrogación, consulta
06	ACK	Acknowledge	Acuse de recibo
07	BEL	Bell (audible signal)	Timbre
08	BS	Backspace	Retroceso
09	HT	Horizontal tab	Tabulación horizontal
13	CR	Carriage return	Retorno de carro
24	CAN	Cancel	Cancelación
27	ESC	Escape	Cambio, escape
32	SP	Space	Espacio

Tabla IV.8. Caracteres de control para ASCII estándar

B. **Códigos para gráficos:** Los gráficos, al igual que los textos, las fotografías e imágenes se deben pasar a un formato que la computadora pueda manipular, entre ellos están los gráficos de mapas de bits (filas y columnas de bits) y los gráficos vectoriales (usan ecuaciones matemáticas y son escalables) que presentan mejor calidad. Los formatos típicos para mapas de bits son: BMP (*bitmap*), TIFF (*Tagged Image File Format*) y GIF (*Grafical Interchange Format*); mientras que los gráficos vectoriales son: EPS (*Encapsulated Postscript*), WMF (*Windows Metafile Format*), HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*). Para los gráficos en movimiento existen formatos para compresión de video: formato AVI (*Audio Video Interleave*), Quicktime y MPEG (*Motion Pictures Expert Group*). Además, existen estándares como MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*) usados para codificar datos como imágenes, en texto ASCII, para su transmisión a través del correo electrónico. Específicamente MIME se creó para permitir la transmisión de datos no ASCII a través de correo electrónico y para adaptarse a tipos y representaciones arbitrarias de datos. Cada mensaje MIME incluye datos que informan al recipiente del tipo de datos y de la codificación usada para convertir los datos en ASCII; por ejemplo, una imagen con formato GIF se puede convertir en su representación ASCII de 7 bits mediante la codificación *base64*, de modo que para ver la imagen, el

sistema de correo receptor debe convertir la codificación *base64* a binario y correr una aplicación que presente una imagen GIF en la pantalla del usuario.

C. **Códigos para audio:** Los formatos típicos para audio son *wav* (*wave* - forma de onda), formato de audio convencional por lo que generan archivos grandes y el formato MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) es un formato que almacena instrucciones para el sintetizador, no audio convencional y genera archivos de menor tamaño que el formato *wav*. También se aplicaron los algoritmos de MPGE para audio y se hicieron muy populares por su alta tasa de compresión, los formatos MP3 y MP4 [103].

IV.3.7 La capa de aplicación y sus protocolos

La “capa de aplicación o capa 7” de ISO/OSI, es la capa donde los programas de aplicación API (*Application Programming Interfaces*) interactúan directamente con el sistema operativo para proveer los servicios de red como la transferencia de archivos, emulación de terminal, impresión, mensajería, etc. No provee servicios a otra capa, pero si da servicio a las aplicaciones fuera del modelo OSI, por lo que al proveer la interfaz de usuario es la capa más cercana al mismo. Las capas superiores 5, 6 y 7 no tienen idea alguna sobre el direccionamiento de la red. En general todos los RFCs creados para internet se pueden obtener desde la página www.ietf.org/rfc

IV.3.7.1 Aplicación para medir la velocidad de transferencia de datos

PRÁCTICA 4: El objetivo es que el lector emplee una aplicación que le permita conocer la velocidad a la que su computadora se conecta a internet en función del servicio contratado.

Actividad 1: Acceda al medidor de velocidad de conexión a internet en Mbps. En la figura IV.34 se muestra un comparativo de pruebas realizadas por un usuario que tenía tecnología ADSL de TELMEX en 2014 (carga 0.58 Mbps, descarga 5.14 Mbps empleando www.micofetel.gob.mx/micofetel/medidor_de_velocidad) y tecnología de fibra óptica de TOTAL PLAY en 2016 (carga 2.8 Mbps, descarga 33.3 Mbps empleando www.speedtest.net), por lo que el cambio de proveedor y tecnología significó 6 veces mayor velocidad por el mismo precio \$500 o aproximadamente 25 USD. El medidor del gobierno mexicano operado por COFETEL (2016) [Hoy IFETEL] recibió muchas quejas por dar valores más altos que los valores de carga y descarga reales.

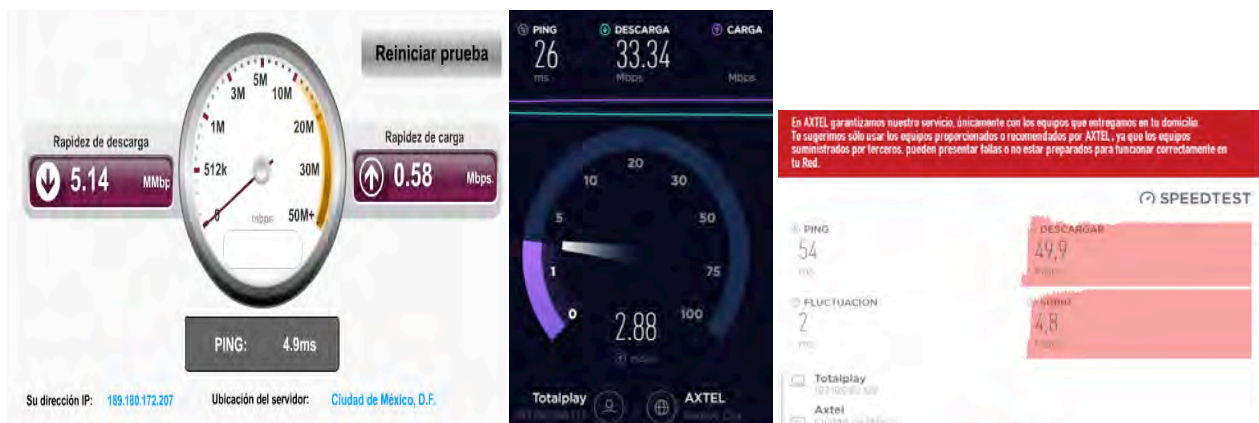


Fig. IV.34 Prueba de ancho de banda para conexión residencial a) ADSL-2014 b) FO-2016 c) F0- 2019

Actividad 2: Repita el ejercicio desde 10 ubicaciones diferentes y tabule sus resultados.

IV.4. Autoevaluación para el capítulo IV

La siguiente autoevaluación es sencilla ya que cubre bajo la “Taxonomía de Bloom”, el primer nivel de pensamiento RECORDAR (2000) o CONOCER (1956) de los 6 niveles.

1. Indique la función principal de una NIC o WNIC.

2. Mencione 3 ventajas de los modelos de referencia como ISO/OSI

1	
2	
3	

3. Describa la función de la capa física del modelo ISO/OSI

4. Si recuerda en que consiste la latencia, explique brevemente

5. Si recuerda en que consiste el crosstalk, explique brevemente

6. Describa la función de la DLL del modelo ISO/OSI

7. Indique los elementos que componen una dirección MAC y el número de bits para cada campo.

Nombre de campo	# bits

8. Complete los nombres de los campos para una trama Ethernet II o IEEE 802.3 y el número de bits empleados.

Nombre de campo	# bits

9. Invente una dirección MAC válida

10. Describa la función de la capa de Red del modelo ISO/OSI

11. Indique el rango de direcciones IP públicas para *hosts* en las clases de redes indicadas.

Clase	Rango de direcciones IP para hosts
A	
B	
C	

12. Indique cuál es el número máximo de *hosts* que se pueden conectar a la red 10.0.0.0

13. Describa la función de la capa de Transporte - ISO/OSI

14. Describa la función de la capa de Sesión - ISO/OSI

15. Describa la función de la capa de Presentación - ISO/OSI

16. Al crear una red punto a punto entre dos computadoras vía Ethernet. ¿Es necesario indicar la dirección IP del Gateway? Justifique su respuesta:

17. Indique un protocolo para cada una de las capas del modelo ISO/OSI

Capas	Protocolos
L1 Física	
L2	
L3	
L4	
L5	
L6	
L7	

CAPÍTULO V: LA ARQUITECTURA “CLIENTE–SERVIDOR”

V. La arquitectura “cliente servidor”

Una vez que las redes de computadoras se generalizaron, en la década de los años 80 (en México a mediados de los 90), los servicios FTP y de correo electrónico se hicieron de uso masivo gracias a las computadoras personales y los sistemas distribuidos, los cuales permitieron que la arquitectura “cliente servidor”, concebida en los 70, se convirtiera en la segunda gran ola de la computación desde los 80. En este capítulo daremos una vista a la “arquitectura cliente servidor”; se incluyen cuatro prácticas de laboratorio en las que se realiza la instalación y configuración básica de servidores, vistos como máquina real y como máquina virtual.

V.1. Software y sistemas operativos

El software se define como la suma total de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentos y datos asociados, que forman parte de la operación de un sistema de cómputo [162]. Por su parte, los sistemas operativos controlan los recursos de una computadora y ofrecen la base sobre la cual se pueden escribir o ejecutar programas de aplicación. Los sistemas operativos se pueden clasificar según el criterio de ejecución como centralizados o distribuidos. Los sistemas operativos centralizados aplican para un solo procesador, eran típicos de los mainframes y también lo fueron de las computadoras personales, ejemplos de estos son: CP/M, MS-DOS, DR-DOS, MS-Windows, OS2, Unix, System 7 de MAC. Por su parte los sistemas operativos distribuidos y paralelos que aparecen ante cada usuario como si esta fuera una única computadora; ejemplos de sistemas operativos de este tipo son: *amoeba*, *mach*, *chorus*, *dce*.

Los sistemas operativos se pueden clasificar bajo el criterio del “número de usuarios que atienden”, en tal caso existen los “monousuarios” y los “multiusuarios”, éstos últimos, son capaces de proporcionar servicios a varios usuarios mediante sus terminales al mismo tiempo, dándole la sensación al usuario de que él es el único al que el sistema operativo está atendiendo. Existe el caso de los sistemas operativos multiusuario de tiempo compartido, tal que, para un procesador dado, la atención a cada usuario se divide a intervalos temporales.

Los sistemas operativos también se pueden clasificar por las tareas que realizan con el procesador, en tal caso se clasifican en “monotareas”, aquellos que ejecutan un solo proceso la vez y “multitareas” (multiprogramación), aquellos que pueden ejecutar más de un programa a la vez para un mismo usuario [163-165].

V.1.1 Sistema operativo UNIX

A) Años 60

En 1968 se liberó el sistema operativo *multics*, el cual fue escrito en el lenguaje de alto nivel PL/1, fue uno de los primeros en proporcionar un entorno multiusuario.

En 1969 Ken Thompson desarrolló el sistema operativo UNICS (UNiplexed Information & Computing Service) tomando las mejores características de *multics*. UNICS originalmente se escribió en el lenguaje ensamblador (conjunto de primitivas que dependen de la arquitectura de la computadora) para la DEC-PDP-7 y posteriormente tomó el nombre de UNIX.

En 1971 Dennis Ritchie creó el lenguaje de programación “C”, el cual es de alto nivel y de propósito general.

En 1969 se transfirió UNIX a la PDP-11, modelos 20, 40, 45 y 70, cuyas arquitecturas son muy parecidas, sin embargo, surgió la necesidad de hacer a UNIX portable.

B) Años 70

En 1973 Thompson y Ritchie, reescribieron UNIX en lenguaje “C” en un 95%, el otro 5% se mantuvo en ensamblador.

En 1975 los laboratorios Bell de AT&T ofrecieron, a un costo mínimo, el UNIX a las instituciones educativas, sin darles el código fuente, incluyendo la 5ta edición del manual de referencia.

En 1978 surgió la séptima edición de UNIX, el llamado clásico, y con ella muchos clones. Las dos versiones principales de UNIX son el “UNIX System V” de AT&T y el “UNIX BSD” (Berkeley Standard Distribution).

C) Años 80

En 1983 A. Tanenbaum creó el primer UNIX para microcomputadoras llamado MINIX (mini-UNIX); ese mismo año AT&T introdujo el UNIX System V, todo un estándar.

En 1984 surgió el ambiente gráfico “xwindows” en UNIX, bajo el proyecto “Athenas” en el MIT de EEUU.

Entre 1986 y 1988 BSD y AT&T liberaron sus nuevas versiones de UNIX y para 1988 IBM, DEC y HP formaron el OSF (*Open Software Foundation*), el cual buscó promover los sistemas abiertos en los sistemas operativos, a semejanza de lo sucedido en equipos electrónicos o *hardware*.

D) Años 90

En 1990 Richard Stallman, todo un personaje, creó la FSF (*Free Software Foundation*) y surgió la idea GNU empleada en lo que conocemos como software libre, el cual no significa necesariamente gratuito. Ese mismo año, ya que había varias versiones de UNIX, se realizó la estandarización POSIX (*Portable Operating System Interface for Computer Environments*) con base en el “UNIX System V interface definition” de AT&T.

Algunas características de UNIX son:

- a) Transportabilidad
- b) Capacidad multiusuario
- c) Capacidad multitarea
- d) Sistema de archivos jerárquico
- e) Operaciones de entradas y salida independientes de los dispositivos
- f) Interfaz de usuario, la cual incluye al *Shell script* (guiones), que permite que UNIX también sea un lenguaje de programación.

Es muy común que el sistema operativo que usen los servidores sea UNIX o Linux, en cuyo caso es muy recomendable conocer y usar con habilidad los comandos básicos vía CLI, por lo que se tendrá la oportunidad de practicar el empleo de los comandos “*ls, dir, cd, cd., cd\, pwd, bin, get y put*”, para poder navegar dentro de los directorios de un servidor durante la práctica número 7. Por ejemplo, los comandos “*put*” y “*get*” sirven para subir y bajar archivos respectivamente y en lo sucesivo se podrá visualizar estas operaciones al interactuar un cliente y su servidor [165, 166].

Para mayor información acerca de UNIX consulte las referencias 165 y 166.

V.2. Arquitectura cliente servidor en los sistemas de información

La arquitectura “cliente-servidor” es un modelo que se emplea en sistemas de información, en el que las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Se denomina “cliente” (client) al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos, y “servidor” (server) al proceso que responde a las solicitudes. En este modelo, las aplicaciones se dividen de forma que el servidor contiene la parte que debe ser compartida por varios usuarios, y en el cliente permanece sólo lo particular de cada usuario, como se muestra en la figura V.1. El modelo nació en 1973, fue desarrollado por Xerox-PARC.

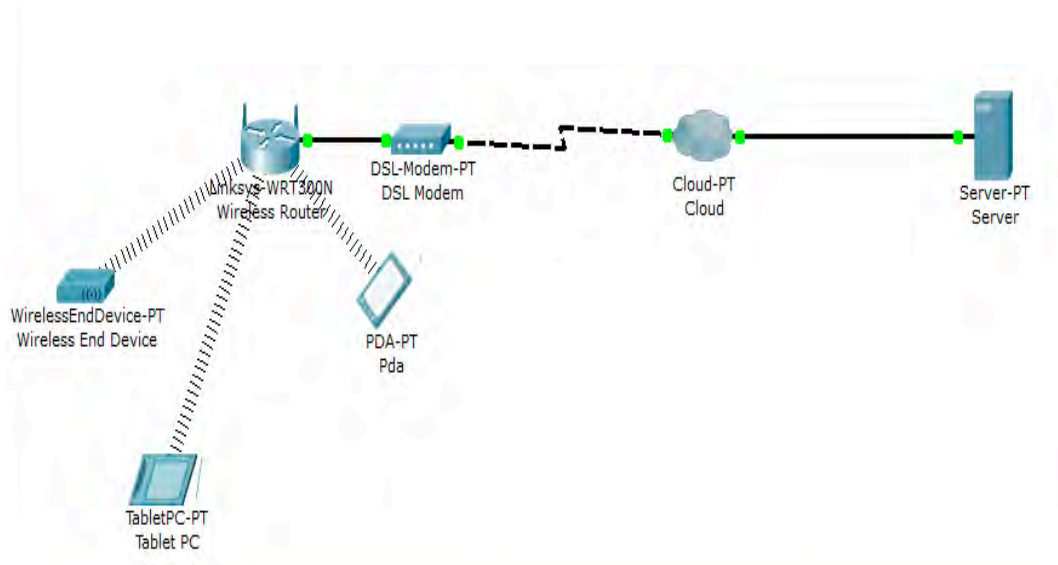


Fig. V.1 Principales componentes de una arquitectura “cliente-servidor”.

Las principales características de la arquitectura “cliente- servidor” son:

1. El servidor presenta a todos sus clientes una interfaz única y bien definida.
2. El cliente no necesita conocer la lógica del servidor, sólo su interfaz externa.
3. El cliente no depende de la ubicación física del servidor, ni del tipo de equipo físico en el que se encuentra, ni de su sistema operativo.
4. Los cambios en el servidor implican pocos o ningún cambio en el cliente.

Con la finalidad de clarificar el modelo cliente servidor se empleará un “diagrama de casos de usos” en UML (*Unified Modeling Language*). Un diagrama de casos de uso es un escenario que describe cómo se va a usar un determinado software o hardware en una determinada situación; este cuenta con “actores”, la “caja del sistema” y las “interacciones”, las cuales se deben visualizar en un

diagrama. Los casos de usos son parte del qué, es decir, del análisis, mas no del cómo, es decir del diseño. En cada diagrama sólo se debe colocar un sistema [167]. La figura V.3 ejemplifica el modelo “cliente servidor” mediante un diagrama de casos de uso en UML. En este caso el sistema a analizar es un servidor; aunque un web browser también es un sistema, en sentido estricto, en este caso el sistema que se analiza es el servidor por lo que el web browser se convierte en un sistema externo o actor que necesita información. Cabe aclarar que, al hablar del servidor como sistema, se hace referencia al servidor de software.

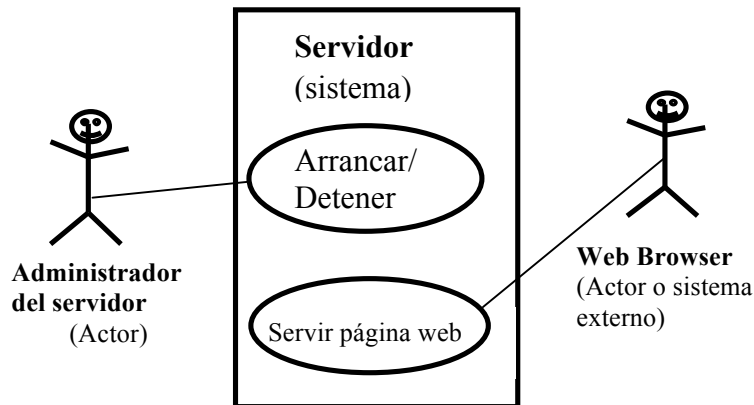


Fig. V.3 Diagrama de casos de usos para el sistema servidor.

En el caso del protocolo HTTP, éste genera una “conversación” o “petición-respuesta” para la comunicación entre un cliente y un servidor. La figura V.4 muestra el diagrama de casos de uso para el caso en el que un *web browser* es el sistema; en este caso el servidor es un actor o sistema externo.

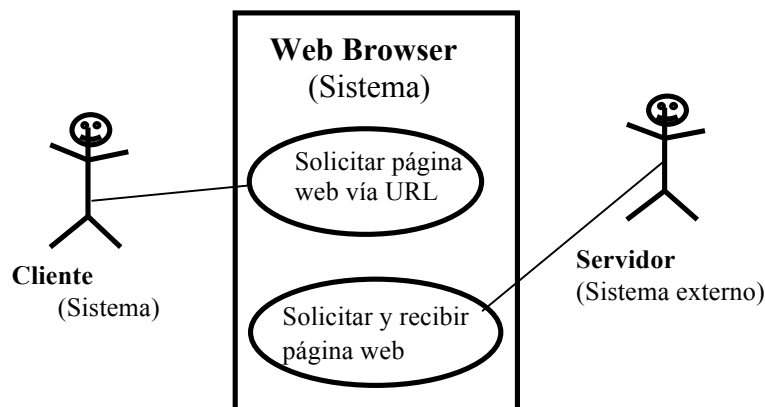


Fig. V.4 Diagrama de casos de usos para el sistema *web browser*.

Un *WEB BROWSER* es una aplicación de software, la cual permite que un usuario visualice e interactúe con el contenido de una página web. Ejemplos de *web browsers* populares son: Netscape, Internet Explorer, Chrome, Mozilla, Firefox, Opera, Safari, entre otros. En muchas ocasiones es necesario ampliar la funcionalidad de los *web browsers*, esto se hace con aplicaciones llamadas PLUG-INS o ADD-ONS, por ejemplo: *Flash Player*, *Java*, *Java scripts*, *Active Controls*, *Media Player*, *QuickTime Player*, *Shockwave Player*, *Real One Player* y *Acrobat Reader*, entre otros.

En la autoevaluación se piden algunos ejercicios para entender mejor a los sistemas usando UML, por lo que es buen momento para ir realizando tales ejercicios. El UML es de gran utilidad para el proceso de desarrollo de software bajo el paradigma de programación orientado a objetos y el orientado a agentes, sin embargo, UML se puede aplicar en diversas áreas. Como una aclaración diremos que, en el paradigma orientado a objetos, una “clase controla al estado de un objeto” como un titiritero controla a una marioneta, mientras que en el paradigma orientado a agentes, un agente se comporta como una persona, en el que el agente controla al estado y comportamiento de un objeto. Los agentes se comportan como los humanos, transcurren su existencia argumentando y negociando.

V.2.1 Intranet vs internet.

“Intranet” es una red privada que normalmente pertenece a una empresa u organización determinada. Las redes intranet, usan los mismos protocolos de “internet” y pueden incluir el mismo tipo de contenido; se usan normalmente para almacenar información interna de la empresa, como directivas o prestaciones a sus empleados.

Una de las diferencias que hay entre internet y una intranet es la que refiere a las direcciones de las páginas. En internet, las direcciones de las páginas web se componen normalmente de un nombre de dominio completo, en función de la forma en que el administrador haya configurado la red, por ejemplo: www.ieee.org. En intranet, el nombre de dominio completo no suele ser necesario para obtener acceso a los sitios *web* y es posible acceder escribiendo solamente, por ejemplo: <http://serviciosyprestaciones>.

Dado que el administrador controla estrictamente la seguridad, la configuración de seguridad del contenido de la intranet puede ser menos restrictiva que la que se emplea para el contenido que proviene de internet, de allí que sea posible que un usuario observe una advertencia en las páginas *web* que consulte. Si la seguridad de la intranet está habilitada, un determinado *browser* reconocerá la diferencia entre las direcciones y usará la configuración de zona de seguridad apropiada, por lo que se requiere configurar el navegador para tener seguridad en la intranet [3] .

V.3. Conexión a servidores

Cuando un usuario emplea ya sea la interfaz CLI o GUI para acceder a un servicio que presta un determinado servidor en internet o intranet, puede acceder a él conociendo ya sea su “dirección IP” o su “nombre de dominio” (Domain Name). En el caso de usar la dirección IP la comunicación entre un cliente con un servidor puede ser directa; pero en el caso de que se use el nombre de dominio, se requerirá que un servidor DNS (Domain Name Server) realice las traducciones de los nombres de dominio a direcciones IP.

La mayoría de la gente, usuarios con conocimientos mínimos de computación, cuenta con un “nombre de dominio” y accede a servidores de tipo *web* mediante un *browser*; sin embargo, hay ocasiones en las que pudiera no estar disponible el servidor DNS. Para ejemplificar la correspondencia entre las direcciones IP y sus correspondientes nombres de dominio, se usa la tabla V.1. [3].

Caso	IP	Servicio / DN
1	172.17.102.1	FwCiscoE3.uacm.edu.mx; Firewall y servidor DSN.
2	172.17.102.2	radio.uacm.edu.mx
3	172.17.102.3	correo.uacm.edu.mx
4	172.17.102.4	desarrollo.uacm.edu.mx; www.uacm.edu.mx
5	172.17.102.8	wolf.uacm.edu.mx
6	172.17.102.15	sistemabibliotecario.uacm.edu.mx
7	172.17.102.18	estudiantes.uacm.edu.mx

Tabla V.1. Relación de direcciones IP y sus correspondientes nombres de dominio aplicables hasta 2012 en la UACM

En este punto como ejercicio el lector responda a 2 preguntas básicas:

1. Las direcciones IP corresponden a redes: ¿públicas o privadas?
2. Las direcciones IP corresponden a redes de clase: ¿A, B, C, D o E?

A continuación, se muestran las imágenes resultantes de acceder a servidores empleando la dirección IP en un *browser explorer*. Actualmente no recomiendo el uso del *browser explorer* de MS ya que presenta serios problemas de seguridad. Un ejemplo típico de un *web browser* inseguro fue IE6 (Internet Explorer de Microsoft versión 6), el cual nació en el año 2000, cuando la Internet era muy diferente a lo que es ahora; en 2010 IE6 llegó al límite y fue sustituido por el IE8. En 2010 las posiciones de los *browsers* por dominio de mercado eran *IE* (Microsoft), *Firefox* (Mozilla-2002) y *Chrome* (Google-2008). Desde el año 2012 *Chrome* es el más usado, tendencia que se mantiene a la fecha.

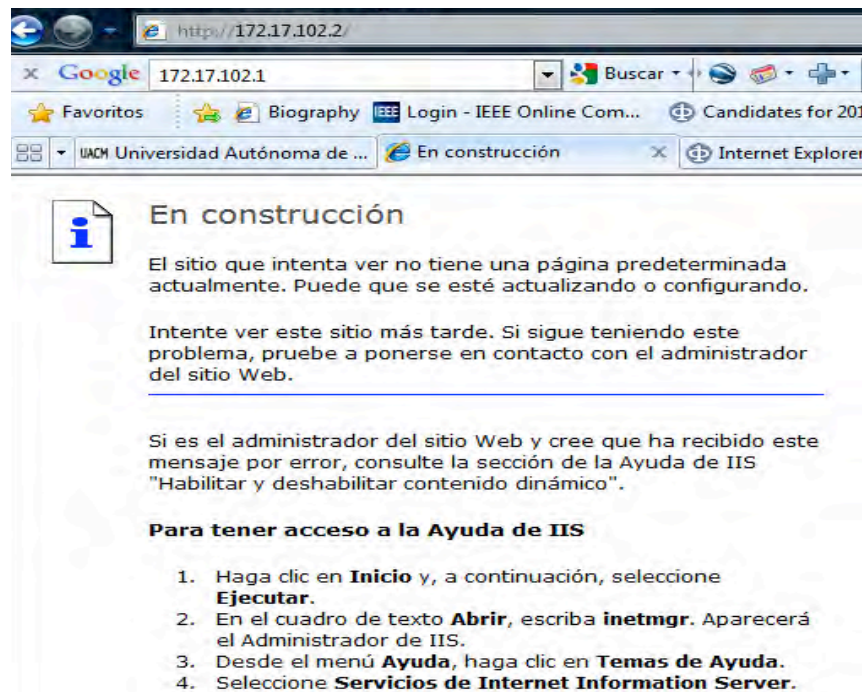


Fig. V.5 Página web para el caso 2 de la tabla V.1. [172.17.102.2]

La figura V.6 muestra la página web de un servidor de correo.

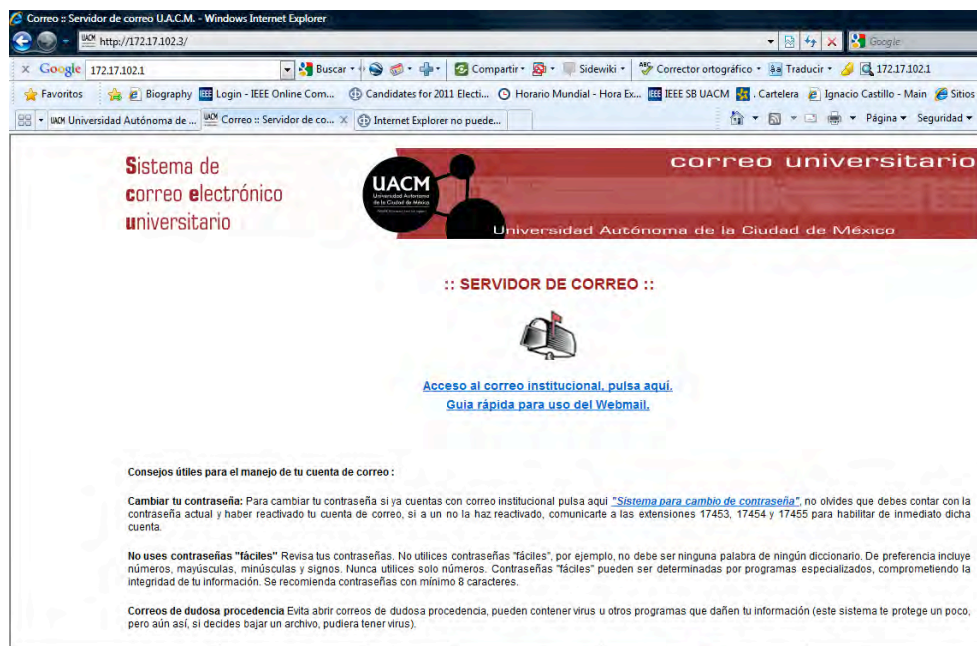


Fig. V.6. Página web para el caso 3 de la tabla V.1. [172.17.102.3].

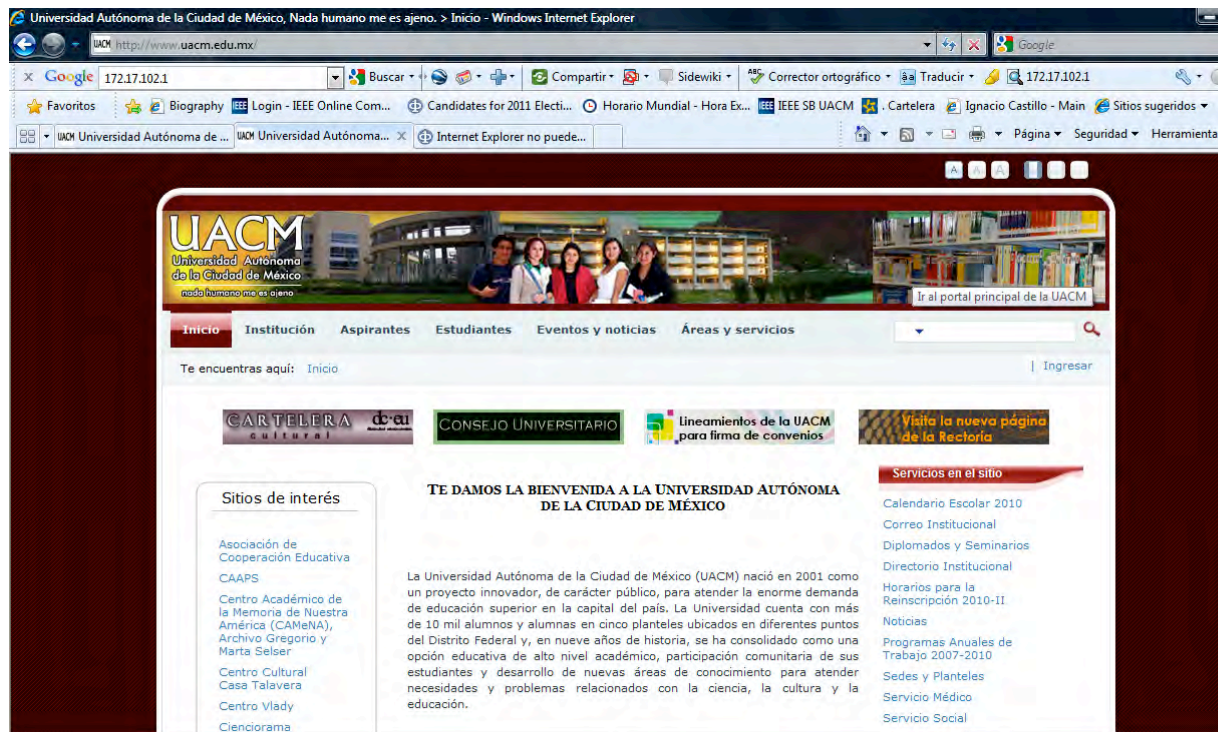


Fig. V.7. Página web para el caso 4 de la tabla V.1. [172.17.102.4].

La figura V.8 muestra el mensaje de error 500 para la página *web* solicitada.

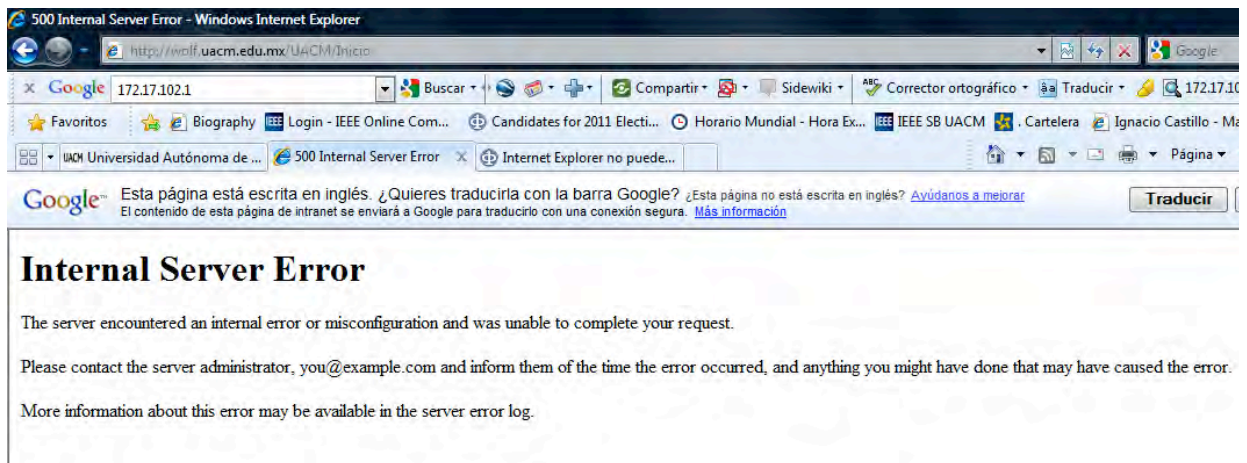


Fig. V.8. Página web para el caso 5 de la tabla V.1. [172.17.102.8].

La figura V.9 muestra la página *web* por la que se accede a un servidor de base de datos.



Fig. V.9. Página web para el caso 6 de la tabla V.1. [172.17.102.15].

La figura V.10 muestra la página *web* por la que se accede a otro servidor de base de datos.

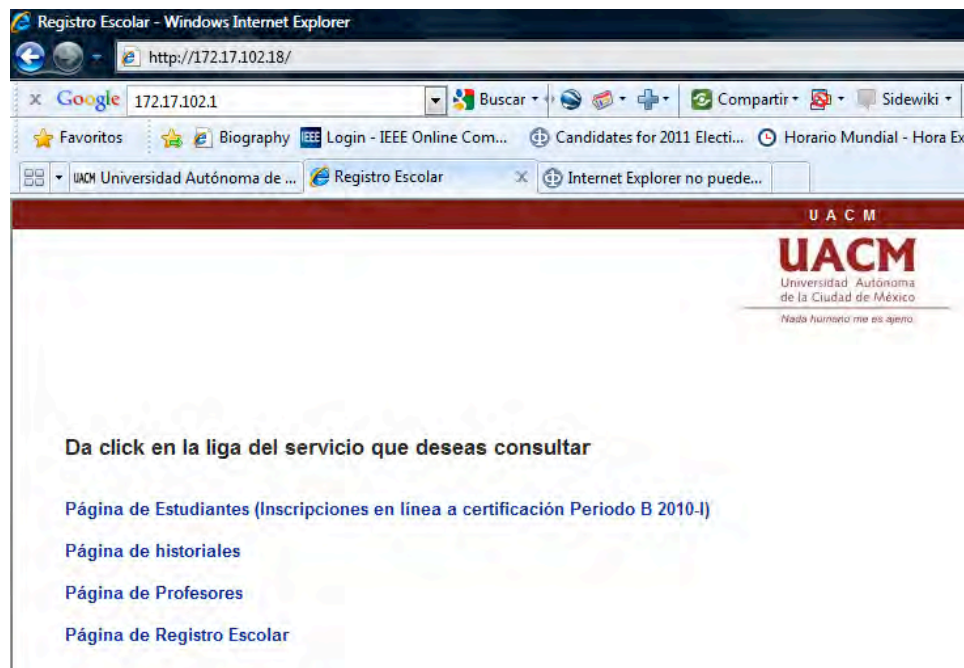


Fig. V.10. Página web para el caso 7 [172.17.102.18].

A continuación, se muestran otros ejemplos de respuesta de servidor. La figura V.11 muestra la página *web* con el mensaje “Problemas en el servidor” mediante la aplicación que provee vía el servidor.

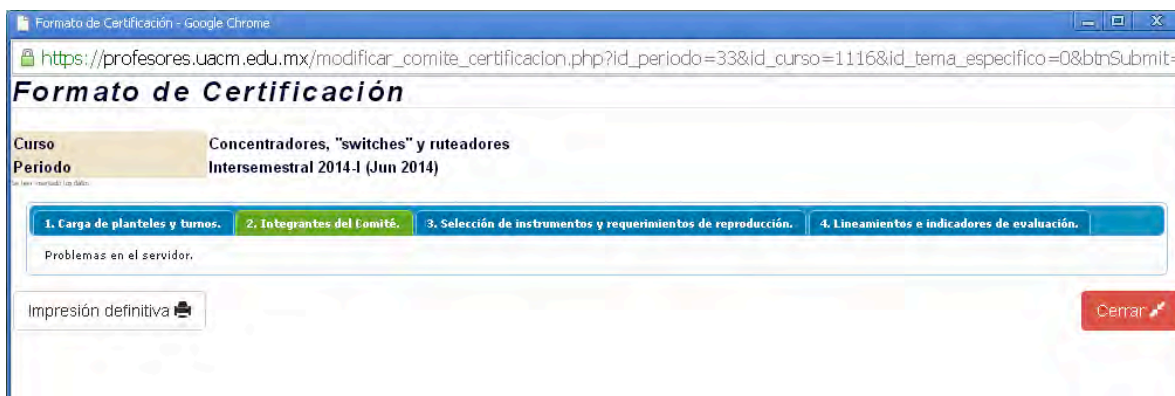


Fig. V.11. Error de aplicación con servidores

A continuación, se muestran a manera de ejemplo otros errores con servidores; la figura V.12 muestra uno que ya se ha convertido error común en servicios de “facebook”.

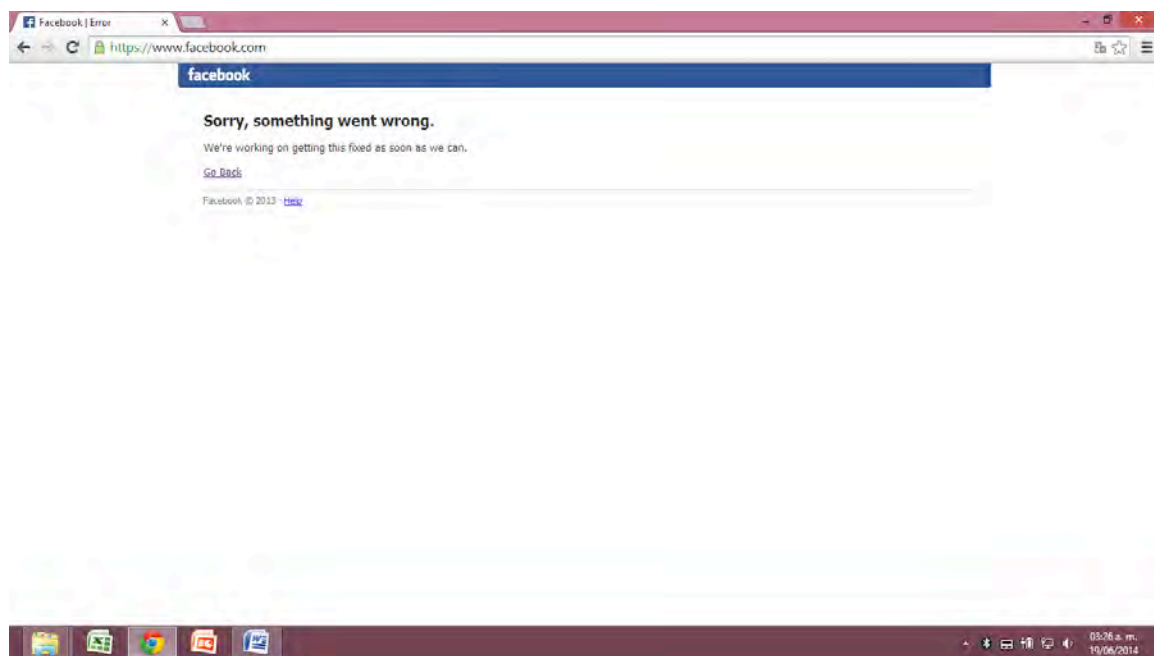


Fig. V.12 Sitio web de “facebook” fuera de línea. La fecha se indica en la esquina inferior derecha.

Si ahora nos preguntamos, cómo los administradores de las páginas web realizan las actividades de altas y modificaciones de una página *web* en un servidor, la respuesta está en una actividad rutinaria, se conectan a un servidor vía el protocolo ftp. La figura V.13

muestra un ejemplo de conexión a un servidor hipotético vía ftp, para realizar transferencias de archivos entre un *host* y un servidor.

```
C:\ftp nuyoo
Connected to nuyoo.utm.mx
220 nuyoo ftp server (univ(v)) system V realease 4.0
user (nuyoo.utm.mx(none)):igcast
331 password required for igcast
password:xxxx
230 user igcast logged in
ftp>binary
200 type set to I
ftp>put
(local-file): articulo.doc
(remote-file): articulo.doc
200 port command successful
150 binary data connection for articulo.doc (192.100.170.42,1133)
226 transfer complete
24 bytes sent in 1 second (24000kb/second)
ftp>close
221 googbye
ftp>quit
c:\
```

Fig. V.13. Acceso a un servidor mediante ftp vía CLI

Ejercicio: Genere un diagrama UML de actividades similar al de la sección IV.3.5 donde se estableció una sesión entre un host y un server. En este caso considere que se trata de un servidor FTP, también considere los códigos indicados por números, de manera específica considere para su elaboración lo siguiente:

- La solicitud de conexión
- La respuesta del servidor, el cual espera del cliente un nombre de usuario.
- La solicitud del servidor por la clave que debe proporcionar el cliente.
- La notificación de aceptación o rechazo por parte del servidor.
- Los comandos generados desde el cliente y las respectivas respuestas por parte del servidor.

Otra manera de conectarse a un servidor es vía GUI, una típica es *winscr*, cuyo ejemplo se muestra en la figura V.14. Otra interfaz típica es *filezilla*; ambas se pueden obtener gratuitamente en internet.

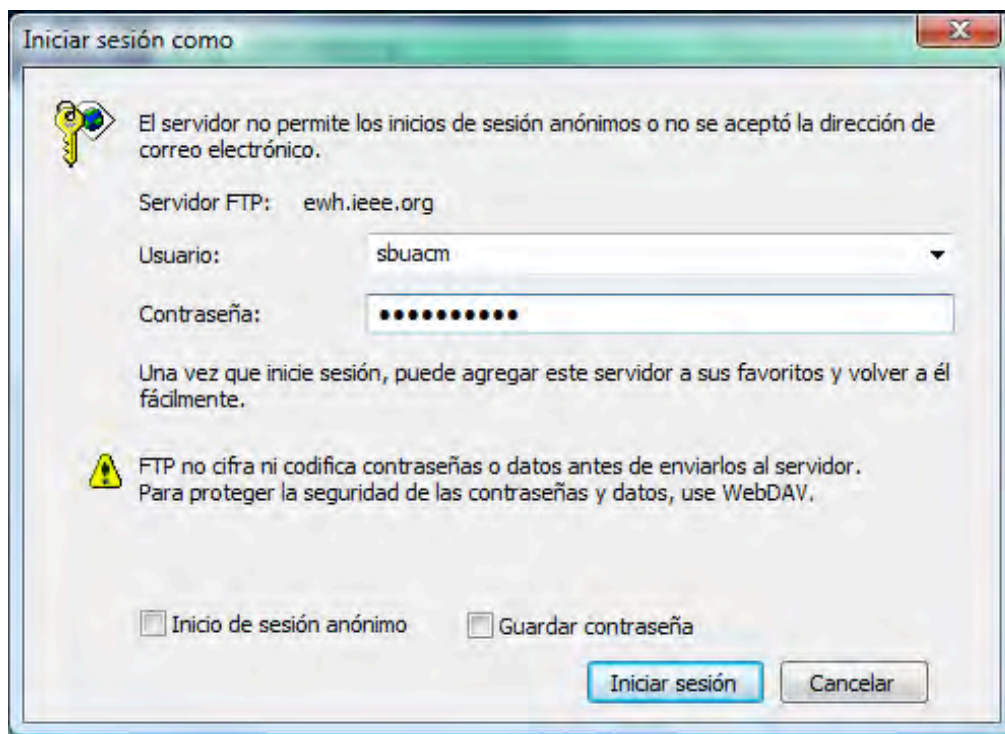


Fig. V.14. Respuesta a solicitud de conexión a un servidor empleando una GUI.

V.3.1. Resolución de nombres de dominios

En la sección anterior se observaron las direcciones IP y sus nombres de dominio correspondientes para un determinado servidor. Una herramienta útil que viene con el sistema operativo es “*nslookup*”, la cual sirve para encontrar la correspondencia entre la dirección IP asignada a un servidor y su correspondiente nombre de dominio. Por ejemplo, si se desea conocer la dirección IP asignada a www.telcel.com se deberá usar el comando “*nslookup*” vía CLI como se indica en la figura V.15 presentando su correspondiente dirección IP. Es probable que cuando lo intente haya cambiado la dirección asignada.

```
C:>\nslookup www.telcel.com
Respuesta no autoritativa:
Nombre: telcel.com
Address: 128.241.121.56
Aliases: www.telcel.com
```

Fig. V.15. Uso de “*nslookup*”.

También se puede buscar el nombre de dominio a partir de una dirección de IP, “C:>\nslookup 128.241.121.56”, en cuyo caso se obtendrá el correspondiente nombre de dominio. La información de un servidor DNS constituye una base de datos distribuida, cuya información tiene asociados nombres de dominio asociados a direcciones de IP.

Si se usa “*nslookup*” y se obtiene, por ejemplo, para el caso de los servidores de la UACM sobre los que se probó anteriormente, una respuesta “FwCiscoE3.uacm.edu.mx” y una dirección “172.17.104.1”, entonces, se estará haciendo referencia a un servidor del tipo *firewall* ya sea *software* o *hardware*.

En este punto cabe preguntar al lector: ¿Qué protocolos se emplearon y a qué capa corresponden en el modelo ISO/OSI?. Otro ejercicio podría ser el indicado en la figura V.16. Ahora pruebe acceder a las direcciones indicadas

```
C:\Windows\system32>nslookup www.youtube.com
Servidor: Unknown
Address: fe80::1

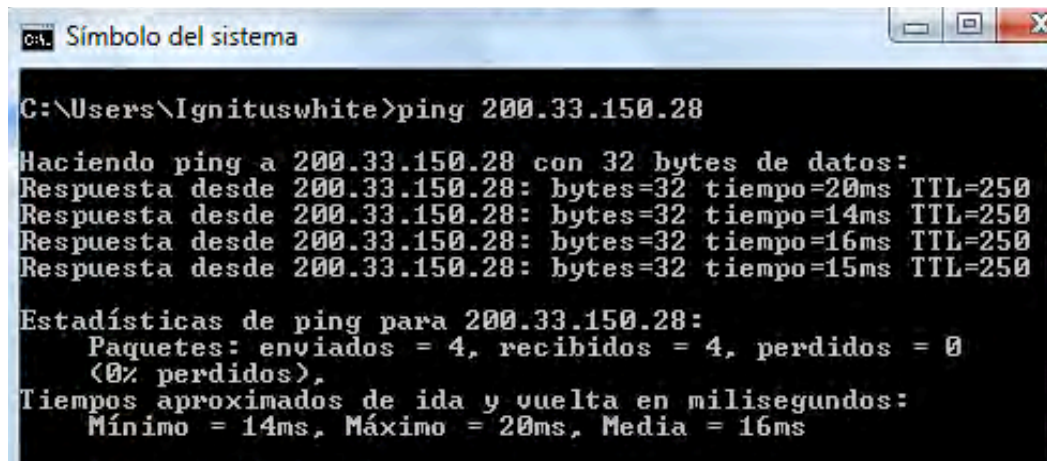
Respuesta no autoritativa:
Nombre: youtube-ui.l.google.com
Addresses: 2607:f8b0:4012:808::200e
           172.217.5.174
           216.58.193.14
           172.217.7.46
           216.58.193.46
Aliases: www.youtube.com
```

Fig. V.16. Uso de “*nslookup*” para buscar la dirección IP de *youtube*.

PRÁCTICA 5: El objetivo es que el lector verifique que cuenta con la conectividad con un determinado host, computadora o servidor, y que puede obtener su correspondiente nombre de dominio y dirección IP.

Actividad 1- Acceda al CLI de su sistema operativo para emplear el comando “ping” que le permitirá verificar si existe conectividad con un determinado servidor. Básicamente debe resolver la pregunta: ¿el servidor esta alcanzable?

Repita lo indicado en la figura V.17, y emplee 10 direcciones IP para realizar la verificación correspondiente. Observe el número de paquetes enviados, recibidos y perdidos en función de IPv4.



```
C:\Users\Ignituswhite>ping 200.33.150.28

Haciendo ping a 200.33.150.28 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 200.33.150.28: bytes=32 tiempo=20ms TTL=250
Respuesta desde 200.33.150.28: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
Respuesta desde 200.33.150.28: bytes=32 tiempo=16ms TTL=250
Respuesta desde 200.33.150.28: bytes=32 tiempo=15ms TTL=250

Estadísticas de ping para 200.33.150.28:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 14ms, Máximo = 20ms, Media = 16ms
```

Fig. V.17 Empleo de “ping”.

En este punto, el lector podría preguntarse: ¿cuál es el motivo por el que se envían 4 paquetes?, y también está en condiciones de responder correctamente.

Actividad 2- Acceda al CLI de su sistema operativo para emplear el comando “nslookup” para que dadas 10 direcciones IP obtenga sus correspondientes nombres de dominio.

Actividad 3- Acceda al CLI de su sistema operativo para emplear el comando “nslookup” para que dados 10 nombres de dominio obtenga sus correspondientes direcciones IP.

Actividad 4- Acceda al CLI de su sistema operativo para emplear el comando “hostname” para que dados 10 nombres de dominio obtenga sus correspondientes nombres.

V.3.2 Conexión a servidores web

PRÁCTICA 6: El objetivo es que el lector emplee una computadora para comunicarse con un servidor, de manera consciente, usando nombres de dominio y direcciones IP. También se busca que identifique el tipo de servidor al que se accede o intenta acceder.

Actividad 1- Acceda a un servidor web si se le proporciona su “nombre de dominio”. Emplee 10 diferentes nombres de dominio y también obtenga en una tabla, sus direcciones IP.

Actividad 2- Acceda a un servidor si se le proporciona su “dirección IP”. Emplee las 10 diferentes direcciones IP indicadas en la tabla V.2.

IP	URL correspondiente (tal y como lo resuelve el DNS)	Tipo de servidor
140.233.138.8		
132.248.10.44		
148.204.103.161		
148.206.159.21		
148.228.1.20		
148.237.3.162		
148.239.220.110		
200.23.113.36		
200.52.255.181		
200.56.248.23		
148.228.1.1		

Tabla V.2

Actividad 3- Acceda a la página web de Prodigy, colocando en el URL de sus nombres de dominio <http://prodigy.msn.com>. Ahora acceda a la página web de PRODIGY usando la siguiente dirección IP: <http://200.33.150.28>, observe los resultados. Ahora use la tabla V.2 y repita este ejercicio con cada uno de los 10 casos.

¿Qué puerto se empleó, en capa 4?, ¿en qué casos se empleó el servidor DNS?

V.3.3. Conexión a servidores ftp

PRÁCTICA 7: El objetivo es que el lector emplee una computadora para comunicarse con un servidor ftp, de manera consciente, vía CLI y GUI mediante un browser, usando nombres de dominio y direcciones IP.

Actividad 1- Acceda vía CLI del sistema operativo de su computadora, tableta o teléfono celular, al menos a los servidores “ftp” listados a continuación, para obtener su árbol de directorios, de modo que indique 5 directorios ligados al directorio raíz y el árbol presente tres niveles de profundidad indicando al menos 3 archivos por directorio [3].

1. <ftp.uv.es>
2. <ftp.ij.ad.jp>
3. <ftp.esat.net>
4. <ftp.terra.es>
5. <ftp.microsoft.com>

Al acceder al servidor <ftp.uv.es>, vía CLI se observa la figura V.18, ponga atención con cada uno de los comandos.

```
Microsoft Windows [Versión 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

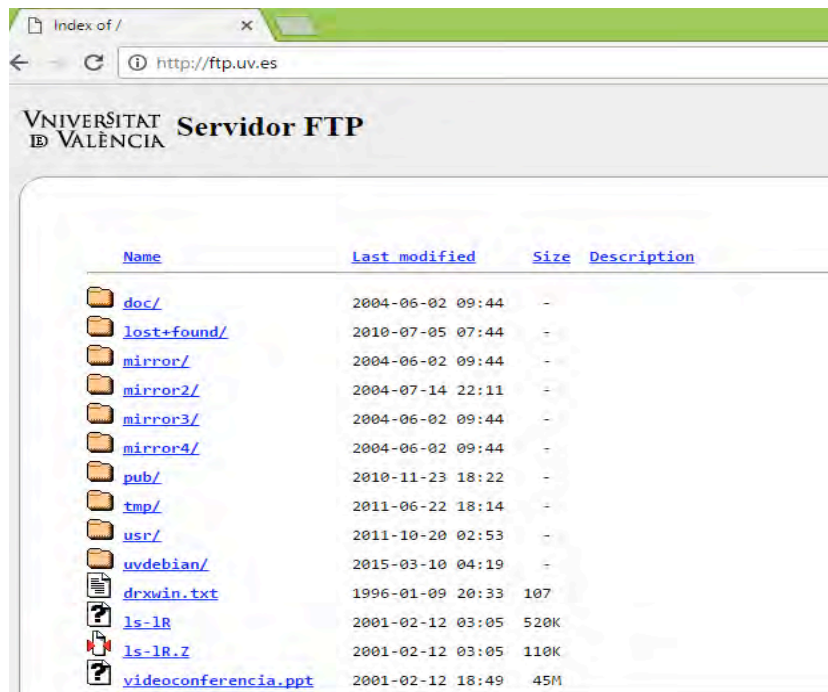
C:\Users\Ignacio>ftp ftp.uv.es
Conectado a ftp.uv.es.
220-
    Servidor FTP ANONIMO de la Universitat de Valencia
    University of Valencia ANONYMOUS FTP server

    Benvingut - Bienvenido - Welcome

220 ::ffff:147.156.3.69 FTP server ready
Usuario (ftp.uv.es:(none)): anonymous
331 Anonymous login ok, send your complete email address as your password
Contraseña:
230 Anonymous access granted, restrictions apply
ftp> _
```

Fig. V.18 Ingreso al servidor FTP vía CLI ¿Qué protocolo se ha usado?

Actividad 2- Acceda a un servidor ftp vía GUI mediante un browser en su computadora, tableta o teléfono celular, como se indica en la siguiente figura. Verifique y valide la estructura de árbol que obtuvo en la actividad 1.

Fig. V.19 Ingreso al servidor FTP vía *web browser*

Actividad 3- Acceda a un servidor ftp vía GUI mediante un visor que le proporciona el sistema operativo en su computadora, tableta o teléfono celular. Verifique y valide la estructura de árbol que obtuvo en la actividad 1.

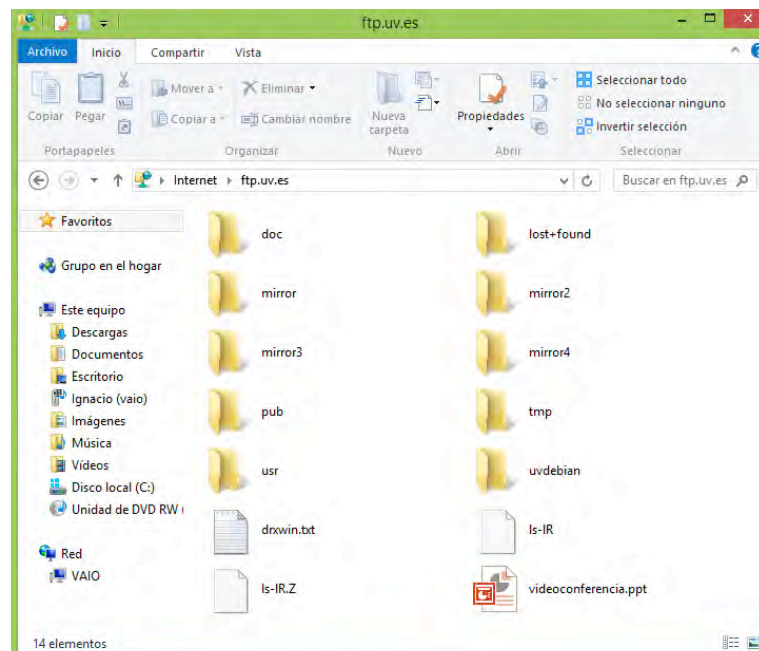


Fig. V.20 Ingreso al servidor FTP vía windows explorer

Actividad 4- Por cualquier vía, intente crear un subdirectorio nuevo y obtendrá lo indicado por la figura V.21, reproduzca y explique el motivo.

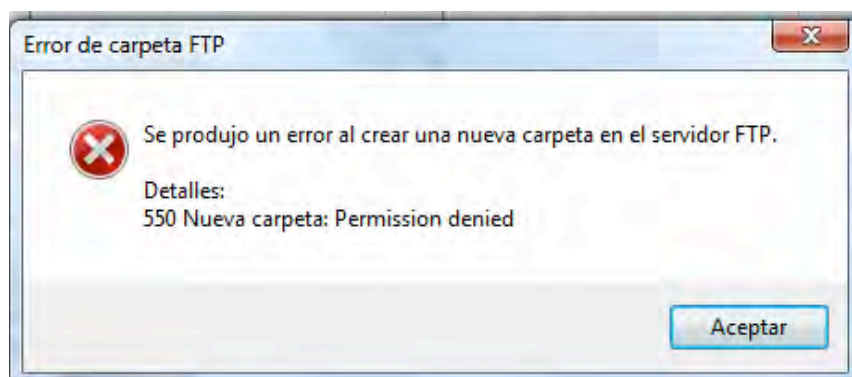


Fig. V.21 Mensaje de error ya que no se cuenta con permisos de escritura al ingresar como anonymous.

Por cualquier vía intente copiar un archivo desde su computadora hacia el servidor y obtendrá lo indicado en la figura V.22, reproduzca y explique el motivo.

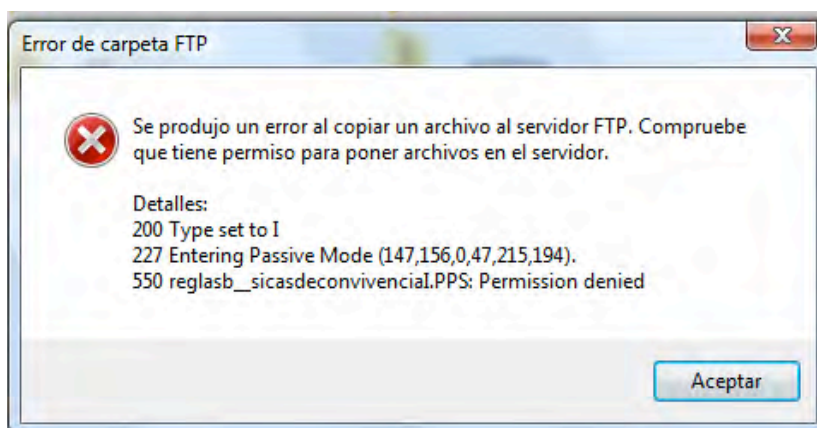


Fig. V.22 Mensaje de error ya que no se cuenta con permisos de escritura.

Actividad 5- Acceda a un servidor vía ftp mediante una “aplicación cliente GUI”. El servidor en cuestión es de tipo WEB cuyo DN es **ewh.ieee.org/sb/mexico/uacm**. Verifique y valide su estructura de árbol, observe los ejemplos de V.23 y V. 24.

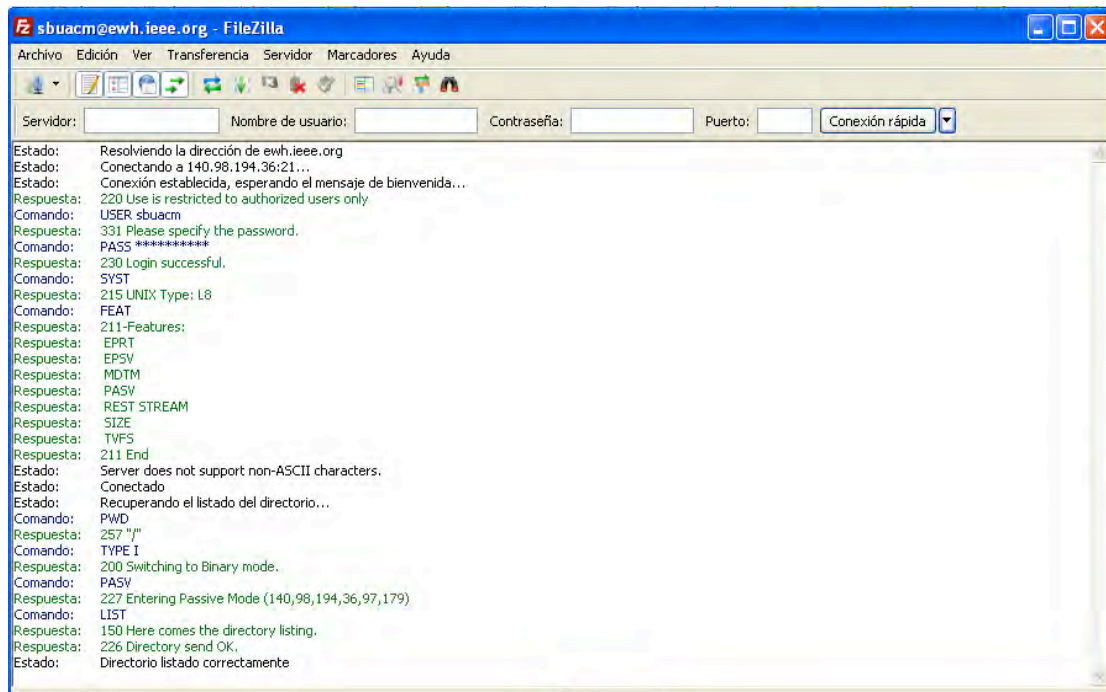


Fig. V.23 Conexión a servidor FTP usando FileZilla. Observe los códigos para dar su adecuada interpretación.

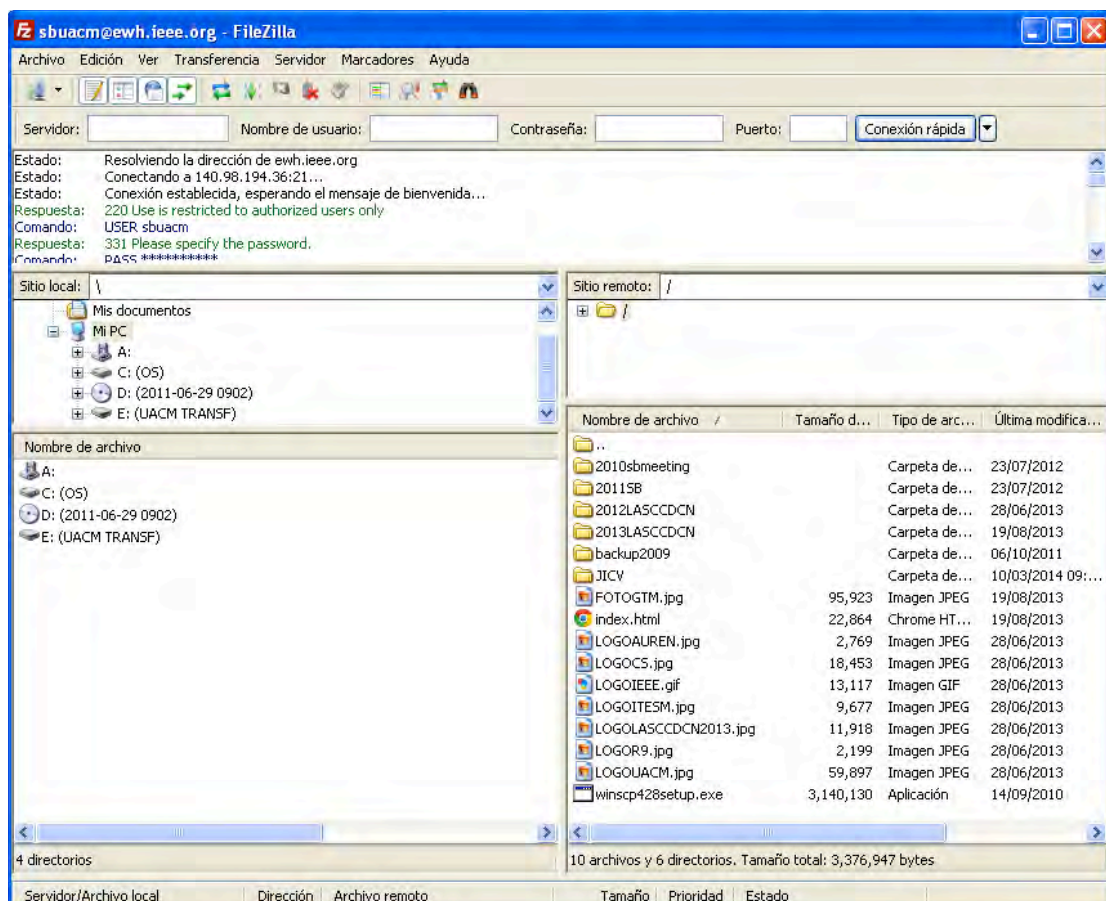


Fig. V.24 Conexión a servidor FTP usando FileZilla. Observe la información que presenta la interfaz completa conformada por 3 áreas: diálogo entre host y servidor, directorio del host y directorio del servidor.

Un ejemplo de una versión de filezilla de 2018 se muestra en la figura V.25, en la que se abre una ventana de gestor de sitios para el caso de necesitar conectarse con varios sitios web.

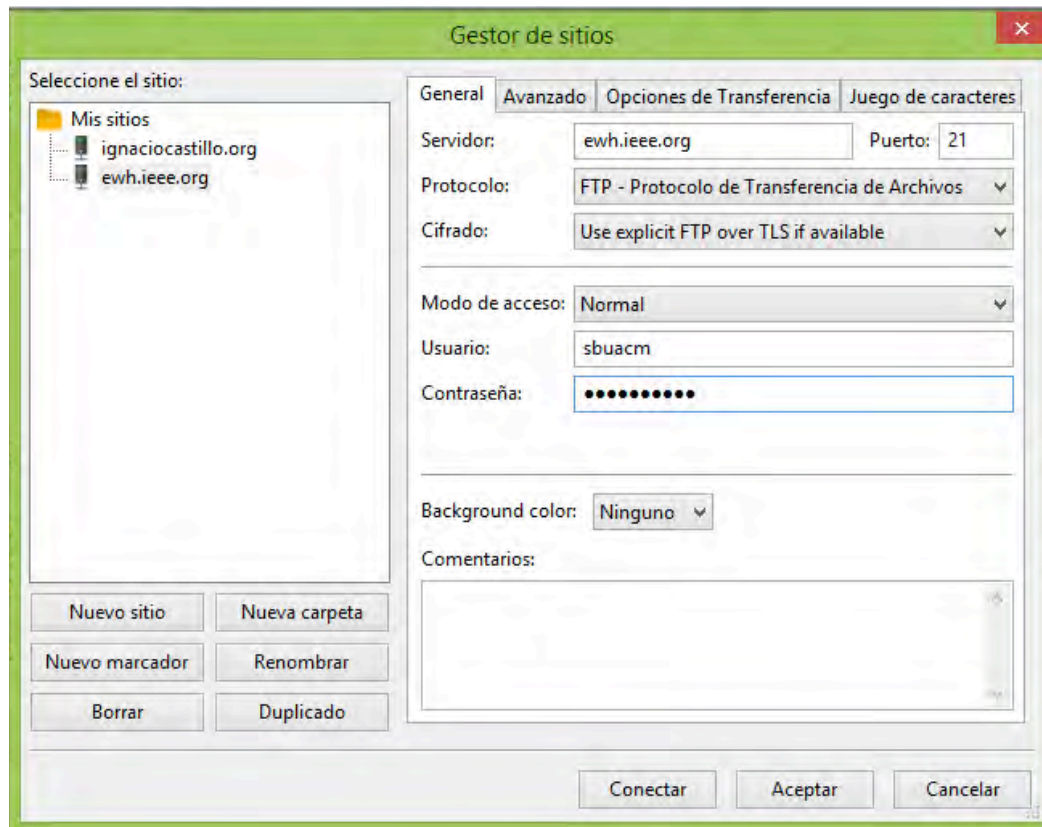


Fig. V.25 Conexión a servidor FTP usando FileZilla. Observe los detalles de la interfaz.

Finalmente podemos observar la apariencia de la página web en la figura V.26

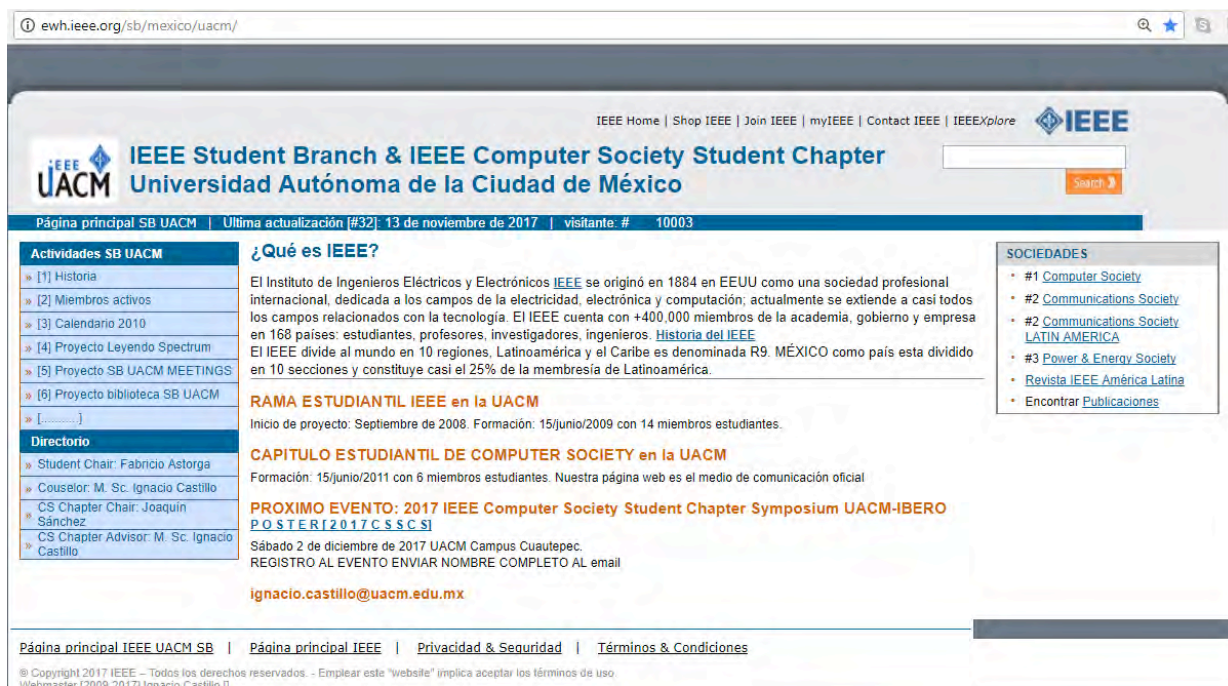


Fig. V.26 Web site y página web principal.

V.4. Instalación de un servidor web

Una práctica común para las aplicaciones en internet es dar de alta servidores, así como mantener al servidor operando adecuadamente, para lo cual se realizan actividades que den soporte a la operación del mismo. A continuación, se indica como instalar, probar y administrar servidores web mediante APACHE y MS-IIS en un servidor de máquina real [168, 169].

V.4.1 Instalación del servidor MS-IIS

Considerando que es relativamente fácil contar con un equipo que cuente con el sistema operativo “Windows”, instalaremos un servidor para emplear el *localhost*, es decir, el host en el que se convierte mi computadora, para poder ejecutar mis programas e incluso me permite dejar todo listo para darlos de alta en un web host y proveer un servicio profesional. Para instalar el “*Internet Information Server*” (IIS) de Windows es necesario agregar programas, componentes o características de Windows como en la figura V.27. Observe los detalles.

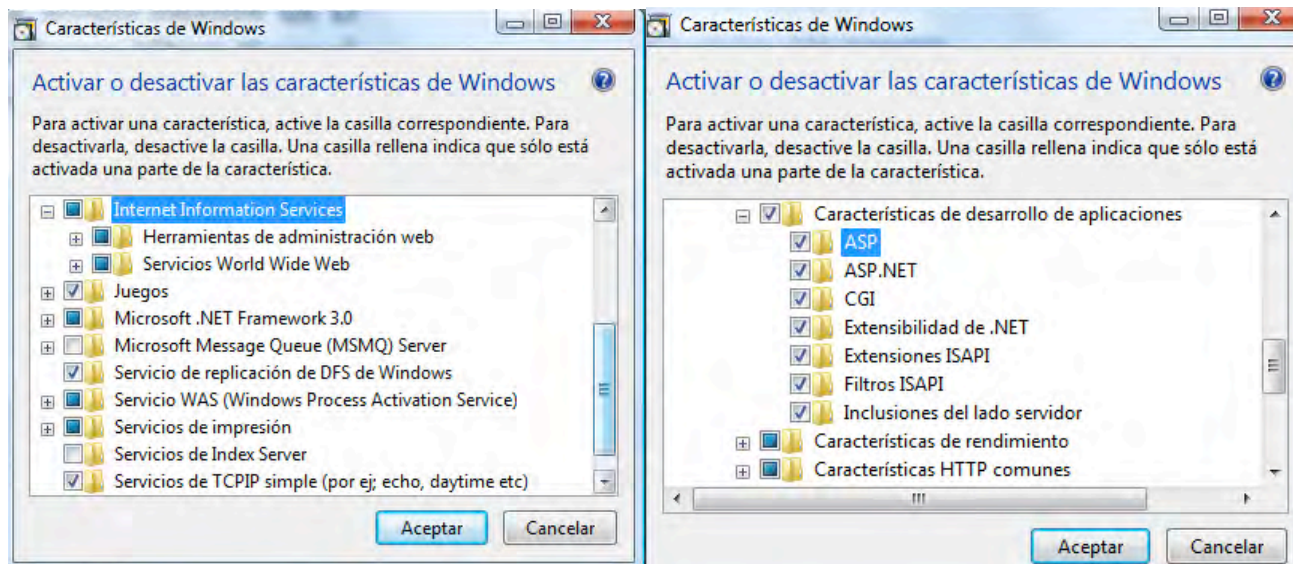


Fig. V.22 Instalación de componentes del IIS de Windows.

Ahora active las características de diagnóstico, seguridad y HTTP como se indica en la figura V.28.

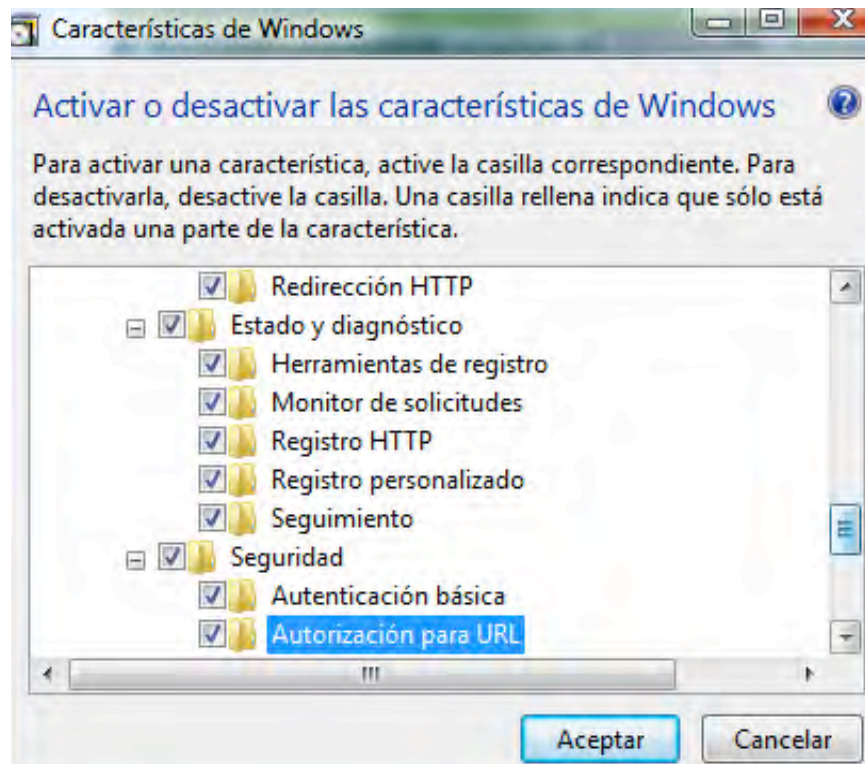


Fig. V.28 Instalación de características de diagnóstico y seguridad.

Una vez que ha quedado instalado el IIS V7, el *localhost* tiene como directorio o subdirectorio “C:\inetpub\wwwroot\” el cual es el “directorio web raíz” o lo que correspondería al “directorio de conexión” en una página web. La figura V.29 muestra el contenido de subdirectorio en cuestión.

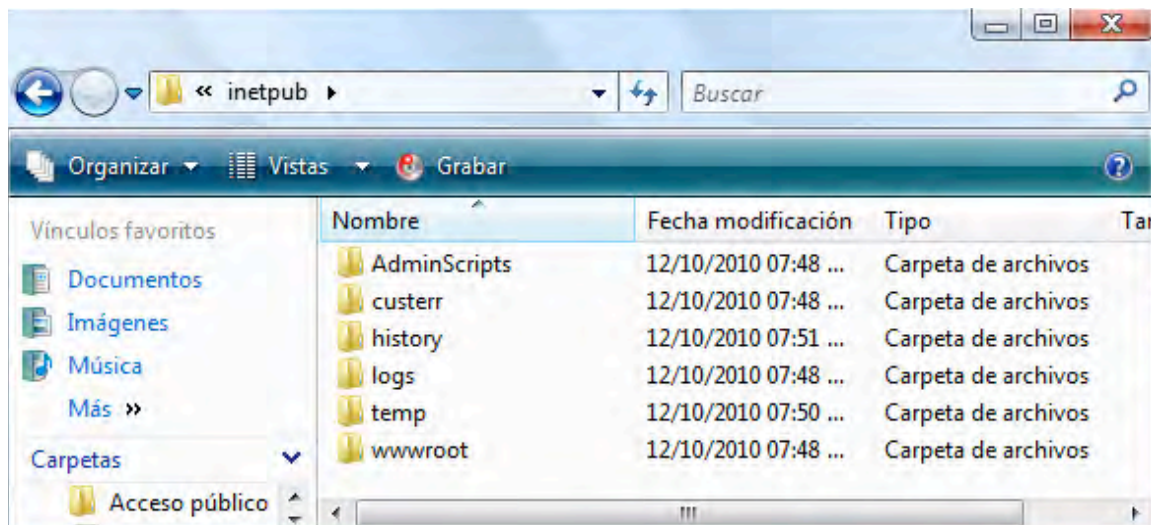


Fig. V.29 Contenido del subdirectorio C:\inetpub\

Para comprobar que el servidor en **localhost** funciona, se abre el browser preferido, evite *explorer*, y en el URL se debe indicar, por ejemplo, <http://localhost/main.html>, para obtener la figura V.30, en cuyo caso coincide con mi página web principal de mi sitio web. Es claro que la instalación del servidor ha sido exitosa y es posible ejecutar mis desarrollos web.

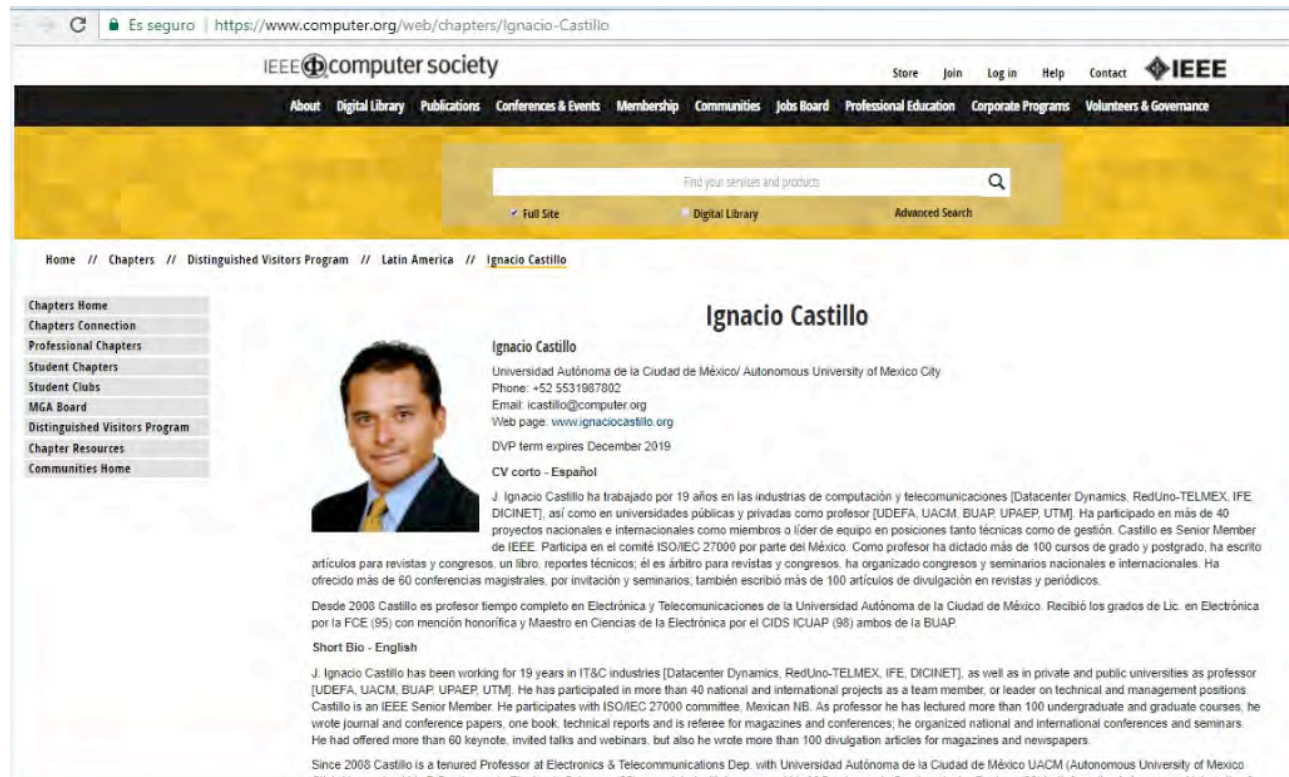


Fig. V.30 Página web distribuida desde mi localhost la cual coincide con mi sitio web en IEEE Computer Society.

V.4.2 La administración en un servidor IIS

La administración de un servidor consiste en realizar tareas como la lectura e interpretación de los **logs** del servidor y de los mensajes de error, así como de apagar o encender el servidor adecuadamente. Los “**logs**” Son archivos de texto que sirven para registrar toda actividad en el servidor y con ello monitorear al mismo; se ubican en “C:\Inetpub\wwwroot\logs\LogFiles\W3SVC1”, la figura V.31, ejemplifica su contenido.

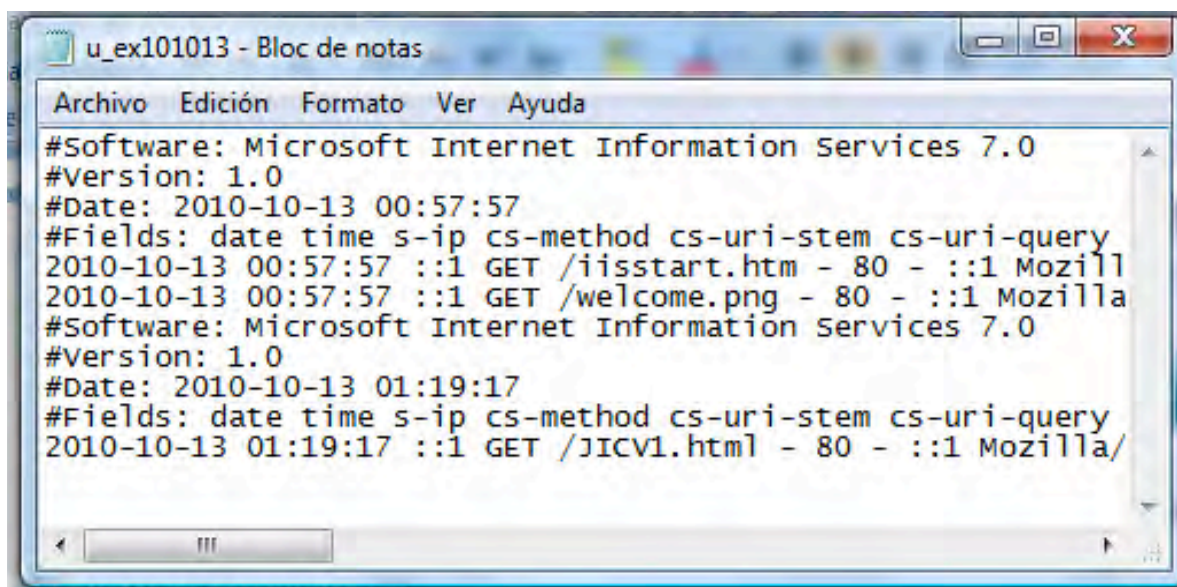


Fig. V.31 Ejemplo del log “W3SVC1”.

Un administrador de servidores también debe poder interpretar correctamente **los mensajes de error**; algunos de los mensajes de error comunes son el 404 y el 500 como se indican en las siguientes figuras V.32 y V.33. Los mensajes de error que puede indicar el servidor *localhost* se encuentran como páginas HTML en la ruta “C:\Inetpub\wwwroot\custerr\es-Es\”.

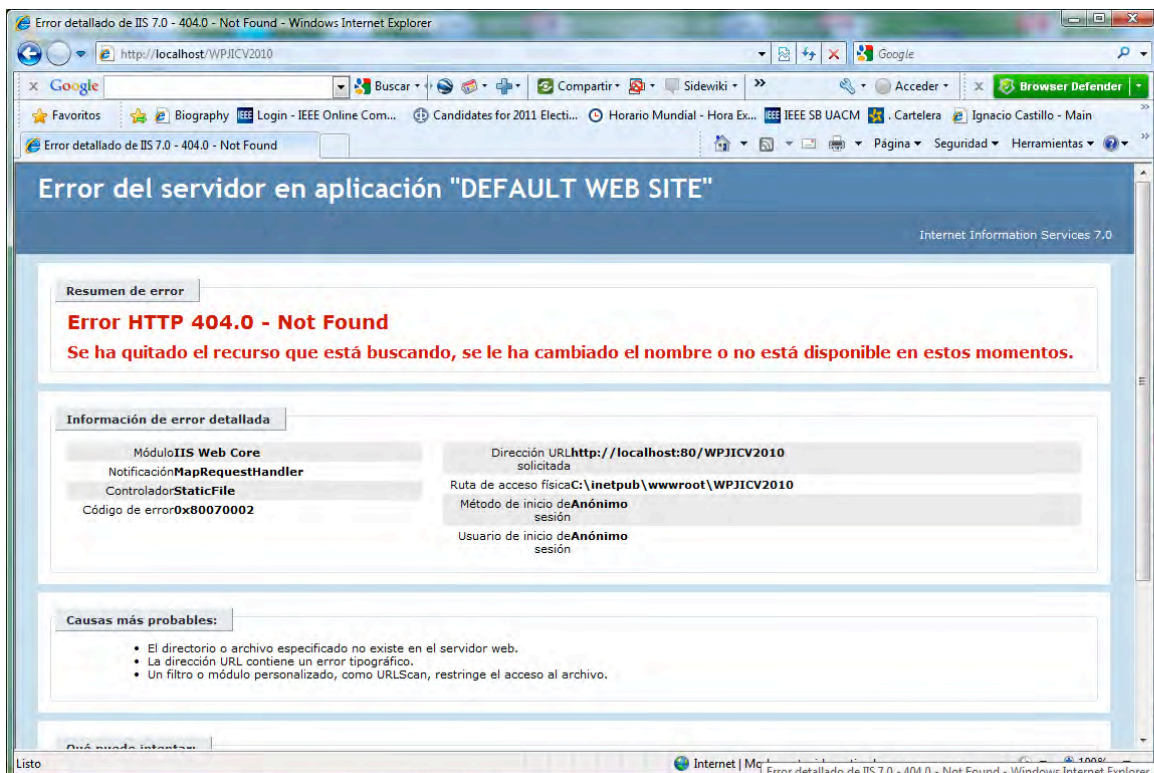


Fig. V.32 Mensaje de error 404 generado al indicar el nombre del archivo de la página web incompleta, falta la extensión del archivo.

Observe también que se indica la versión del servidor IIS V7 en la parte superior izquierda de cada pantalla de error.

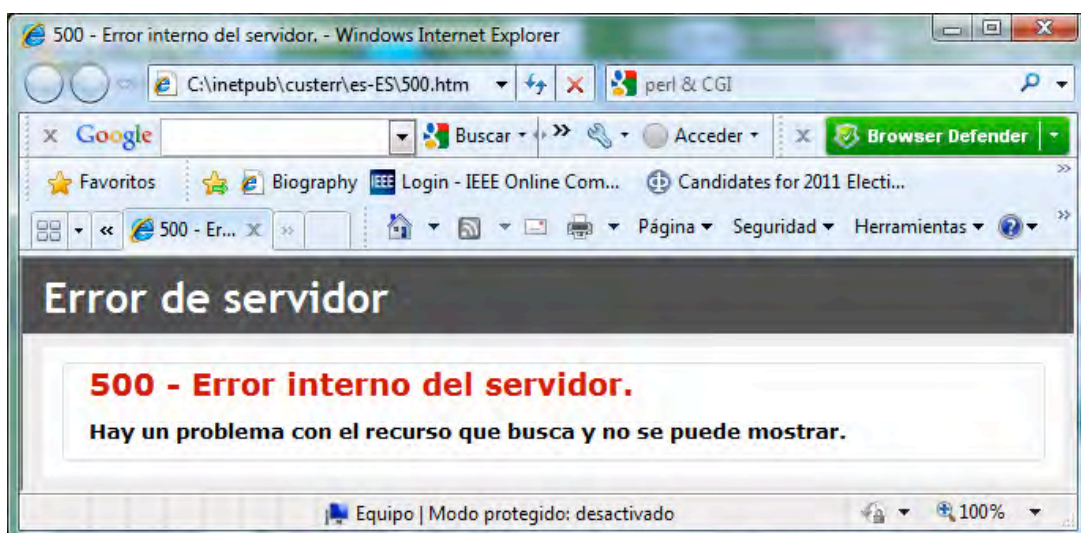


Fig. V.33. Error 500

En términos de seguridad se debe considerar que de manera recurrente habrá un conjunto de subdirectorios para los cuales les aparecerá la siguiente leyenda. Razón por la cual habrá que indicar que cuenta con los permisos para poder acceder a ella. Como recomendación, si no sabe para qué sirven los archivos indicados en una determinada carpeta no acceda, sea muy cuidadoso ya que puede provocar serios errores en su servidor [3].

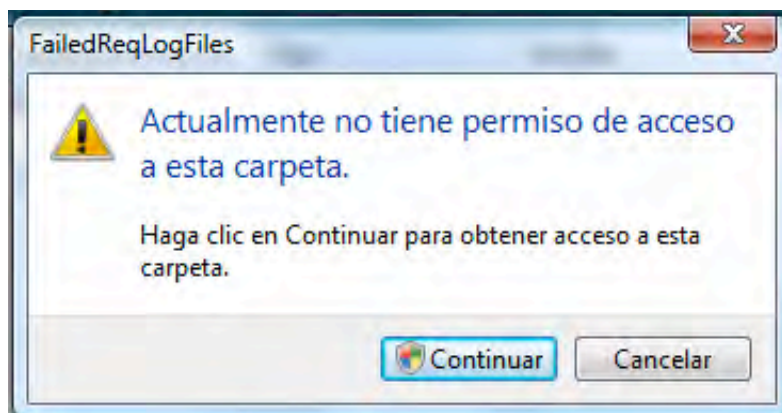


Fig. V.34. Cuadro de dialogo relativo a permisos

Cada vez que usted copie archivos o realice modificaciones en el *localhost* le aparecerá la advertencia indicada en la figura V.35, la cual permitirá comprobar sus permisos de administrador.

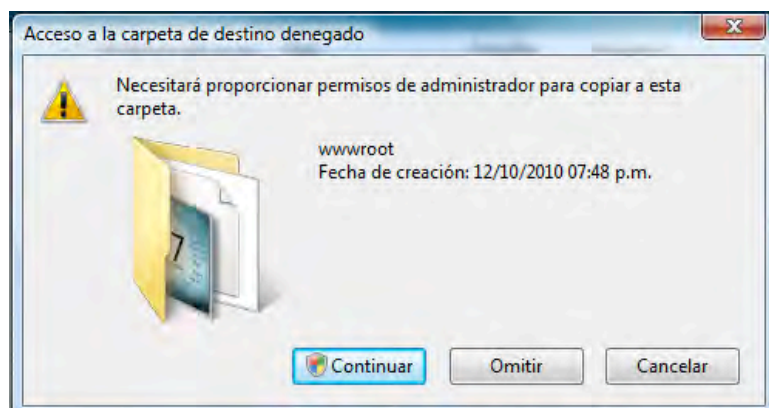
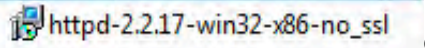


Fig. V. 35. Complemento de caja de diálogo sobre permisos en el directorio raíz del *localhost*.

V.4.3 Instalación del servidor Apache

Apache es un servidor WEB desarrollado por *Apache Software Foundation*, el cual se obtiene desde el siguiente nombre de dominio: <http://httpd.apache.org/>. Todo servidor en internet se compara siempre contra un servidor Apache dado que los servidores Apache en Unix son los más empleados en la internet. Recomiendo bajar una versión estable. Una vez que se baja a mi computadora el software de instalación  con un peso de casi 6MB, se ejecuta y se obtienen los mensajes importantes como en la en la figura V.36 [168, 169].

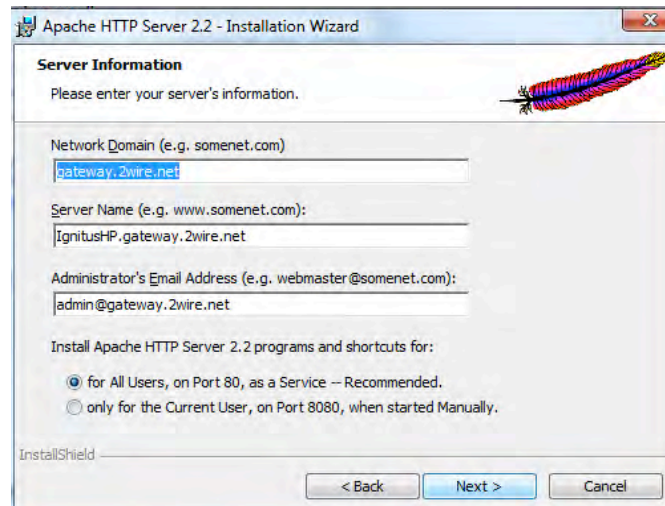


Fig. V.36 Instalación de Apache para Windows.

Observe que “IgnitusHP.gateway.2wire.net” es equivalente al *localhost*. En la figura V.37, se observan algunos elementos que se instalan, por ejemplo, en el caso de una instalación “típica”

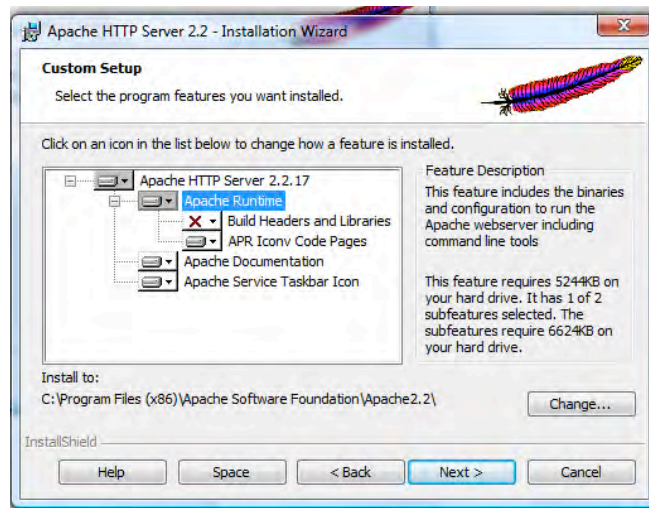


Fig. V.37 Elementos que se instalan.

Una vez que ha quedado instalado el servidor Apache, es conveniente observar el contenido del directorio de Apache, así como se analizó el caso del IIS. Para el caso de Apache, el *localhost* tiene como directorio o subdirectorio “C:\...\Apache2.2\htdocs\” el cual es el “directorio web raíz” o lo que correspondería al directorio de conexión en una página web, para colocar archivos o documentos HTML o equivalentes. En el caso de apache se habla de *ServerRoot* ubicado en, por ejemplo, "C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2". Una vez instalado Apache debe poder localizar el subdirectorio, como se indica en la figura V.38. También es posible obtener la estructura del árbol del subdirectorio indicado.

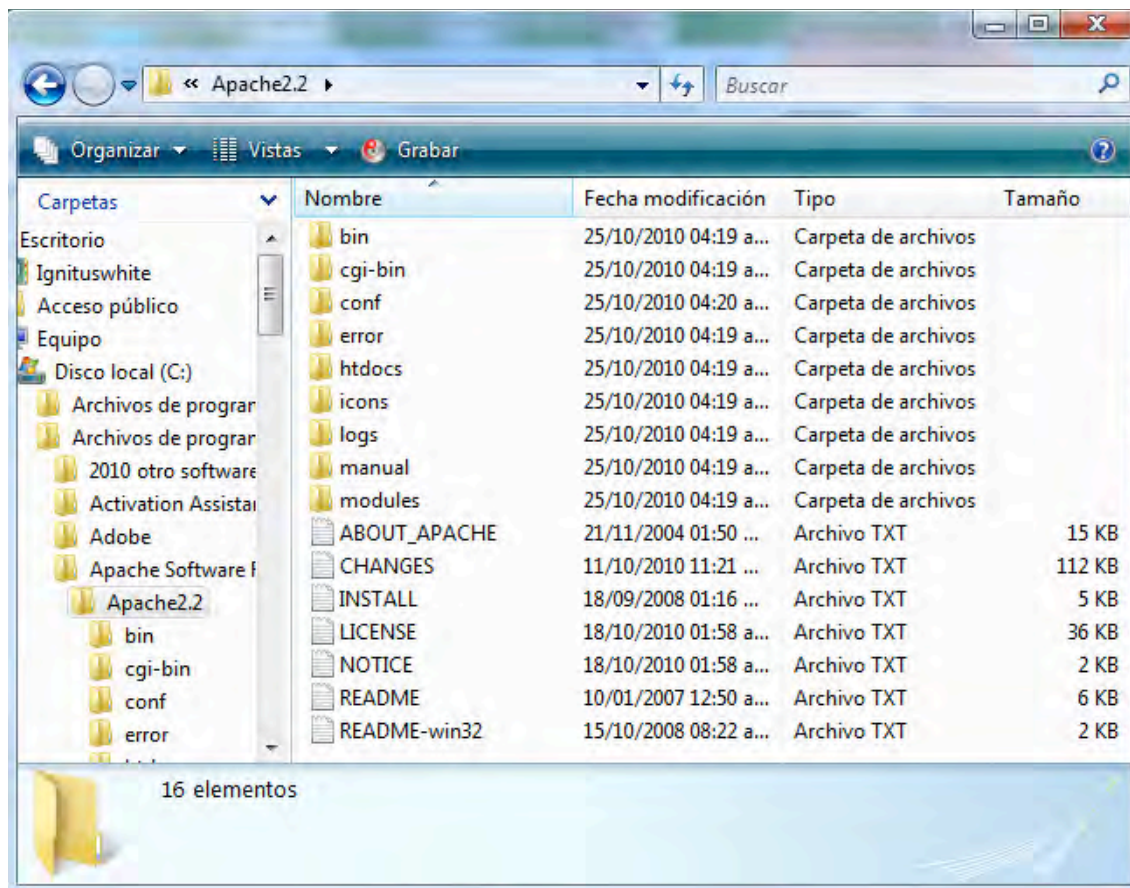


Fig. V.38. Contenido del subdirectorio “C:\Program Files (x86)\Apache Software Foundation\Apache2.2”

Para comprobar que funciona el servidor en **localhost** se abre el browser preferido y en el URL se indica <http://localhost/> para obtener la figura V.39. La figura indica que la instalación del servidor ha sido exitosa y que el servidor se encuentra listo para ejecutar los desarrollos web.

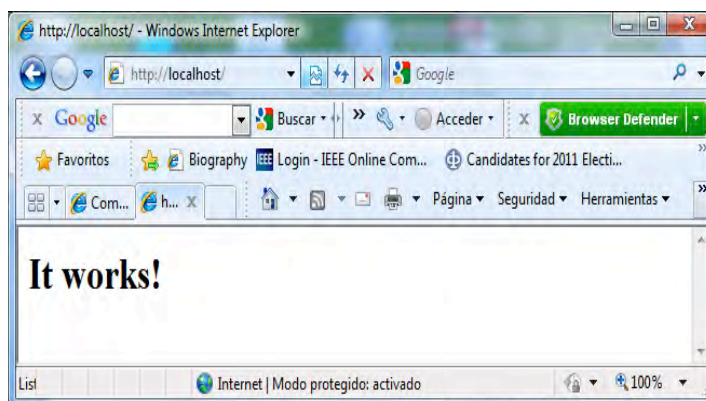


Fig. V.39. Página web distribuida desde mi servidor *localhost*.

También puede probar con “http://127.0.0.1” y se obtendrá el mismo resultado. Una vez instalado el servidor Apache, este se inicializa, lo cual se puede hacer mediante el monitor del servicio del servidor Apache (Apache Service Monitor). La figura V.40 muestra que el servidor Apache se encuentra detenido o apagado, por lo que para iniciarlo se debe usar la opción “Start” [103]. Una manera alternativa de encontrarlo es buscando la aplicación “apachemonitor.exe”

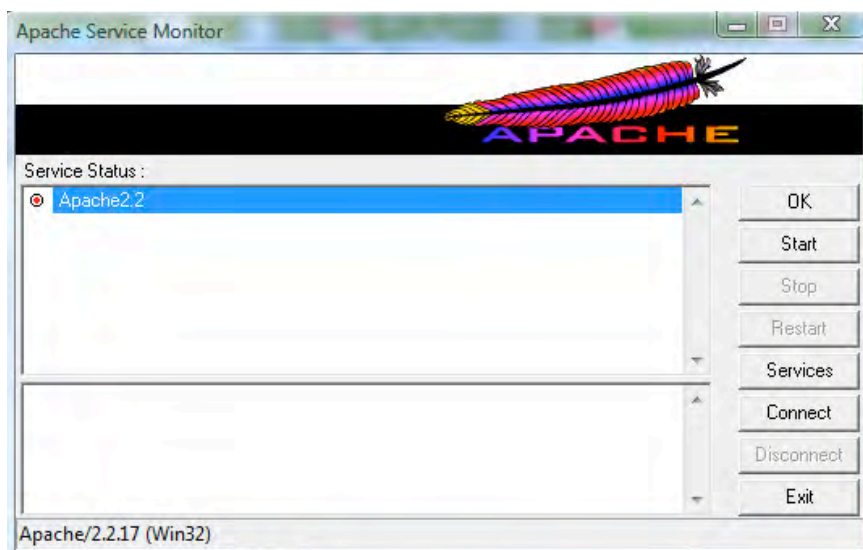


Fig. V.40 Monitor de Servicio de Apache.

Considere que Apache no puede compartir el puerto 8080 con otras aplicaciones *web*, por lo que es preciso desactivar otras aplicaciones que estén empleando tal puerto para iniciar Apache y viceversa. Algunas aplicaciones WWW con las que podría haber conflicto son, por ejemplo, con IIS o implementaciones de *firewall*. En el caso de Apache, las aplicaciones en HTML para servidor web, se deben colocar en “C:\...\Apache2.2\htdocs”.

V.4.4 La administración en un servidor Apache

Las aplicaciones principales “httpd” y “Apache monitor” se encuentran en el subdirectorio “bin” como se indica en la figura V.41.

Nombre	Fecha modificación	Tipo	Tamaño
iconv	25/10/2010 03:19 a...	Carpeta de archivos	
ab	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	77 KB
ApacheMonitor	18/10/2010 12:32 a...	Aplicación	41 KB
apr_dbd_mysql-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	29 KB
apr_dbd_odbc-1.dll	18/10/2010 12:33 a...	Extensión de la apl...	29 KB
apr_dbd_oracle-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	33 KB
apr_dbd_pgsql-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	29 KB
apr_dbd_sqlite3-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	29 KB
apr_dbm_db-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	25 KB
apr_ldap-1.dll	18/10/2010 12:32 a...	Extensión de la apl...	25 KB
dbmmanage	18/10/2010 12:58 a...	Archivo PL	9 KB
htcacheclean	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	61 KB
htdbm	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	81 KB
htdigest	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	69 KB
htpasswd	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	77 KB
httpd	18/10/2010 12:32 a...	Aplicación	21 KB
http2dbm	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	57 KB
libapr-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	133 KB
libapriconv-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	37 KB
libaprutil-1.dll	18/10/2010 12:57 a...	Extensión de la apl...	189 KB
libhttpd.dll	18/10/2010 12:58 a...	Extensión de la apl...	265 KB
logresolve	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	21 KB
rotatelog	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	53 KB
wintty	18/10/2010 12:33 a...	Aplicación	21 KB
zlib1.dll	14/03/2010 07:52 ...	Extensión de la apl...	77 KB

Fig. V.41. Comandos principales: “httpd” y “Apache monitor”.

Los logs en Apache, son de tres tipos: de instalación [install.log], de acceso [access.log] y de error [error.log]; todos ellos archivos de tipo texto, mismos que se ubican en el subdirectorio “C:\...\Apache2.2\logs”. La figura V.42 muestra el contenido de un archivo “install.log”, indicándose el subdirectorio en el que se depositan los archivos de instalación [168, 169].

```

Installing Apache HTTP 2.0 server with
DomainName = gateway.2wire.net
ServerName = IgnitusHP.gateway.2wire.net
ServerAdmin = ignacio_castillo_2005@yahoo.com.mx
ServerPort = 80
ServerSslPort = 80
ServerRoot = C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2
Rewrote C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/conf/original/extra/httpd-autoindex.conf.in
to C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/conf/original/extra/httpd-autoindex.conf
Successfully removed C:\Program Files (x86)\Apache Software Foundation\Apache2.2\conf\original\extra\httpd-
autoindex.conf.in
Rewrote C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/conf/original/extra/httpd-vhosts.conf.in
to C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/conf/original/extra/httpd-vhosts.conf

```

Fig. V.42. Contenido parcial del archivo “install.log”

La figura V.43 muestra en ejecución el comando “get”, para solicitar páginas web. En el caso de que se realizaran cargas de archivos, se podría observar el empleo del comando “put”. También se observan los códigos de éxito o error al entregar o recibir las páginas web por parte del servidor.

```

127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:04:45:58 -0500] "GET / HTTP/1.1" 200 44
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:04:50:41 -0500] "GET /test.pl HTTP/1.1" 404 205
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:04:57:27 -0500] "GET /cgi-bin/test.pl HTTP/1.1" 500 554
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:05:01:17 -0500] "GET /cgi-bin/test.cgi HTTP/1.1" 500 554
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:05:07:35 -0500] "GET /cgi-bin/test.cgi HTTP/1.1" 500 554
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:05:07:51 -0500] "GET /cgi-bin/printenv.pl HTTP/1.1" 200 1464
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:05:08:10 -0500] "GET /cgi-bin/printenv.cgi HTTP/1.1" 404 218
127.0.0.1 - - [25/Oct/2010:10:53:01 -0500] "GET /test.pl HTTP/1.1" 404 205
169.254.77.162 - - [25/Oct/2010:15:51:39 -0500] "OPTIONS //::%7B2227a280-3aea-1069-a2de-08002b30309d%7D/
HTTP/1.1" 403 243
169.254.77.162 - - [25/Oct/2010:15:51:39 -0500] "OPTIONS //::%7B2227a280-3aea-1069-a2de-08002b30309d%7D/
HTTP/1.1" 403 243
127.0.0.1 - - [27/Oct/2010:10:31:01 -0500] "GET / HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [27/Oct/2010:10:33:34 -0500] "GET / HTTP/1.1" 200 44
127.0.0.1 - - [02/Nov/2010:23:35:11 -0600] "GET / HTTP/1.1" 200 44
127.0.0.1 - - [02/Nov/2010:23:40:59 -0600] "GET / HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [02/Nov/2010:23:41:08 -0600] "GET /PERL1.html HTTP/1.1" 200 292
127.0.0.1 - - [03/Nov/2010:01:36:20 -0600] "GET /test.pl HTTP/1.1" 404 205
127.0.0.1 - - [03/Nov/2010:02:05:06 -0600] "GET /cgi-bin/first.pl HTTP/1.1" 200 13
127.0.0.1 - [03/Nov/2010:02:20:42 -0600] "GET /cgi-bin/primero.pl HTTP/1.1" 200 13

```

Fig. V.43. Contenido parcial del archivo “access.log”.

La figura V.44 muestra el contenido de un archivo “error.log”.

```
httpd.exe: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using 127.0.0.1 for ServerName
[Tue Nov 02 22:24:28 2010] [notice] Child 1820: Child process is running
[Tue Nov 02 22:24:28 2010] [notice] Child 1820: Acquired the start mutex.
[Tue Nov 02 22:24:28 2010] [notice] Child 1820: Starting 64 worker threads.
[Tue Nov 02 22:24:28 2010] [notice] Child 1820: Starting thread to listen on port 80.
[Wed Nov 03 01:36:20 2010] [error] [client 127.0.0.1] File does not exist: C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/htdocs/test.pl
[Wed Nov 03 01:47:36 2010] [error] [client 127.0.0.1] File does not exist: C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/htdocs/test.pl
[Wed Nov 03 01:47:43 2010] [error] [client 127.0.0.1] File does not exist: C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/htdocs/uno.pl
[Wed Nov 03 02:01:39 2010] [error] [client 127.0.0.1] File does not exist: C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/htdocs/first.pl
[Wed Nov 03 02:04:03 2010] [error] [client 127.0.0.1] File does not exist: C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/htdocs/first.pl
```

Fig. V.44. Contenido parcial del archivo “error.log”.

A. Mensajes de error: En Apache, éstos se encuentran como páginas HTML en la ruta “C:\...\Apache2.2\error”. La figura V.45 muestra un mensaje de error en el que un sitio web determinado emplea una aplicación en lenguaje “Perl” y genera un mensaje muy interesante, el cual pocas veces veremos en los servidores de la internet [168, 169].

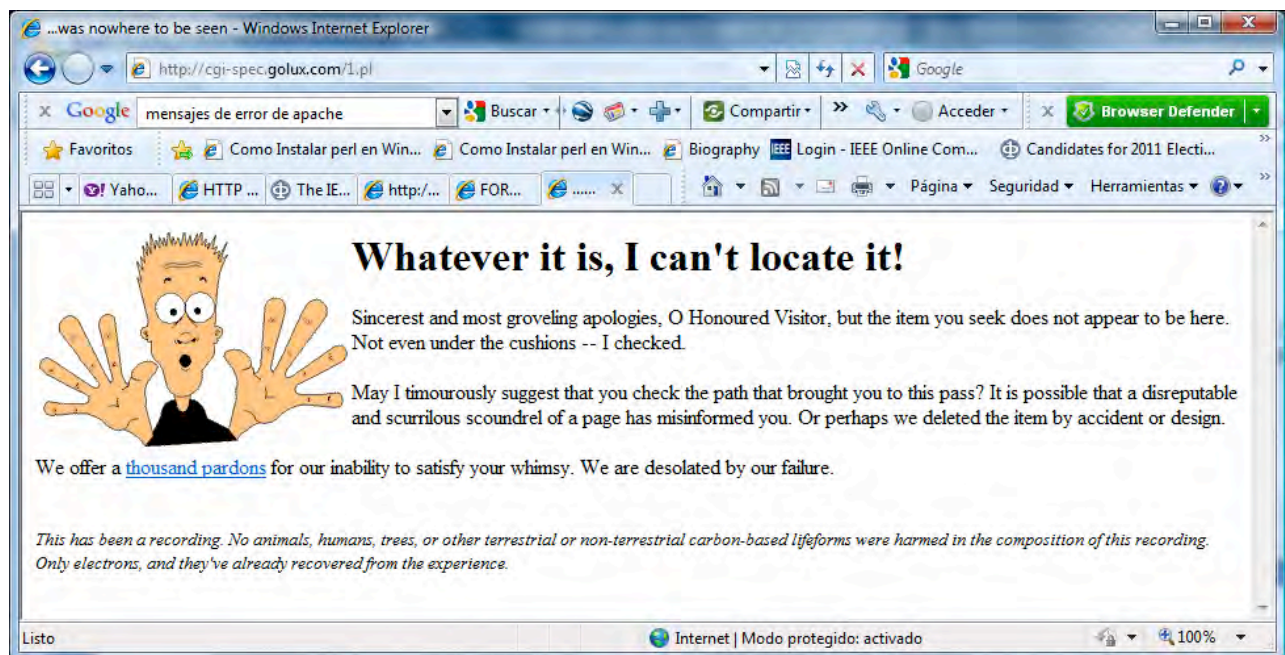


Fig. V.45 Mensaje de error 404 de apache para un archivo no encontrado.

El mensaje anterior nos lleva a <http://cgi-spec.golux.com/1000p.cgi> el cual es un programa en CGI que nos indica que el archivo CGI no se encuentra, es decir, al interpretarlo, nos percatamos de que en realidad no es un error del servidor Apache. Observe los mensajes de las figuras V.46 y V.47.

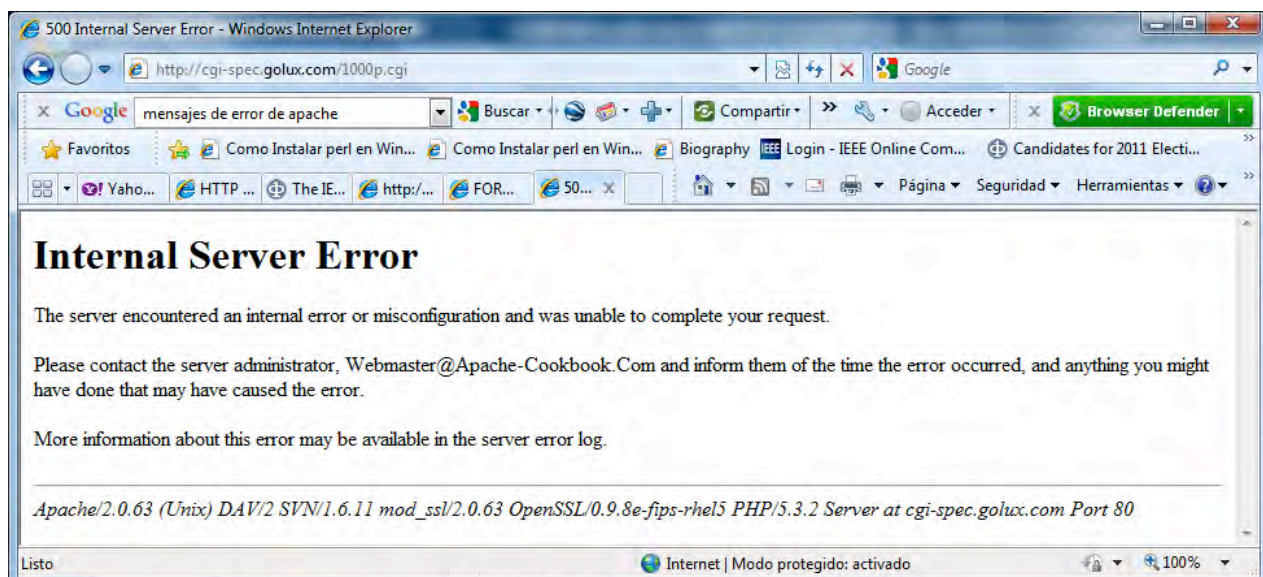


Fig. V.46. Mensaje de error 500 típico de un servidor Apache en Unix.

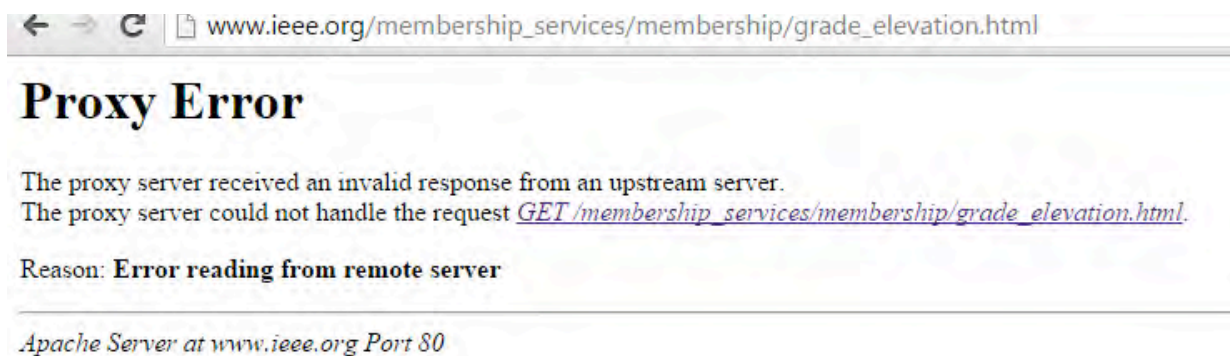


Fig. V.47. Mensaje de error 502, “Proxy error”, en un servidor Apache en Unix.

A continuación se presentan en V48 y V49 otros mensajes de error

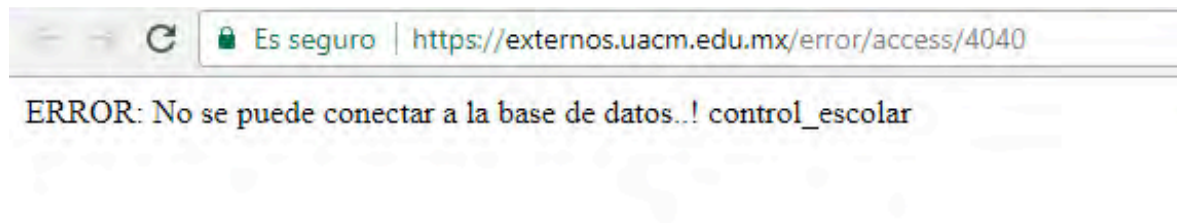


Fig. V.48. Mensaje de al conectarse a una base de datos.

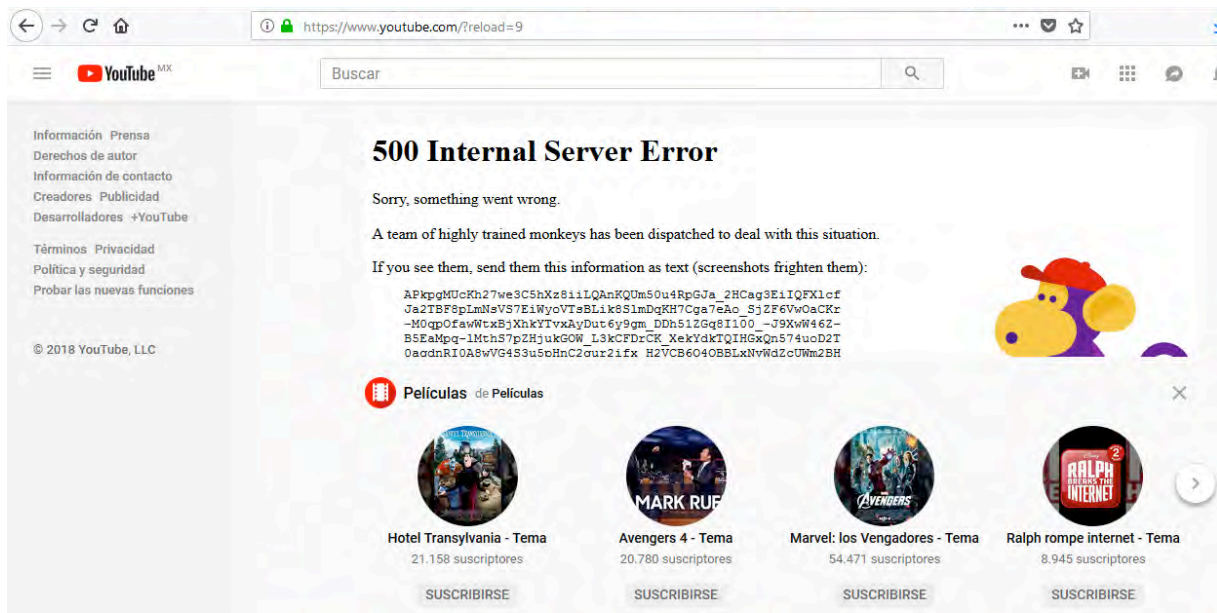


Fig. V.49. Error 500. Falla en servidores de YouTube en todo el mundo – 16 de octubre de 2018

V.4.5 Configuración en un servidor Apache

Una vez finalizada la instalación de Apache y comprobada la ejecución básica, Apache se configura con los archivos de configuración ubicados en “C:\...\Apache2.2\conf”. El archivo configuración principal es el “httpd.conf”, el cual es un archivo de texto, tal y como en los tradicionales y antiguos “autoexec.bat” y “config.sys” [168,169].

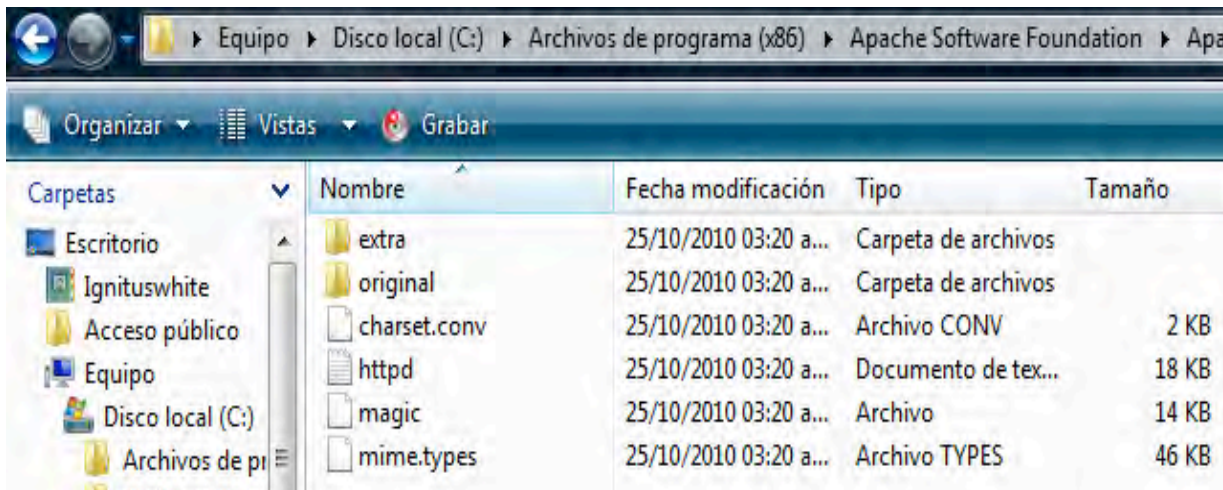


Fig. V.49. Archivos de configuración.

Con la finalidad de permitir la ejecución de programas CGI, se debe configurar Apache para ejecutar scripts CGI. La manera estándar es indicar en la configuración, la “directiva ScriptAlias”, la cual le indica al servidor Apache, el directorio donde se encuentran todos los programas CGI, por lo que el servidor tratará de ejecutarlo cada vez que un cliente lo requiera. Para ello se consulta el archivo de configuración buscando se encuentre “ScriptAlias” o se incluye en el archivo, como se indica en la figura V.50.

```
# ServerRoot: The top of the directory tree under which the server's configuration, error, and log files are kept.
ServerRoot "C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2"
# Listen: Allows you to bind Apache to specific IP addresses and/or # ports, instead of the default. See also the
<VirtualHost> directive.
Listen 80
# ScriptAlias: This controls which directories contain server scripts. ScriptAliases are essentially the same as Aliases,
except that documents in the target directory are treated as applications and run by the server when requested rather than
as documents sent to the client. The same rules about trailing "/" apply to ScriptAlias directives as to Alias.
ScriptAlias /cgi-bin/ "C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/cgi-bin/"
```

Fig. V.50. Contenido parcial del archivo de configuración “httpd.conf”

En el caso de que se esté ejecutando en un servidor diferente al *localhosts*, sea por ejemplo, <http://www.mipagina.com/cgi-bin/prueba.pl>, entonces Apache tratará de ejecutar el archivo “C:/Program Files (x86)/Apache Software Foundation/Apache2.2/cgi-bin/prueba.pl” en el servidor, y regresará la salida del mismo al cliente solicitante. Los programas CGI se ubican en el directorio “cgi-bin” por cuestiones de seguridad, pero Apache se puede configurar para poder ejecutar los programas CGI en otro directorio, incluso en el propio directorio raíz de conexión.

V.5 Implementación y administración de servidores

PRÁCTICA 8: El objetivo es que el lector instale un servidor web mediante APACHE y MS-IIS en un servidor de máquina real, pruebe la instalación y se familiarice con el gestor del servidor. También debe familiarizarse con la estructura de directorios, **logs** y **mensajes de error** del servidor.

Actividad 1. Instalar, probar y administrar un servidor MS-IIS como se ha indicado en las secciones anteriores.

Actividad 2. Localice el subdirectorio indicado en su equipo, como se indica en la figura correspondiente y obtenga la estructura del árbol del subdirectorio de conexión.

Actividad 3. Busque, lea e interprete los *logs*; también genere los errores que le permitan reproducir la aparición de los mensajes de error 401, 404 y 500. El error 502 se indica en la figura V.45 con la finalidad de que familiarice con otro de los mensajes de error más comunes que aparecen en un servidor.

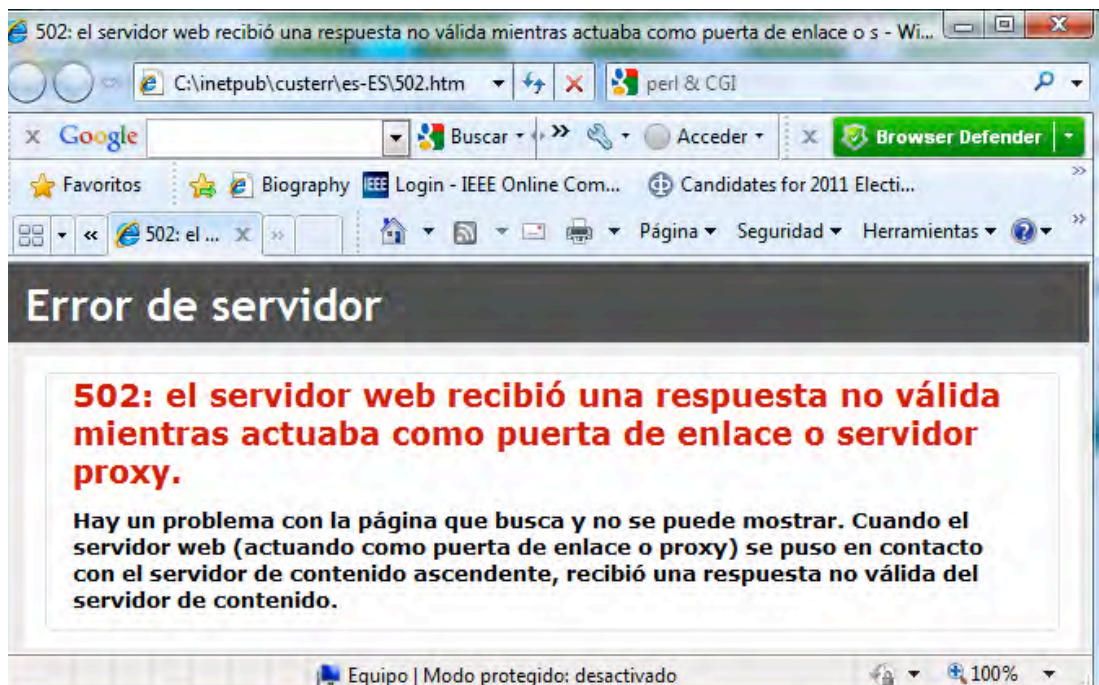


Fig V.51. Error 502

Actividad 4. Realice las actividades 1, 2 y 3 con un servidor APACHE como se indicó en las secciones anteriores.

V.6 Vulnerabilidades de la arquitectura cliente servidor

La arquitectura cliente servidor es vulnerable al Ataque DoS (Denial-of-Service - Denegación de servicio) o DDoS (Distributed Denial-of-service / Denegación distribuida de Servicio). La DoS es un intento por hacer que un host (generalmente un servidor) o red quede como no disponible para los usuarios objetivo, lo cual se logra ya sea: al sobrecargar o saturar a los servidores o por disminuir de manera drástica el ancho de banda de la conexión. Algunas causas raíz de DoS son: “Envío de ping”; “ping de la muerte”, cuando se envían pings mal formados; “envío de malware” y “Botnet (Robot-Network)”, el cual explota vulnerabilidades de un *browser* para coleccionar computadoras zombies con la finalidad de ejecutar software malicioso.

Como recomendación de seguridad, se debe instalar la versión de java más reciente en terminales y servidores, accediendo con cierta frecuencia a <https://www.java.com/es/download/>, con la finalidad de verificar que cuenta con la versión más reciente de java para su browser y en caso de tener versiones obsoletas desinstalarlas, en su intento aparecerá un gráfico como el indicado en la figura V.52.

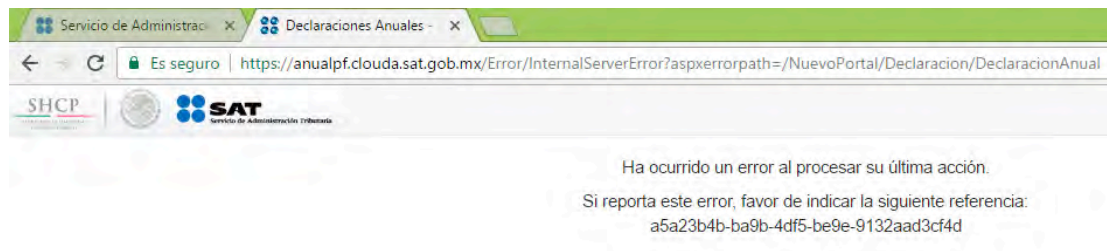


Fig. V.52. Actualización de Java para los browsers.

V.7 Autoevaluación para el capítulo V

La siguiente autoevaluación es sencilla ya que cubre bajo la “Taxonomía de Bloom”, el primer nivel de pensamiento RECORDAR (2000) o CONOCER (1956) y el segundo nivel COMPRENDER de los 6 niveles.

1. ¿A qué refiere un DBMS?
2. ¿A qué refiere MySQL?
3. Genere un diagrama UML de casos de uso, para una memoria flash.
4. Como ejercicio para diagramas UML de casos de uso, obtenga el diagrama de casos de uso para una memoria flash.
5. Genere un diagrama UML de casos de uso, para una cámara fotográfica antigua.
6. Genere un diagrama UML de casos de uso, para una cámara fotográfica moderna.
7. Genere un diagrama UML de casos de uso para la figura V.23.
8. Genere un diagrama UML de actividades para la figura V.13, en el cuál considere el host, el servidor y su correspondiente base de datos.
9. Indique el tipo de error y número para la siguiente captura.



10. Haga su propia página web en HTML

PARTE III: LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

“Berlin wir haben ein problem”

“Yo veo a la 4ª revolución industrial como la apuesta para sacar a occidente de una ralentización económica iniciada a finales del siglo XX

y como la manera de transitar el fin de una hegemonía unipolar a un mundo tripolar”

El progreso es imposible sin el cambio, y aquellos quienes no pueden cambiar su mente nada pueden cambiar.

George Bernard Shaw (1856-1950), Irlandés
Premio Nobel de literatura 1925

CAPÍTULO VI: LAS TIC EN EL SIGLO XXI

VI. Aplicaciones de las TIC en el siglo XXI

Toda tecnología creada busca resolver problemas de una sociedad, el actual mundo interconectado busca resolver sus problemas empleando todas las herramientas disponibles, nos encontramos en una época en la que se emplea todo el conocimiento de distintas áreas apoyadas en las TI. Por ello, las computadoras, las comunicaciones, las personas y cosas dejan de concebirse como entes separados, las ciencias de la vida, las fuentes de energía y prácticamente toda área del conocimiento y tecnologías se integran. En este capítulo se hace una revisión general de las tecnologías que están en pleno auge desarrollándose para gestar la “cuarta revolución industrial”, tales como: las ciudades inteligentes (*Smart Cities*), las redes eléctricas inteligentes (*Smart Grids*), el internet de las cosas (*Internet of Things - IoT*), los grandes datos (*Big data*), la computación la nube (*Cloud computing*), los centros de datos (*data centers*) y la seguridad cibernética (*cyber security*), como algunas de las principales tendencias en tecnologías de la información y las comunicaciones. Las tecnologías citadas conforman lo que llamo “el ecosistema del futuro tecnológico en las TIC” que impactará también buena parte del futuro de la humanidad, en el que las ciudades inteligentes son el gran integrador de las TIC, lo cual resumo en la figura VI.1 [2, 3].

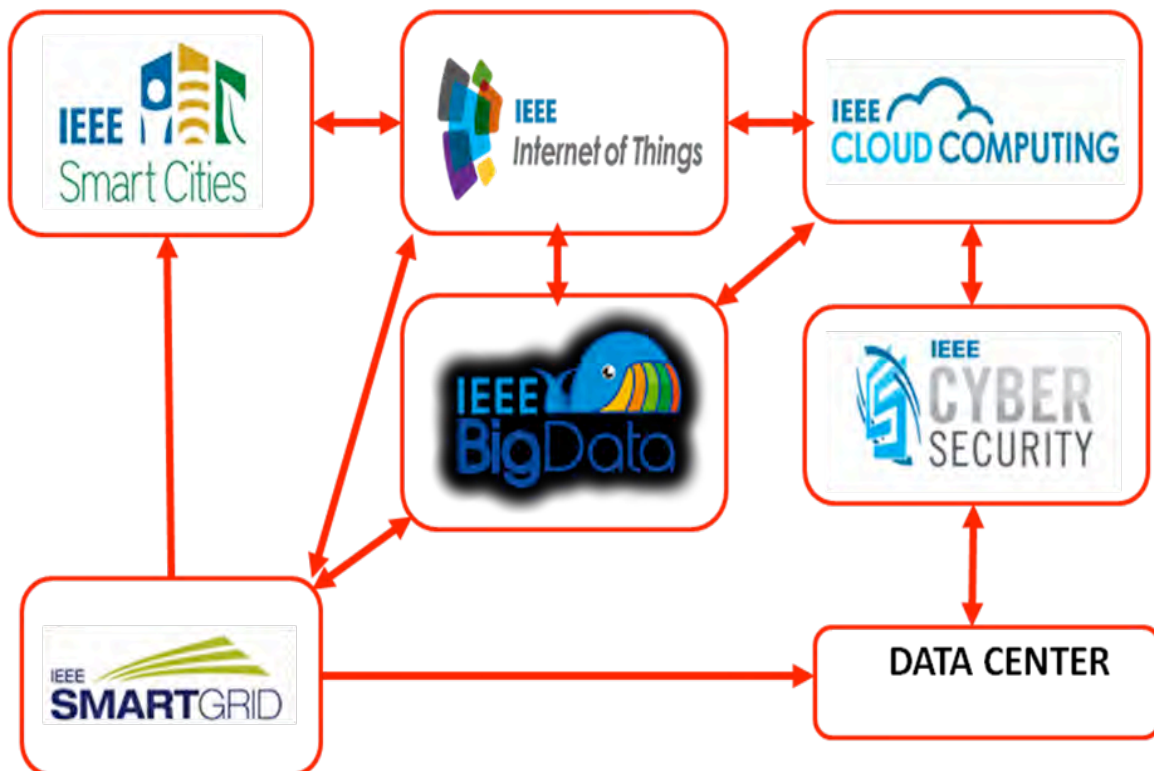


Fig. VI.1. Ecosistema tecnológico para la humanidad en el siglo XXI. Primera publicación en 2014

(Images used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

VI.1 La computación en la nube

La primera gran ola de la computación se originó desde que estuvieron disponibles las primeras computadoras comerciales del tipo mainframe en 1950 y durante el desarrollo de las midicomputadoras, minicomputadoras, estaciones de trabajo y hasta finales de la década de los 70.

La segunda gran ola de la computación se originó en la década de los años 80, con la llegada de las computadoras personales, cuando las redes de computadoras se hicieron masivas gracias a la miniaturización, el bajo costo de los circuitos integrados de alta escala de integración, los sistemas operativos y lenguajes de programación, los cuales eran más fáciles de manejar. En aquella época se popularizó la arquitectura “cliente-servidor”, en la que varias computadoras personales o estaciones de trabajo se conectaban a servidores, gracias a los módems, inventados en los 70 para usar las líneas telefónicas PSTN. La arquitectura cliente-servidor permitió compartir archivos, los cuales eran distribuidos desde servidores específicos, de modo que se mejoró el rendimiento de los equipos, concentrando la información y evitando así realizar copias que involucraran movimientos de archivos de un lugar a otro físicamente. Los servidores más populares de la época fueron los de correo electrónico y los de transferencias de archivos. En 1990 se popularizaron los servidores web, más tarde los exploradores o “browsers” como “explorer” o “chrome” que facilitan mucho la navegación en internet, la cual tuvo un crecimiento exponencial hasta que desapareció ARPANET y las redes que lo constituían se desintegraron.

En 1995 nació formalmente la **Internet** comercial y el mundo deseaba conectarse a ella; la gente compraba una computadora y compraba el software, el cual venía en discos y empaquetado en una caja. Por su parte las empresas tenían departamentos de informática o computación, compraban grandes cantidades de computadoras, software, garantías, servicio y soporte técnico; a esta se le llamó la tercera era de la informática. La Internet había experimentado un gran crecimiento, había servidores por todas partes, sin embargo, se desperdiciaba memoria de trabajo o RAM, procesador, disco duro, energía, etc.

La tercera gran ola de la computación prácticamente se gestó cuando ya se encontraba madura la “virtualización” de la memoria, procesadores, discos, servidores y con ello creció de manera exponencial el número de servidores virtualizados conectados a Internet, aproximadamente en 1999. Con la virtualización, se redujeron enormemente los tiempos muertos que tenían los recursos de las computadoras, se elevó la eficiencia en la transferencia de la información y en el consumo de energía. Con la virtualización de servidores varias aplicaciones de software podrían

emplear físicamente un mismo servidor o distintos servidores haciendo la ejecución de las aplicaciones web mucho más rápidas y eficientes [2, 3].

La cuarta gran ola de la computación, lo constituye la computación en la nube, la cual se da como una consecuencia lógica de la virtualización a gran escala, pero sobretodo por una tendencia mundial en la que todo ya se terciarizaba (outsourcing). En este siglo se hizo una práctica común que las empresas contratan de manera externa los servicios de limpieza, comida, servicios profesionales, internet, nómina, mantenimiento, autos, casas, bodegas, educación, entretenimiento, etc., “todo como un servicio” (*Everything As A Service*). Así las empresas de diferentes rubros que durante las décadas de los años 80 y 90 habían creado nuevos departamentos y posiciones para telecomunicaciones y computación, para la primera de cada de 2000 se fueron transformando, “modernizándose” en los citados rubros hacia la terciarización como en el resto de los servicios. La crisis económica para las empresas “punto com” del año 2002 aceleró el hecho de que la tendencia mundial de terciarizar alcanzara a la computación y las telecomunicaciones, con lo que se llegaba las TIC como un servicio. Como consecuencia de maximizar la eficiencia en el uso de servidores, se popularizaron los grandes centros de datos, verdaderos bunkers diseñados para albergar miles de servidores con “toda” la seguridad, para soportar de manera natural la computación en la nube. La figura VI.2 muestra una de las representaciones abstractas de la computación en la nube.



Fig. VI.2. Representación abstracta de “Computación en la nube” [3]

La figura VI.3 muestra un diagrama que incluye las 4 olas de la computación.

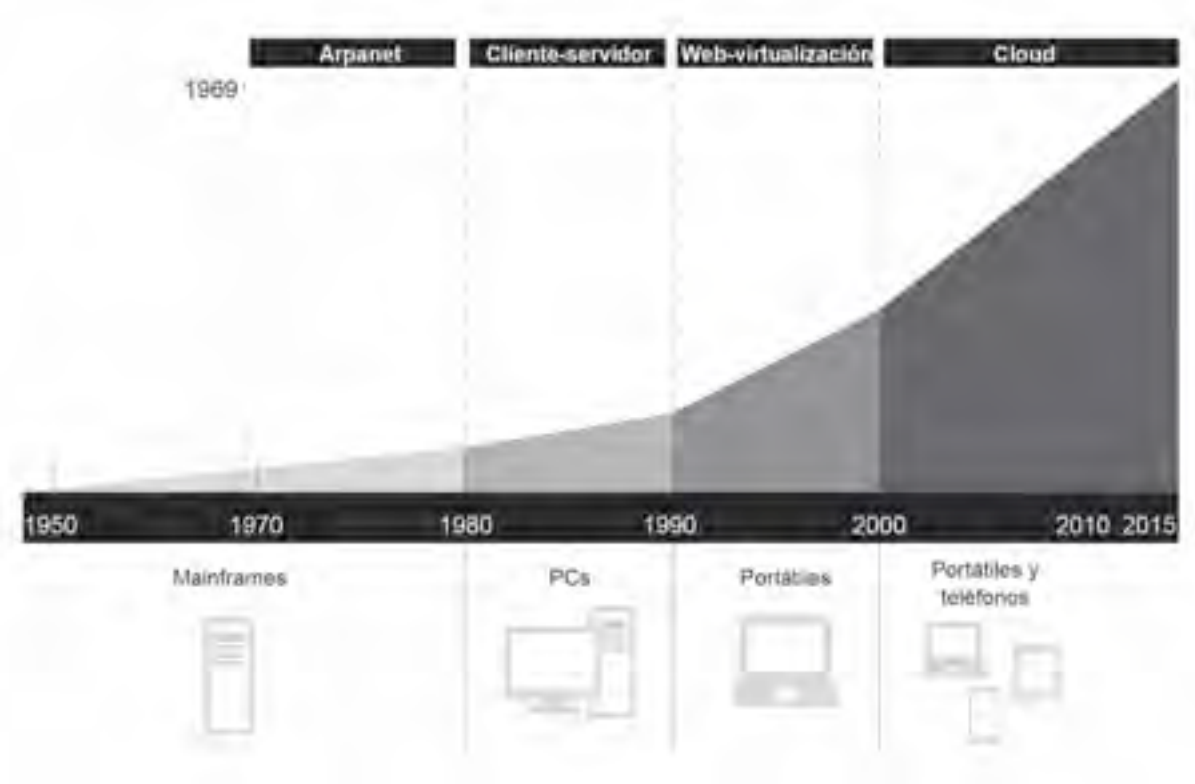


Fig. VI.3. Las 4 olas de la computación, una aproximación en el tiempo.

El Instituto Nacional de Normalización y Tecnología de EEUU (NIST) define computación en la nube como “un modelo de las tecnologías de la información que permite proveer servicios de computación bajo demanda y a bajo costo”. VMware, pionera de la virtualización y la computación en la nube, define computación en la nube como un enfoque de computación que libera servicios eficientemente bajo demanda, son autoadministrados y con infraestructura virtual.

Con la computación en la nube, tanto el *software* como el *hardware* se venden como un servicio, de modo que ya no es necesario comparar una licencia de software, basta con conectarse a internet, usar software y pagar sólo por el tiempo que se use. Por ejemplo, Google, así como otras compañías, provee el correo electrónico y varias aplicaciones de *software* como calendario, hojas de cálculo, traductores, etc. desde la nube, es decir, las aplicaciones corren en los servidores y no necesitan instalarse en la computadora del usuario.

La computación en la nube pretende ofrecer todos los servicios de computación bajo un determinado modelo de servicio, por ejemplo, el modelo software como un servicio (SaaS), provee las aplicaciones de software para usuarios finales, como correo electrónico (gmail), software ofimático (google docs), almacenamiento de archivos (drive, icloud, dropbox, skydrive), etc. vía

internet. Del mismo modo el modelo plataforma como un servicio (PaaS) provee las plataformas para el desarrollo de software como lenguajes de programación, sistemas operativos y sus bibliotecas vía internet para que no tengan que instalarse en la computadora cliente, va dirigido a desarrolladores de aplicaciones. El modelo infraestructura como un servicio (IaaS) provee la infraestructura física que permita a su vez soportar PaaS y SaaS como servidores físicos, redes, switches, routers y laboratorios de computadoras vía internet, este servicio es muy atractivo para las instituciones dado lo caro que resulta montar laboratorios por la acelerada obsolescencia de los equipos electrónicos, aunado a la consecuente generación de residuos a partir de “equipos eléctricos y electrónicos” (WEEE- Waste of Electrical And Electronic Equipments) [170].

La IaaS va dirigida a administradores de servidores redes y sistemas, en este caso el consumidor no administra o controla la infraestructura que lo soporta, pero tiene control sobre todos los sistemas operativos, almacenamiento y las aplicaciones.

Por su parte el NIST define a la IaaS “como la capacidad proveída a un consumidor de recursos de cómputo para procesar, almacenar información, proveer redes y otros recursos donde el consumidor es capaz de ejecutar software que incluye sistemas operativos y aplicaciones; el consumidor no tiene control sobre la infraestructura de la nube, pero si sobre el SO, las aplicaciones, el almacenamiento y algunos componentes de red como servidores y firewalls”.

Existen otros modelos de servicios de computación en la nube para servicios de las TIC, todos soportados por centros de datos. Algunas de las principales empresas que proveen los servicios de nubes IaaS son Amazon Web Services, VMware, Skytap, Bluelock.

Sin duda la virtualización es necesaria para la computación en la nube, ya que la virtualización es la que ofrece la computación elástica para proveer la escalabilidad, también es la que permite compartir recursos, el balanceo de cargas, la portabilidad y la alta disponibilidad. En el año 2009, la computación en la nube dio un salto histórico, muchas compañías públicas y privadas usan la nube, en alguna de sus tres modalidades ya sea usando nubes públicas o nubes privadas o híbridas. Ya en la actualidad varias instituciones y gobiernos usan alguna de las tres modalidades.

La nube permite que las instituciones de educación en todos los niveles y centros de investigación dejen de hacer grandes inversiones en equipos que pronto se hacen obsoletos, haciendo uso de software, plataformas o la infraestructura en su caso. Un ejemplo claro en la transformación de las bibliotecas se dio en universidades de los EEUU, principalmente en la universidad de la defensa de los EEUU, donde en lugar de proveer a los estudiantes de libros físicos, se les proveía desde la inscripción a sus cursos los lectores de libros *Kindle*, los cuales ya podrían

contener cientos de libros precargados o incluso conectarse a la nube para descargar otros en tiempo real. Cada estudiante de la citada universidad recibe un lector de libros electrónicos con todos los libros electrónicos indicados en los temarios, tanto los textos principales como los complementarios y sugeridos. Mediante el uso de los libros electrónicos, un estudiante no tiene necesidad de acudir a biblioteca alguna, esto también permite a las instituciones reducir sus inversiones en instalaciones de bibliotecas y permite otorgar un servicio mucho más dinámico, lo cual implica un ahorro de tiempo de transportación, energía y por ende contribuye a una menor contaminación por emisiones de carbono.

Una aplicación típica en la nube es el servicio de videoconferencia que ofrece Cisco mediante la aplicación *WebEx*, una pantalla sobre la aplicación se muestra en la figura VI.4. En la parte superior derecha se ubica el área de participantes.

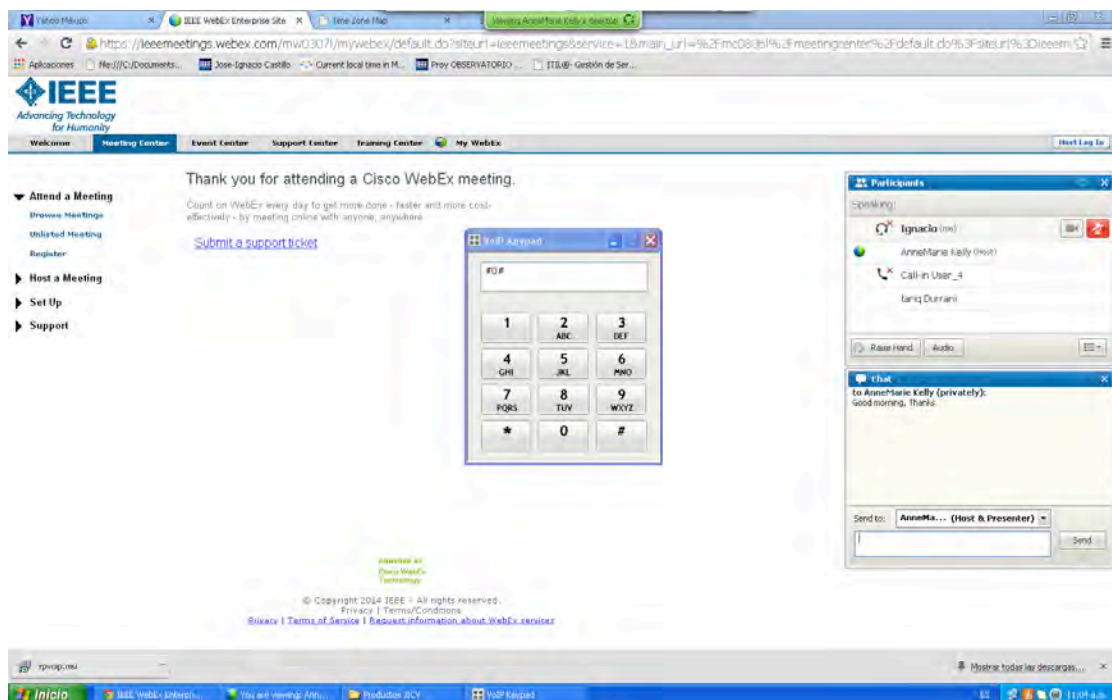


Fig. VI.4. Uso de Webex en una conferencia a distancia de IEEE.

Por otro lado, desde el nacimiento de las computadoras las interfaces comunes fueron las tarjetas perforadas, después las CLI facilitaron la popularidad de las computadoras, pero sobretudo las GUI que se popularizaron con los *browsers* que empleamos en la internet. Al final de la primera década de 2000, en la plena cuarta ola de la computación aparecen ya maduras las interfaces

naturales de usuario (*Natural User Interface*-NUI), misma que para el año 2014 se encuentran a punto de iniciar algo más que solamente una moda [171].

En México, algunas escuelas primarias, secundarias y preparatorias ya se emplean soluciones *Cloud* para no invertir en los tradicionales laboratorios de computación. Por su parte, algunas universidades ya usan sus sistemas de correo con Google en lugar de contar con su propia infraestructura. Por su parte el gobierno de México, en 2013, planeó contar con su propia nube privada, y para el caso de la modernización de CFE también se contempló una reestructuración mediante la migración de sus centros de datos hacia una nube privada. Una de las primeras aplicaciones de los servicios que proveía el gobierno de México vía computación en la nube fue para 2014, el servicio de pago de impuestos vía el SAT, la oficina de recaudación de impuestos, desafortunadamente el servicio fue bastante irregular, el gobierno prometió el reintegro del importe deducible en 5 días, en realidad el promedio fue de aproximadamente 31 días, sólo dentro del DF. Algo similar sucede con la mayoría de las compañías proveedoras de servicios “cloud”, la madurez todavía está por llegar.

“ESTE 2019 SE CUMPLEN 50 AÑOS DE LA CREACIÓN DE ARPANET, EL ANTECEDENTE DE LA INTERNET”

VI.1.1 La iniciativa IEEE Cloud Computing

Por su parte la iniciativa “IEEE Cloud Computing” impulsa el desarrollo de la computación en la nube a nivel mundial [172]. Evidentemente, aunque la computación en la nube presenta muchas ventajas reales y potenciales, también está siempre presente el gran inhibidor al crecimiento acelerado de la computación en la nube, la seguridad cibernética, todo un tema aparte, razón por la que en una posterior sección se abordará el tema de seguridad en la información [173]. Para mayor información visite su web site cloudcomputing.ieee.org



(Used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

VI.2 El internet de las cosas

Desde el nacimiento de las redes de datos, pasando por su estandarización para obtener la interoperabilidad hasta su uso generalizado se experimentó con redes de extensión pequeñas como las redes PAN (*Personal Area Network*), medianas como LAN (*Local Area Network*), grandes como MAN (*Metropolitan Area Network*) y grandes como WAN (*Wide Area network*). Si nos preguntamos qué tan pequeñas pueden ser esas redes, llegamos al año 2000, para poder contar con redes de computadoras integradas por computadoras de 1mm cúbico, cada una de ellas integrada por sensores, actuadores y medios de comunicación inalámbrica, conocidas como el polvo inteligente (*Smart Dust*). La miniaturización también se llevó a los satélites y en la misma década se lanzaron satélites de 1cm³. Si nos preguntamos qué tan grandes pueden ser esas redes, es claro que el mundo está interconectado por la Internet, pero desde 2010 se encuentra en desarrollo el internet interplanetario, primero se conectó a la Estación Espacial Internacional con la tierra, Marte está conectada con la tierra, aunque no como se concibe la interconexión comercial en la tierra, esa tarea debe completarse antes de colonizarla.

Pero qué estará conectado a internet, sencillamente todo. Todo objeto se conecta a internet y se llama el internet de las cosas, como una primera estimación de las compañías que hacen estimados de impacto tecnologico, se estimó que para el año 2020 se esperaba que más de 50 billones de objetos se encontrasen conectados a internet y una gran cantidad de compañías se encontraban mirando en esa dirección, el internet de las cosas [174]. Sin embargo, **la estimación mundial se reconsideró y se recalculó y reestimó, de acuerdo con Gartner en 2015 hay alrededor de 4.9 mil millones de cosas conectadas a internet y para 2020 se espera que haya 25 mil millones de estas**, por ello se insiste en que todas estas tecnologías indicadas en este capítulo están generando lo que llamamos la 4ta revolución industrial.

VI.2.1 La iniciativa IEEE Internet of things

IEEE cuenta con una iniciativa llamada “IEEE Internet of Things” [112]. Para mayor información visite su página web iot.ieee.org



(Used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

VI.3 Centros de datos

Los centros de datos (Data Centers) son la infraestructura que soporta la computación en la nube, los centros de datos son construcciones físicas que tienen las instalaciones adecuadas de energía eléctrica, enfriamiento, seguridad física y salas para servidores y telecomunicaciones que permiten contener toda la infraestructura de tecnologías de la información. Por lo general para contar con centros de datos se requiere de fuertes inversiones por lo cual o se tiene un centro de datos propio o se renta, en este caso los centros de datos del tipo “colo” o “colocation” son unos de los preferidos para la computación en la nube. Los centros de datos del tipo colocation son aquellos en los que el dueño del data center provee las instalaciones físicas, los sistemas de enfriamiento, seguridad física, energía eléctrica, telecomunicaciones, racks para servidores, y algunos servicios de administración, mientras que el cliente que renta parcialmente espacios en el centro de datos pone los servidores y los equipos para almacenamiento.

VI.3.1 CENTROS DE DATOS TIPO COLOCATION

Para 2019 se estiman cerca de 4,444 centros de datos del tipo “colocation” en 122 países, bajo una disposición aproximada a la mostrada en la figura VI.5.



Fig. VI.5. Mapa Google de los Centros de Datos del tipo “colo” en el mundo.

La distribución en América está liderada evidentemente por EEUU, el cual cuenta con 1,760 cuya densidad más alta está en California luego Texas y Nueva York. Por su parte Canadá cuenta

con 172, cuya alta densidad esta en Vancouver, Toronto y Montreal. En la figura VI.6 se muestran las distribuciones aproximadas de los centros de datos tipo colocation en EEUU y Canadá [176].



Fig. VI.6. Mapa Google de los Centros de Datos del tipo “colo” en EEUU y Canadá.

Por su parte España cuenta con 59 Centros de Datos ubicados principalmente en Madrid, Barcelona y Valencia, mientras que Portugal cuenta con 27 ubicados en Lisboa, Porto y Alentejo. Y para el caso de Latinoamérica se resume en la tabla VI.1.

País	Total	Ciudad de ubicación
Brasil	45	Sao Paolo (11), Rio de Janeiro (6)
México	12	DF (5), GDL(2), MTY=QRO (1)
Argentina	13	BA(8), Córdoba(1)
Costa Rica	7	San José (6), Alajuela (1)
Colombia	6	Bogotá (3), Medellín (2), Cali (1)
Chile	9	Santiago (4), Los Andes (2)
Uruguay	7	MTV (4), Maldonado (1)
Panamá	6	Panamá (3)
Bolivia	/	2
Venezuela	5	
Guatemala	/	1
Puerto Rico		

Tabla VI.1 Centros de datos tipo “Colo” en Latinoamérica

Por otro lado, Google puso en funcionamiento su primer centro de datos en Latinoamérica en Quilicura, Chile. Google cuenta con un total de 13 centros de datos en el mundo; en América en Carolina del Sur, Carolina del Norte, Iowa, Georgia, Oklahoma, Oregón y Chile; en Europa en Finlandia, Bélgica e Irlanda; en Asia en Hong King, Taiwán y Singapur (<http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations>).

Se estima que en el mundo existen aproximadamente 1,300 centros de datos, de los cuales aproximadamente el 7% de ellos se encuentra en Latinoamérica. Google, por ejemplo, cuenta con 13 centros de datos repartidos en América, Europa y Asia. Aun cuando los centros de datos de las grandes corporaciones pueden ser de miles de metros cuadrados, como el de T-Systems en Brasil de 4,000m², la mayoría de los centros de datos en el mundo son de alrededor de 80m². En México desde el año 2000 se crearon centros de datos para empresas como Triara-Telmex (3 en Apodaca, NL y Querétaro), KIO Networks (3 en Querétaro, Santa Fe DF), RedIT (4 en Santa Fe DF y el Edo. de México). Alestra (5 en Guadalajara-01, Monterrey-08 y Querétaro-13), Axtel (3), Digital Reality (Querétaro), 1 para Produval, por citar algunos.

VI.3.2 CERTIFICACIONES PARA LOS CENTROS DE DATOS

La construcción y la operación de los centros de datos se rigen por certificaciones, tales como UPTIME e ICREA. UPTIME se rige por 4 niveles, que van de “TIER I” a “TIER IV”, donde este último es el que presenta la máxima seguridad y disponibilidad. Por su parte ICREA tiene la norma **ICREA-STD-131-2019**, la cual cubre los métodos y procedimientos para el diseño y la construcción de las instalaciones que contienen los servidores y medios de almacenamiento, los sistemas de comunicaciones y la infraestructura asociada para operar un centro de datos. La norma de ICREA considera los aspectos eléctrico, de climatización, seguridad, las comunicaciones que debe considerar tanto el NOC (*Network Operation Center*) como el SOC (*Security Operations Center*) y la construcción física la que llama ámbito. ICREA en principio usaba 5 niveles para indicar el grado de redundancia con la que cuenta una infraestructura para proveer desde el 95% de disponibilidad en el nivel 1, conocido como el *Quality Assurance Datacenter* (QADC) hasta el nivel 5 para proveer una disponibilidad del 99.999%, el cual es conocido como *High Security, High Available World Class Quality Assurance* (HSHA-WCQA). Desde 2019, el nuevo estandar de ICREA ya incluye 6 niveles.

En el rubro de universidades, la Universidad Autónoma de Nuevo León es la única universidad en México cuyo centro de datos cuenta con una certificación ICREA Nivel 1 [177].

VI.3.3 CENTROS DE DATOS PARA APLICACIONES ESPECIALES

Entre los centros de datos para aplicaciones especiales podemos tener centros de datos para aplicaciones espaciales y para aplicaciones científicas específicas. En la figura VI.7 se muestra el centro de datos donde se reciben y tratan parcialmente datos del HAWC de la figura VI.8a y el GTM de la figura VI.8b. ubicados en Puebla México. El centro de datos se ubica a la misma altura que el HAWC es decir, a 4,100 metros sobre el nivel del mar (msnm), mientras que el GTM se encuentra a 4,600 metros sobre el nivel del mar.



Fig. VI.7. Site a 4,100 mts. usados por los proyectos HAWC y GTM (archivo del autor).



Fig. VI.8. (a) HAWC a 4,100 msnm.



(b) GTM a 4,600 msnm (archivo del autor).

VI.3.3 Redes programables

Con la Internet “osificación” (al permear el modelo OSI) mundial, el manejo de las infraestructuras de Internet se va haciendo día a día más compleja de modo que surgió la idea de la programación de redes con la finalidad de facilitar la evolución de internet. Bajo ese entendido las redes definidas por software (SDN-Software Defined Networks) constituyen un paradigma de red que permite desacoplar el hardware de las decisiones de control, con lo cual se pretende simplificar dramáticamente la administración de las redes. Es decir, así como los programadores han simplificado el almacenamiento y el desempeño de computación, lo hagan con las redes.

SDN pretende dejar la inteligencia de red lógicamente centralizada en los *controladores con base en software*, lo que se llama el *plano del control*, mientras que los *equipos de red* se convierten en reenviadores de paquetes, lo que se llama el *plano de los datos*, mismos que se pueden programar vía una interfaz [178]. Luego entonces esto se hace muy llamativo para los interesados en el tema tanto que se ha creado la *Open Network Foundation*, una organización dirigida por la industria que promueve la estandarización del protocolo *OpenFlow*, esto muy en la línea del *Open Software Foundation* [179]. Por su parte en el lado académico *Open Networking Research Center* se dirige exclusivamente a investigación [180]. Para desarrollar servicios y protocolos con base en SDN se han desarrollado varias herramientas entre las cuales están aquellas para emulación y simulación como “mininet” y “ns-3”. Por su parte en términos de aplicaciones SDN están aquellas para redes empresariales, para centros de datos, redes de accesos inalámbricos dentro del contexto de conectividad ubicua incluyendo las redes celulares y las WiFi, las redes ópticas (SDON-Software Defined Optical Network) y las redes para hogares y negocios pequeños.

Los servicios de la computación en la nube quedan soportados por data centers, todo dirigido hacia una alta eficiencia por el lado de la virtualización la eficiencia energética y la alta seguridad en las redes. Para los proveedores de servicios productos y los operadores de las redes, las redes definidas por software son una opción viable en términos de tecnología y de precio, sin embargo, todavía se deben enfrentar algunos retos en términos de desempeño, escalabilidad, seguridad e interoperabilidad [181]. Por el lado de la virtualización y los servicios cloud existe aplicaciones como FlowVisor y AutoSlice, los cuales crean recursos de red, de modo que esto alienta la creación de centros de datos en la nube (cloud data centers) para proveer la infraestructura como un servicio.

VI.4 Redes inteligentes de energía eléctrica

Nuestra sociedad se apoya en distinta medida en tecnología, pero toda ella se fundamenta en la energía eléctrica, sin embargo, existen fugas, pérdidas y robos de energía, de modo que para hacer más eficiente la operación de las redes de energía eléctrica, se dota a ellas de cierto grado de inteligencia. Las redes eléctricas inteligentes son las redes de energía eléctrica a las que se les ha integrado una red de telecomunicaciones con la finalidad de que los operadores puedan coleccionar y analizar información acerca de la generación transmisión, distribución y consumo de la energía eléctrica para realizar la conexión y desconexión pertinente que le permita a la red eléctrica operar de una manera eficiente. Alrededor del mundo se van colocando medidores inteligentes y también paneles solares que permitan cierta autonomía a la iluminación en carreteras, parques, jardines en las ciudades, las cuales tienen actualmente un nivel reducido de inteligencia, pero sobre las que poco a poco irá agregándose inteligencia en sus sistemas de control. La figura VI:9 muestra un caso típico en Bogotá Colombia, pero puede encontrarse prácticamente en todas las grandes ciudades del mundo.



Fig. VI.9. Instalaciones para aprovechar energía solar en Colombia.

La red eléctrica inteligente probablemente permita que se genere una red similar a la “internet” pero por su especificidad sería considerada una “ENERNET”[182].

Los sistemas que gobiernan a las subestaciones emplean sistemas SCADA (*Supervisor Control and Data Acquisition*), los cuales deben integrar protocolos y estándares que permitan la interoperabilidad entre los distintos equipos sensores y actuadores de diferentes fabricantes, para lo cual se han desarrollado estándares como los indicados en la tabla VI.2.

Estándar	Aplicación
IEC 61850	Sistemas y redes de comunicación (switches Ethernet en subestaciones) Para automatizar el suministro de energía eléctrica.
IEC 62351:	Seguridad en la comunicación de datos NERC-CIP.
IEC 61968	Interfaces de aplicación para la administración de la energía.
IEC 61400-25:	Comunicación y control para plantas de energía eólica.
IEC 1686	Seguridad para dispositivos electrónicos de interfaz en las subestaciones
IEEE 2030 IEEE 1901/ IEEE 1547	Para el almacenamiento y la distribución de la energía solar y eólica.

Tabla VI.2. Estándares empleados para redes eléctricas inteligentes

En México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE-1937) es la empresa paraestatal dominante que cuenta con alrededor de 51,000 MW (2007) para 36 millones de clientes con incrementos anuales de casi un millón. En México la política energética busca el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes, la meta es tener para 2025 una generación de energía con base en recursos fósiles máxima del 65% y el 35% con base en energía renovable. México ingresó al ámbito de las redes eléctricas inteligentes en 2007, cuando implementó los protocolos IEC 61850 y DNP3 (*Distributed Network Protocol* - protocolo de red distribuida) para sus sistemas SCADA del lado de las subestaciones, logrando con esto algunas subestaciones inteligentes. El protocolo IEC 61850 permite la interoperabilidad entre dispositivos Electrónicos Inteligentes IED (*Intelligent Electronic Devices*) de diferentes fabricantes.

Con la finalidad de implementar estrategias en *Smart Grid* se han realizado ya algunos programas piloto desde 2012, por parte del área de generación ha habido proyectos de modernización y por parte de transmisión la modernización se centra en las “unidades de medición de fasorial” (PMU - *Phasor Measurement Units*).

Por parte de distribución se han realizado básicamente 2 grandes proyectos para *Smart Grid* en medidores inteligentes, uno en la colonia Polanco de la ciudad de México donde se instalaron más de 26,000 medidores AMI y el otro proyecto se realizó en Acapulco, en el estado de Guerrero. La primera compra de medidores inteligentes de CFE se realizó en 2011, la siguiente fue en 2013.

En 2013 y 2014 los medidores CFE-IUSA se han implementado como medidores digitales en varias Ciudades de México, los cuales permiten que una tarjeta de prepago o “tarjeta inteligente” registre el consumo mensual (el cual se ha cobrado por décadas de manera bimestral) y con ello se permite la modalidad de pago programado mensual, de modo que la desconexión es automática en caso de falta de pago y la reconexión también es automática, sin embargo, este tipo de servicio no ha sido bien recibido [183, 184]. Sin embargo, el gobierno federal de México planeó en su PND (Plan Nacional de Desarrollo) de 2014, la inversión por 1 millón de nuevos medidores inteligentes AMI.

En Centro América la organización que coordina la interconexión regional de los 6 países que la conforman es el Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC), cuya extensión de líneas de transmisión es de aproximadamente 18,000 kilómetros. Por su parte Costa Rica cuenta con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) la empresa paraestatal dominante en el sector eléctrico, cuya capacidad instalada es de aproximadamente 2,700 MW cuya producción energética con base en energías renovables es del 69% (60% hidroeléctrica y 9% eólica). Costa Rica ingresó al *Smart Grid* desde 2010 y a la fecha presentan avances concretos en distribución, en términos de la implementación de medidores inteligentes.

Por su parte Guatemala cuenta con el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) como empresa paraestatal y el sector privado, juntos cuentan con una capacidad instalada de aproximadamente 2,200 MW (50% hidroeléctrica, 36 térmica, 11% biomasa y 3% geotérmica). Actualmente CFE de México le vende energía a Guatemala, directamente al INDE por más de 400 KW (vía 153 torres en 103 Km de líneas de transmisión).

En El Salvador la Superintendencia de Energía y Comunicaciones (SIGET) es la paraestatal que suministra la mayoría de la energía, pero la iniciativa privada participa en la generación y distribución, cuya capacidad instalada es de 1,400MW (47% térmica, 53% geotérmica e hidroeléctrica). El mayor riesgo al implementar *Smart Grid* está en dedicar muy poco a la planeación, de modo que emplear las TICS a las redes eléctricas sin verdadera inteligencia podría generar un monstruo con un punto único de fallo (PUF) [185].

Sin duda la máxima vulnerabilidad de las redes eléctricas inteligentes es la ciberseguridad, y desde 2010 hemos sido testigos de una guerra mundial en el ciberespacio, en particular con fuertes ataques a este tipo de infraestructuras críticas, muchas más de las que les gustarían a los gobiernos de más de 50 países afectados en aceptar.

VI.4 La iniciativa IEEE Smart Grid

Por su parte IEEE cuenta con la iniciativa “IEEE Smart Grid” desde 2009 [186]. Para mayor información visite su página web: smartgrid.ieee.org



(Used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

La iniciativa IEEE Smart Grid cuenta con la colaboración de 12 de las 39 sociedades de IEEE, algunas de ellas Computer Society, Communication Society y Power and Energy Society. Esto ya que la colaboración transdisciplinar y multidisciplinar es necesaria dada la complejidad del Smart Grid, básicamente por 2 factores, uno es la interdependencia entre la infraestructuras heterogéneas (diferentes fuentes energéticas con sus propias variables y dependencias) y el otro es lo distribuido donde se encuentran las funciones de monitoreo y control [187].

Aún cuando Smart Grid es de interés mundial, IEEE Smart Grid ha tomado el modelo conceptual del framework 3.0 de NIST Smart Grid, el cual consta de dominios o agentes participantes (generación, distribución, transmisión, proveedores de servicios, mercados, los usuarios y la operación) y de flujos tanto de energía eléctrica como de comunicación segura [188].

VI.5 Ciudades inteligentes

Cada día la población mundial en las ciudades aumenta de manera acelerada, por lo cual hay que resolver los problemas de infraestructura necesaria para proveer bienes y servicios para la alimentación, vivienda, salud, educación, transporte, energía, agua, recolección de residuos, seguridad, recreación, etc. Dado el rápido crecimiento poblacional y las crisis globales por los recursos, la idea de las ciudades que fuesen amables con el medio ambiente se hizo popular el término “ciudades sustentables”, para lo cual ha sido necesario un cambio de mentalidad en la manera como nos relacionamos con el planeta. En términos prácticos, ya que cada ciudad en el mundo tiene sus propios problemas e intereses, cada una decide cómo usar su capital financiero y humano, para atender uno o varios de los rubros mencionados con el apoyo de la tecnología, principalmente con base en las TIC. Lo que se busca con estas tecnologías es proveer distintos grados de inteligencia a la gestión de servicios e infraestructura de una ciudad, lo que permitiría llamar a una ciudad, ciudad inteligente.

Podemos definir a una ciudad como una gran máquina económica y social, la cual cuenta con muchos retos para mantenerse saludable.

Naciones Unidas estima que para 2030 más de 5,000 millones de personas vivirán en las ciudades y los problemas a las que se enfrentan actualmente las ciudades es diferente a los retos que enfrentaban hace 100, 50 o 10 años. Sin duda el mayor de los problemas en las ciudades es la distribución de la riqueza, hace 100 años, en 1914, Pareto midió la distribución de la riqueza en Italia y encontró que el 20 % de la población tenía el 80 % de la riqueza, esta es una relación llamada 20/80 con muchas aplicaciones principalmente en economía pero que alcanza casi todos campo de conocimiento.

Para 2014 se estimó que el 1% de la población tenía el 99% de la riqueza, una medición de mayo del mismo año indicó que el 0.18% de la población mundial tenía el 48%, esta ridícula proporción será sin duda el principal obstáculo para la democratización en el uso de las tecnologías, además de considerar que todavía a 2018 el 70 % de las emisiones de carbono se generan en las ciudades.

Es entonces que las ciudades deben readaptarse y reconstruirse o construirse nuevas ciudades con un enfoque y una visión holística que contemple todos los problemas urbanos; por ello

una ciudad inteligente busca que una ciudad fusione las tecnologías tradicionales con las TIC para usar de manera más eficiente todos los recursos de los que se alimenta para mantenerse como una ciudad viva; una “ciudad inteligente debe ser una ciudad económica social y ambientalmente sostenible”. Sin embargo, existen corrientes que son todavía más completas y que buscan generar lo que llama “ciencias de la ciudad”, en la que abarcan a las ciudades inteligentes que a su vez se basan en las TIC, pero también incluyen diseño urbano y aspectos sociológicos [189].

La idea de las ciudades inteligentes inició alrededor de 1995 con el proyecto VENUS [190]. Ahora hablamos de ciudades inteligentes con gran soltura y extrapolando las realidades podemos partir de lo micro a lo macro, podemos pensar en las cosas de internet en la que se añade cierta inteligencia las cosas con computadoras de 1mm cúbico o más pequeñas que en suma ayudarían a contar con objetos inteligentes, casas inteligentes, edificios inteligentes, ciudades inteligentes, países inteligentes, continentes inteligentes, planeta inteligente, planetas inteligentes; por lo pronto, la Internet interplanetaria debiera cubrir y conectar la Tierra, Luna y Marte vía internet, para que los futuros habitantes de Marte cuenten con internet antes de la llegada y colonización.

El modelo europeo

En 2007 en Europa se presentó un modelo de ciudades inteligentes y existían al menos 70 proyectos de ciudades inteligentes las cuales consideraban ciudades de tamaño medio aquellas entre 100,000 y 500,000 habitantes. El modelo europeo considera 6 características y 74 indicadores, de tal modo que la ciudad de Luxemburgo en Luxemburgo ocupó la posición número 1, y Ruse en Bulgaria, la posición número 70. Las 6 características que permiten definir el grado de avance que tiene una ciudad inteligente se indican en la tabla VI.3.

Economía inteligente	Gente inteligente	Vida inteligente
gobierno inteligente	Movilidad inteligente	Ambiente inteligente

Tabla VI.3. Propiedades de la información.

Para las ciudades inteligentes se busca que las TIC controlen sistemas de distribución de agua, energía eléctrica, transporte, seguridad, manejo de residuos, alumbrado público, salud, y educación, entre otros [191].

Algunos ejemplos de ciudades inteligentes que ya presentan excelentes avances son Masdar en los Emiratos Árabes Unidos, Barcelona en España, Songdo en Corea del Sur, Rio de Janeiro en Brasil; la mayoría de estos proyectos iniciaron en la primera década del siglo y deberían terminar en

la segunda, pero la crisis económica global ha forzado a que los proyectos se recalendaricen para la tercera década.

El giro de las empresas globales

Cabe resaltar que las empresas que tradicionalmente trabajaban en el área de telecomunicaciones como Cisco, Siemens e IBM, cuentan con sus programas de ciudades inteligentes que buscan la integración de una ciudad o parte de ella, y en particular Songdo es básicamente apoyada por Cisco, el sistema de transporte metropolitano de Nueva York en EEUU por Siemens y Rio de Janeiro por IBM [192-196]. Varias organizaciones empujan iniciativas relacionadas con las ciudades inteligentes, por su parte IEEE activó la Iniciativa “IEEE *Smart Cities*” desde 2013 [197].

Para el caso de los sistemas de seguridad y vigilancia, ya son muchas las ciudades que cuentan con sistemas de vigilancia por cámaras. Para este tipo de sistemas existen fuertes cuestionamientos por parte de grupos ONG, preocupados por el uso que se puede hacer de las imágenes, ya que, si es cierto que la policía puede usar las imágenes para combatir el crimen, pero un dictador podría usarlo para combatir a sus disidentes [198].

Cisco por ejemplo, desarrolló CISCO ASPIRE, un simulador de ciudades que utiliza datos reales, el cual permite a los inversionistas conocer cuales son las ciudades que estaran en pie en el futuro. Básicamente Cisco ASPIRE es un juego para el aprendizaje dentro del contexto de escenarios realísticos.

Los EUA: auge y caída de ciudades emblemáticas

Un caso emblemático de ciudad es Cleveland, Ohio, la cual en 1920 era la 5ta ciudad más grande de los EUA impulsada por el monopolio petrolero en EUA desde 1890, cuyo dueño fue John Davison Rockefeller, el emprendedor estadounidense por excelencia del siglo XIX, en pleno auge de la segunda revolución industrial. Sin embargo, con el tiempo la importancia de Cleveland fue cayendo, de manera dramática en las décadas de los 50 y de los 70 y 80, cuando el epicentro del emprendurismo se movió a Silicon Valley en California con la industria electrónica durante la tercera revolución industrial. En 2013 Cleveland se ubica en el lugar número 47 de las ciudades más grandes y dentro de las 10 ciudades más peligrosas de EUA.

Otro caso emblemático de ciudades que se desploman en EUA es Detroit, Michigan, ciudad donde se fundó la *Ford Motor Company* a principios del siglo XX, en 1903, inventando la producción en masa vía las líneas de producción, siendo en 1920 la cuarta ciudad más poblada de EUA. En 2013 la ciudad de Detroit se declaró en bancarrota y en los últimos años es la ciudad más

peligrosa de aquel país, y como estos ejemplos cualquier número en ciudades de todo el mundo en tan sólo casi 100 años.

México

En el caso de México, el ritmo de crecimiento es de 1 millón de habitantes por año, por lo que para los próximos 10 años se necesitarán al menos 10 nuevas ciudades, las cuales deben ser planeadas, además del crecimiento que tendrán las tradicionales grandes urbes. Quizá en lo que algunas ciudades de México se encuentran más avanzadas es en seguridad. Por ejemplo, la Ciudad de México cuenta con un Centro de atención a emergencias y protección Ciudadana de la Ciudad de México (CAEPCCM), el cual cuenta con 4 Centros de Comando y Control (C2) y un Centro de Comando Control Comunicaciones Cómputo (C5), desde tales centros se monitorean en 2019 más de 4,600 cámaras de vigilancia llamados Sistemas Tecnológicos de Video Vigilancia (STVV) [8,088 en 2014], las cuales cuentan a su vez con una cámara, bocinas y botón de activación; algunas de las cámaras las portan drones [199, 200].

En la ciudad de Puebla se cuenta con un Centro de Emergencias y Respuesta Inmediatas (CERI), en Guadalajara y Monterrey se tienen centros equivalentes para respuesta a emergencias [201]. Además, se usa conectividad a internet gratuita en el Zócalo de la Ciudad de Puebla, así como en el Zócalo y Alameda central de la Ciudad de México, por citar solo un par. En Tuxtla Gutiérrez Chiapas, entre 2009 y 2013 funcionó un programa llamado taxi vigilante, en el cual alrededor de 3,500 taxistas reportaban vía mensajes SMS y fotos, anomalías a un centro de gobierno vía teléfonos celulares cuyo servicio lo proveía la compañía Iusacell. Existen en otras ciudades esfuerzos aislados no coordinados que formalmente no constituyen ciudades inteligentes, pero que son una muestra de la necesidad de que una ciudad opere de una manera más eficiente [201, 202].



Fig. VI.10. “Smart conectivity” aplicada en Puebla México, así como en la mayoría de las ciudades con más de 1 millón de habitantes en el mundo desde el año 2015 [2, 3].

Uno de los más importantes objetivos de emplear simuladores de ciudades con modelos cada vez más cercanos a la realidad es el de evitar o predecir la caída de ciudades. Tradicionalmente la caída de los imperios se relacionaba directamente con las ciudades que les hicieron grandes.

En 2017, de los más de 9,000 vehículos híbridos y eléctricos vendidos, aproximadamente el 80% se distribuyó en 7 estados, en la Ciudad de México (44.6%), el Edo. de México (13.4%), Jalisco (7.2%), Nuevo León (6.1%), Michoacán (2.9%), Querétaro (2.6%) y Puebla (2.5%). Mientras que en 2015 se instalaron las primeras 4 estaciones de carga para autos eléctricos, para 2018 México ya contaba con alrededor de 900 estaciones de carga, mientras que existen más de 11,000 estaciones de gasolina, de acuerdo con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

Una de las preguntas recurrentes sobre ciudades inteligentes es, si en el mundo serán suficientes las leyes para poder implementar a las ciudades inteligentes de manera acelerada. En este punto cabe recordar que las leyes consideradas muy severas difícilmente se van a ejecutar, se trata pues de aspectos multifactoriales, aunque principalmente de índole económica.

Y por otro lado será interesante hacer un seguimiento de las empresas ensambladoras de autos en el mundo y la transición que les está gestando la llegada de la 4ta revolución industrial, por ejemplo, a 2019, la empresa Volkswagen de México ubicada en Puebla tiene 8,600 trabajadores. ¿Cómo se transformarán esos empleos?

Finalmente muestro en la tabla VI.4 las 12 ciudades inteligentes con mejor posicionamiento en 2018, las cuales tienen relación cultural con Latinoamérica, es decir, se incluyen España y Portugal. Ese mismo año, la ciudad de Nueva York, EUA, fue la indicada como la número uno mundial, mientras que Londres y París ocuparon las posiciones segunda y tercera.

Posición / Ciudad / País	
30 Barcelona, España	104 Oporto, Portugal
38 Madrid, España	118 Rio de Janeiro, Brasil
73 Ciudad de México	141 Medellin, Colombia
79 Sao Paolo, Brasil	147 Bilbao, España
82 Buenos Aires, Argentina	178 Bogota, Colombia
90 Lisboa, Portugal	195 Valencia, España

Tabla VI.4. Ciudades inteligentes en 2018 relacionadas con Latinoamérica.

En el laboratorio ADVNETLAB, tratamos de cultivar en específico una de las áreas de las SMART CITIES, la de SMART PEOPLE, la cual, pese a que es la que menos tecnología física requiere, es la más difícil de abordar, ya que depende de características propias de una sociedad y una cultura. El siglo XX fue conocido por los psicólogos como el siglo del individualismo, ahora toca revertir esa tendencia, la cual se convirtió en toda una cultura, para hacer que se gesten una cultura de colaboración y llevarla a su máxima expresión. Pese a que somos optimistas sabemos que llevará varios años esta gran tarea, para la cual la primera gran barrera por reducir es la del ego de cada participante en cada proyecto.

Estándares para ciudades inteligentes

Quizás los dos estándares más conocidos para ciudades inteligentes sean el ISO/TS 37151 – Smart City Performance y el ISO 37120 City indicators.

Es interesante recordar cómo la historia de la humanidad se repite en ciclos que parecen interminables, alianzas, pactos, llenas de simbolismo, refrendados cada determinado tiempo, vistos como nuevos pactos, nuevas alianzas, las cuales buscan idealmente ser eternas.

VI.5 La iniciativa IEEE Smart Cities

Por su parte IEEE cuenta con la iniciativa “IEEE Smart Cities” desde 2014. El autor forma parte del comité evaluador. Para mayor información visite su página web: smartcities.ieee.org [197].



(Used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

VI. 6 Seguridad cibernética

Toda nuestra sociedad actual se apoya en distinta medida en tecnología, dependiendo del país del que se trate, y ésta a su vez en la internet, desde las relaciones humanas y laborales vía las redes sociales, pasando por los servicios de salud, de educación, financieros, gubernamentales, de transporte, de seguridad en todos sus ámbitos, las redes de energía eléctricas inteligentes y las ciudades inteligentes, incluyendo las guerras, por eso, la seguridad de la información y el ciberespacio son los temas más delicados para toda institución o empresa pública y privada. Alrededor del mundo se generan sistemas que permiten gestionar la información y otros que se ocupan de la seguridad de la información, por lo que se trabaja en generar estándares internacionales. Y bien demos una mirada hacia el origen y evolución de lo que nació llamándose seguridad de la información, y que al crecer en el ámbito de internet ahora llamamos seguridad cibernética.

VI.6.1 Antecedentes

Si bien recordamos la carrera de las primeras computadoras comerciales de propósito general inició en 1950 en Alemania. En la década de los 60 se hicieron muy populares las *mainframes* y posteriormente nacieron las primeras redes de computadoras en EEUU y el Reino Unido. Para 1965 las computadoras de la tercera generación, aquéllas hechas completamente con circuitos integrados, eran ya muy populares, así como en cierta medida la compatibilidad del software. En 1968 con el desarrollo de varios programas, incluyendo el espacial de EEUU, los proyectos de desarrollo de software ya mostraban un patrón, no se entregaban en tiempo y forma, y estaban fuera de presupuesto, por lo que se acuñó el término "crisis del software", la cual incluía ya problemas en la seguridad de la información. Para 1969 nació formalmente ARPANET y en 1971 se creó "creeper", un programa informático que se copiaba y propagaba dentro de las mainframes de ARPANET, particularmente ejecutándose en equipos DEC-PDP-10; sin embargo, fue hasta la década de los 80 que se acuñó el término "virus informático", cuando las computadoras personales se usaron masivamente [204, 205].

Dada la complejidad de los sistemas informáticos, para 1984 el gobierno del Reino Unido creó un modelo de mejores prácticas para la gestión de la información: ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) y dada su calidad, la empresa HP la adoptó en la década de los 90, ayudando a su vez a que ITIL se hiciera popular por su énfasis en las mejores prácticas. En esa misma década se hizo popular el término “seguridad informática” [204].

VI.6.2 Propiedades de la información

Para el año 1995, el tema de la seguridad de software cobró gran importancia, ya que los EEUU liberaron el control de internet y para 1997 *Charles Plefeer* generó una clasificación de las propiedades de la seguridad de la información, en la que indicó que éstas son: confidencialidad, integridad y disponibilidad (CID).

En 2001 Peltier definió a la seguridad como “el uso de controles de acceso a los datos físicos y lógicos para asegurar el uso apropiado de datos y prohibir la modificación, destrucción, pérdida o accesos no autorizado a los archivos o registros manuales o automáticos de maneras no autorizadas o accidentales, así como la pérdida o daño o uso incorrecto de la información”, esta es una definición muy general, pero desgraciadamente una definición circular. Así pues el “estado científico del momento”.

En 2003 Matt Bishop publica su libro *Computer Security; Art & Science*, en la que provee una de las definiciones más formales de seguridad informática como “una colección de atributos que capturan muchas dimensiones de seguridad, por lo que para medir la seguridad se deben usar varias métricas, que contemplen metas, audiencias y propósitos”; de esta manera toda medición tiene dos propósitos: la evaluación y la predicción, ambas necesitan modelos y estándares.

En 2006 Flavian y Guinal definieron a la seguridad como “la garantía técnica para el cumplimiento de los requerimientos legales y las mejores prácticas”, dando un giro muy al estilo de las normas ISO y otros estándares internacionales, dejando listo el terreno de estándares más globales para generar definiciones y prácticas más adecuadas con los retos que se presentarían en años posteriores. La tabla VI.5 muestra algunas propiedades básicas y extendidas de la seguridad de la información y las vías con las que se asegura su cumplimiento.

Propiedades	Vías (el cómo)
1. La confidencialidad impide la divulgación de información a personas o sistemas no autorizados. <i>Sólo personal autorizado accede a la información.</i>	El cifrado de los datos durante una transferencia electrónica. La NSA viola la confidencialidad con las puertas traseras de los estándares de cifrados.
2. La integridad busca mantener los datos libres de modificaciones no autorizadas. La integridad de la información se asegura <i>solo si el personal autorizado modifica la información.</i>	Vía la firma digital durante la transferencias electrónicas.
La autenticación se da si el usuario es quien dice ser, es decir no existe suplantación de identidad.	Claves y métodos de ingreso a un sistema
No repudio: [ISO-7498-2] Quien envía no puede decir “yo no lo envíe” y quien recibe no puede decir “yo no lo recibí”.	Enviando notificaciones de envío y recepción tanto para quien envía como para quien recibe. Ej. servicio SMS
3. La disponibilidad es la característica, cualidad o condición de la información de encontrarse a disposición de quienes deben acceder a ella, ya sean personas, procesos o aplicaciones. La disponibilidad se asegura cuando <i>el personal autorizado dispone de la información en cualquier momento.</i>	Alta disponibilidad, vía SLA y que no exista denegación del servicio.

Tabla VI.5. Propiedades de la información.

VI.6.3 Administración de la seguridad informática

Con base en las necesidades de empresas públicas y privadas se generaron estándares relacionados con la administración de los servicios de la tecnología de la información, como ISO/IEC 20000 o ITIL (Information Technology Infrastructure Library), en las que se plantean las mejores prácticas para la administración de servicios de las tecnologías de la información (TI) mediante el alineamiento de los servicios de TI a las necesidades del negocio.

ITIL nació en 1984 desde el gobierno del Reino Unido y dada su calidad, la empresa HP la adopta en la década de los 90, ayudando a su vez a que ITIL se hiciera popular por sus énfasis en las

mejores prácticas, incluso en su versión de 2007. La versión de ITIL para 2011 agregó características de *cloud computing* y la parte medular de gestión de servicios de TI quedó como una buena base del estándar ISO 20000 [206].

En 2005 se creó la familia de estándares ISO/IEC 27000 para los sistemas de gestión de la seguridad de la información. ISO/IEC 27000 se compone de varios estándares, entre ellos el 27000, el cual provee la introducción y generalidades en similitud al ISO 9000; el 27001 indica los requerimientos para un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI), el 27002 como un código de prácticas para los SGS. Por su parte el 27011 (2008) es una guía para la implementación de SGSI para telecomunicaciones, el 27033 sobre la seguridad en redes y particularmente el 27032 (2010) trata sobre la seguridad cibernética. Tanto ISO/IEC 20000 como ITIL e ISO/IEC 27000 cuentan con especificaciones, mejores prácticas y aspectos de implementación.

En 2018 se liberó la versión ISO/IEC 20000-1:2018 (Information Technology - Service Mangement) como la parte 1, indicada como “los requerimientos de sistema para la gestión de servicios”.

VI.6.4 Seguridad y espacio cibernéticos

El término *seguridad cibernética* nació de la ficción científica en la década de los 1980 y se popularizó a principios de los 2000, mientras que *cibernética* es un término acuñado por Norbert Wiener en la década de los años 40 para dar cabida a las “teorías de control” dentro de un marco de estudios más generales e interdisciplinarios llamado la “teoría general de sistemas”.

A. ITU-2008

En 2008 la Unión Internacional de Telecomunicaciones de la ONU generó el estándar ITU-T X.1205, como “Redes de datos para la comunicación de sistemas abiertos y la seguridad de las telecomunicaciones”. En el estándar ITU-TX.1205 se define a la *seguridad cibernética* como “un conjunto de herramientas, políticas, conceptos de seguridad, salvaguardas de seguridad, guías, la administración del riesgo, las acciones, mejores prácticas y tecnologías que se puedan usar para proteger los bienes de una organización y el uso del ciber espacio” [207]. Esta fue la primera vez que de manera formal se consideraron los términos “seguridad cibernética” y “espacio cibernético”.

B. ISO/IEC 27032-2010

En 2010 el estándar ISO/IEC 27032 incluyó una guía general para la *seguridad cibernética*, tanto para los proveedores de servicios de comunicaciones, como para los usuarios de internet con

tal de que se reduzca el *spam*, los ataques de virus y las malas prácticas. La norma define *seguridad cibernética* como “la preservación de la confidencialidad, integridad y la disponibilidad (CID) de la información en el espacio cibernético”; razón por la cual también definió *espacio cibernético* como “el ambiente complejo resultante de la interacción de la gente, el software y los servicios de internet, soportado por equipos tecnológicos y redes interconectadas, las cuales no existen en forma física”. El estándar también definió 4 tipos de amenazas al *espacio cibernético*: las amenazas a los bienes de las personas, a los bienes de las organizaciones, a los bienes virtuales y a las infraestructuras [208]. Este estándar que se encuentra en desarrollo, lo realiza el grupo de trabajo JTC 1/SC27, donde participan 47 países, 18 de los cuales tienen la categoría de observadores, México entre ellos. El JTC 1/SC27 se divide en 5 grupos de trabajo: el WG1 se enfoca en los Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información (ISMS-Information Security Management System); el WG2 en los mecanismos de seguridad y criptografía; el WG3 en los criterios para la evaluación de la seguridad; el WG4 en los servicios y controles de seguridad y el WG5 identifica las tecnologías de gestión y privacidad. A manera de resumen, la figura VI.11 muestra una línea de tiempo que incluye 12 hitos de la seguridad de la información, también se puede observar la transformación desde la seguridad informática hasta la seguridad cibernética.

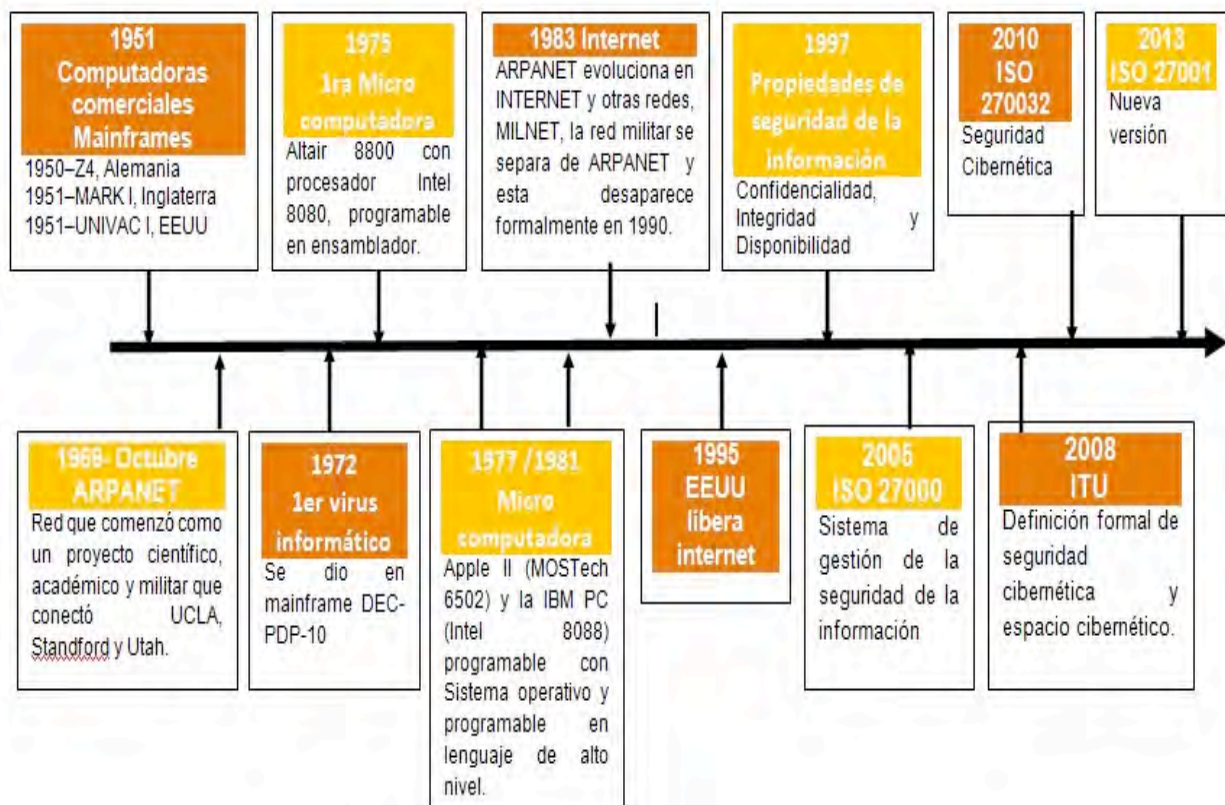


Fig. VI.11 Hitos de la seguridad de la información.

C. Gobierno de EEUU-2010

Desde el año 2010 la seguridad cibernética y el espacio cibernético han ido refinando sus definiciones, incluso el gobierno de los EEUU cuenta con sus propias definiciones. Para el 6 de diciembre de 2011 el gobierno de los EEUU generó el *Trustworthy cyberspace: strategic plan for the federal cyber security research and development program*, documento en el que se imprime su propia definición de *espacio cibernético* y lo que el gobierno de EEUU considera necesario para mantenerlo a salvo, así como las acciones a emprender. Veamos pues la definición de seguridad cibernética del gobierno de los EEUU de diciembre de 2011 y sus áreas de acción generales:

A) *Espacio cibernético: Es la infraestructura de la información interconectada globalmente, incluyendo internet, las redes de telecomunicaciones, los sistemas de computadoras y los sistema de control industrial. Entonces se destaca que: "para mantener el orden público y el bienestar de la humanidad, el espacio cibernético debe ser protegido del malware, por lo cual el gobierno de los EEUU es responsable de encarar las vulnerabilidades estratégicas del espacio cibernético, para proteger a la nación y asegurar que sus ciudadanos puedan liberar todo el potencial que se da con la revolución de las tecnologías de la información".*

B) *Las áreas de acción son las redes de energía, los servicios de salud, los servicios financieros, la defensa nacional y educación en seguridad cibernética, el transporte y la identidad cibernética.*

En 2012 los EUA lideraron una amplia discusión sobre si es pertinente ejercer un control mucho más severo sobre internet [209].

VI.6.5 Ataques al espacio cibernético

En casi todo país, las instituciones públicas y privadas, gubernamentales o no, han sido atacadas por algún tipo de grupo inconforme, quizá el más conocido es el ataque del tipo "Denegación de Servicio del tipo Distribuido (DDoS-Distributed Denial of Service) realizado por "Anonymous". En México desde 2010 la caída de las páginas del gobierno se va haciendo costumbre vía este tipo de ataques, particularmente en el mes septiembre, por ejemplo, el ataque DDoS del 15 de septiembre de 2011 y duró al menos hasta el 20 de septiembre como se indica en la figura VI.12. Sin embargo, este tipo de ataques no tienen un impacto real sobre algún tipo de infraestructura.

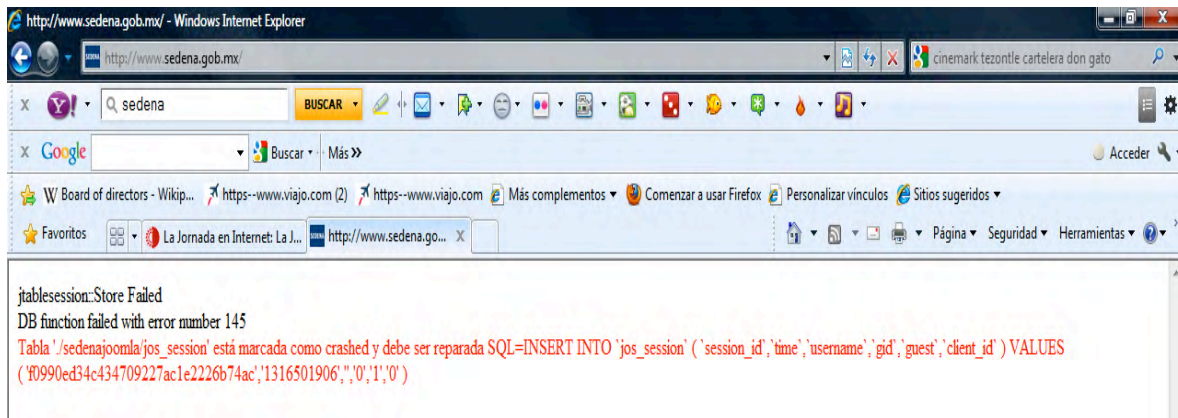


Fig. VI.12 . Caída de una página debido a un DDoS.

Ya que lo que nos interesa es mostrar cómo se encuentra el estado de los ataques cibernéticos sobre las infraestructuras críticas nos centraremos en el caso de EUA, sin ser exhaustivos. Un problema mundial es pues el ataque cibernético o "ciber" ataques, que al menos desde el año 2011 llegaron a un punto crítico, año en el que se reconocieron ataques que lograron penetrar a 72 organizaciones alrededor del mundo, incluyendo los ataques a las infraestructuras críticas. Entre las organizaciones atacadas están la ONU, el FMI, y particularmente en EUA, el Senado, la CIA, el Departamento de la Defensa (DoD) y el Departamento de Seguridad Nacional (DHS). En este punto cabe destacar 2 aspectos que preocupan al gobierno de los EUA, y que deberían preocupar a cualesquier gobierno: uno es la vulnerabilidad de las redes de comunicaciones y el otro es el riesgo de ataque a las infraestructuras críticas. La red es vulnerable ya que el DoD cuenta con más de 15,000 redes y más de 7 millones de equipos conectados a éstas y todas están

conectadas a la internet; y el riesgo de ataque a sus infraestructuras críticas es que el 100% de éstas se encuentran conectadas a la internet, más aún, aproximadamente el 85% se encuentran controladas por empresas privadas y el 15% por el estado. También en 2011, el DoD estimaba que se requerirían de 250,000 expertos en seguridad cibernética desde ese momento y hasta el 2015, el problema es que urgen expertos y no hay todavía una masa crítica de ellos, lo cual representa un verdadero "Washington we have a problem"; "Where are the experts now?". Como parte de la estrategia para cubrir el requerimiento, la Universidad de la Defensa Nacional, en sus diferentes campus, el MIT Lincon Lab y la Universidad de West Virginia, entre otros, apoyarían con la preparación de futuros egresados para nutrir la CIA, el DOD y DHS, sin embargo, el senado todavía no había aprobado las inversiones requeridas incluso hasta el tercer cuarto de 2012. La gente capacitada iría a incrementar las filas de los más de 1000 expertos en seguridad para la División de Seguridad Cibernética (NCSD-National Cyber Security Division) de la DHS creada en 2003, y para cubrir las necesidades de las Divisiones de seguridad cibernética del DoD, NSA (National Security Agency) y la CIA. El DHS usa al US-CERT (Computer Emergency Readiness Team) para coordinar el Sistema de protección de seguridad cibernética nacional (NCPS-National Cybersecurity Protection System). Para octubre de 2011 se presentó en EEUU una iniciativa de antipiratería, particularmente el acta o ley del cese a la piratería en línea (SOPA-Stop Online Anti Piracy Act), la cual se encuentra en estado de espera. Antes de que se discutieran los últimos avances de SOPA, incluso sin haberse aprobado, el 19 de enero de 2012, el gobierno de los EEUU confiscó los bienes de Megaupload y en el lugar de su página web (www.megaupload.com) aparece el anuncio del gobierno de EEUU, mostrado en la figura VI.13. Megaupload ofrecía películas piratas, por la que generaron ganancias superiores a los mil millones de dólares.



Fig. VI.13. Estado de la página web de “megaupload” desde 19 enero de 2012

VI.6.6 Ataques cibernéticos a las infraestructuras críticas

A finales del siglo XX, cuando algunas corporaciones llegaron a ser tan poderosas como las naciones-estado nacieron las guerras de cuarta generación, es decir, aquellas en las que “casi todo se vale”, y en las que los estados-nación habían perdido el monopolio de aplicarlas. Dado su éxito y el éxito de las TICS con la liberación de la internet comercial, y los avances en “todos” los campos del conocimiento, se evolucionó a las guerras de quinta generación de manera declarada en el siglo XXI, como parte de una descarada aplicación combinada en escalada de una especie de “Neomedievo 2.0” y “Neocolonización 2.0”.

Finalmente, las guerras de sexta generación contemplan la evolución de la anterior, al incluir la inteligencia artificial y las fuerzas militares espaciales lo cual dará como uno de los resultados más directos, en que la mayoría de los estados-nación quedarán como meras figuras decorativas. Los ataques cibernéticos son sólo uno de los varios recursos empleados para estas guerras de quinta generación, en las cuales nunca se usa una única herramienta. En todo momento el lector puede recurrir a las tabla de evolución del PIB del capítulo 3 para observar los interesantes patrones emergentes.

2010 - Las ciberarmas a escena

El mundo ha sido y es testigo de las diferencias milenarias entre el Oriente y Occidente, pero particularmente con Medio Oriente. Para junio de 2010 se detectó un ataque cibernético de Israel y EUA hacia Irán, particularmente sobre una granja de centrifugadoras para generar uranio enriquecido; se calcula que se dañaron al 33% de las centrifugadoras en Natanz, Irán, lo cual aplazó el programa nuclear de Irán. Este ataque cibernético no tuvo precedentes, la *ciber arma Stuxnet no atacó a la información sino a la infraestructura*. Este hecho pone en alerta a todos los responsables de infraestructuras y se pone de moda nuevamente el sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) más que nunca, tratando de combinar con sistemas de bastionado al puro estilo medieval. En este punto la informática forense en internet se hace muy interesante, al analizar el malware, las vulnerabilidades de los sistemas operativos y en particular los procesadores PLC MC7 de Siemens con los que contaban los controladores de las centrifugadoras atacadas. En términos generales **Stuxnet** buscó los controladores industriales de siemens números 315 y 417, introdujo un código de ataque vía los drivers de IRQ, tomó el control como si fuera el código original y ejecutó su propio código vía las interfaces de entrada y salida.

Para noviembre de 2010 se detectó un ataque sobre EEUU, alguien le atacó con DDoS siendo éste el más largo y grande ataque, que duró 7 días y 20 hrs, se reporta que fue detectado y rechazado.

Para abril de 2011, Israel liberó a la ciber arma Duqu, la evolución de Stuxnet, su objetivo fueron las instalaciones militares de Alghadir Bidganeh en Irán; el principal daño fue la explosión de un misil Sejil-2 durante las pruebas, matando a científicos, ingenieros y militares de alto rango, 16 en total.

Para noviembre de 2011 con una arma cibernética atacó afectó las bombas de agua en las plantas de Springfield, Massachusetts, EUA, las cuales fueron encendidas y apagadas constantemente hasta que se dañaron; la dirección IP desde la cual se recibió el ataque fue de Rusia, pero no se pudo determinar con precisión el origen ni a sus responsables.

Como respuesta ante el mayor ataque cibernético hacia los EUA, para el 6 de diciembre de 2011, el gobierno de los EUA generó un documento en el que, sin esperar la definición mejorada de ciberespacio ni ciberseguridad, de manera unilateral, los EUA redefinieron estos conceptos para poder defenderse y oficializar su papel ya no sólo como policía del mundo físico sino también del ciberespacio, como se ha indicado en un apartado anterior.

A manera de resumen, la tabla VI.6 muestra qué es y qué no es un arma cibernética; en ese contexto una guerra cibernética es diferente de una guerra convencional ya que no tiene fronteras.

Las ciber armas son	Las ciber armas NO son
Armas para destruir o afectar objetivos físicos militares o industriales estratégicos	Armas de espionaje industrial
Armas que actúan sobre controladores para los cuales no existen antivirus.	Dedicadas a robar o borrar información

Tabla VI.6. Qué son y qué no son las armas cibernéticas

Las ciber armas conocidas hasta hoy son 5: Stuxnet, Duqu, Flame, Gauss y Mahdi, de ellas las 4 primeras pertenecen a la misma familia. La primer ciber arma fue Stuxnet, Duqu fue una versión mejorada y todavía más Flame, la cual se autodestruye para intentar no ser detectada. De acuerdo con los informers de ENISA (European Network Information Security Agency) EEUU a través de la CIA y la NSA en colaboración con Israel crearon Flame para atacar infraestructura militar de Irán, quien lo detectó en mayo de 2012. Finalmente se presenta en la tabla VI.5 las armas cibernéticas conocidas hasta el momento [209].

Armas cibernéticas	Algunos datos
Stuxnet (creada entre 2008-2009)	Descubierta en junio de 2010, pero se presumen ataques desde 2009. Atacó a Irán, sobre sistemas operativos de los PLC de Siemens.
Duqu (creada entre 2007-2011)	Descubierta en 2011. Atacó a Irán y Sudán en 2011
Flame (creada entre 2006-2011)	Descubierta en mayo de 2012. Los ataques se registraron en 7 países en 2012, sobre el sistema operativo Windows
Mahdi	Ataques en 2012, en medio oriente, EEUU y Reino Unido.
Gauss	Ataques en 2012

Tabla VI.7. Armas cibernéticas y datos generales

La tabla VI.7 sólo muestra algunos datos sobre los primeros ataques, pero cada gusano a la fecha ha atacado a cada caso a más de 10 países cada uno. Alrededor de este tema los medios como siempre sucede dan espacio para muchas especulaciones, por lo que se debe ser cuidadosos con las fuentes de información.

Los ataques cibernéticos en los aeropuertos son un ejemplo típico de la actividad en el ciberespacio, tan solo en 2011, el aeropuerto de Los Ángeles en EEUU recibió 2.9 millones de intentos de ataque, los cuales fueron bloqueados, sin embargo, algunos más no pudieron bloquearlos, incluyendo a los sistemas SCADA del aeropuerto. Por su parte el secretario de la defensa de EEUU consideraba el peligro de los ataques cibernéticos a los aeropuertos de su país haciendo analogías con los ataques a Pearl Harbor, pero también mostró su preocupación por los sistemas financieros, de servicios de gobierno, seguridad y sistemas de energía [210]. Existen varias aplicaciones de distintas compañías que muestran monitores de ataques cibernéticos en el mundo tanto para redes móviles como para redes de datos, incluyendo el caso de la denegación de servicio en servidores, actualmente nos encontramos en el rango de millones por día [211-213]. En México la empresa parcialmente paraestatal PEMEX (con 6 refinerías en México y una en EUA) es la que recibe más ataques cibernéticos, aproximadamente 600,000 por día o 7.2 millones por año, de acuerdo con el libro blanco de transformación digital en PEMEX y las empresas productivas 2012-2018. Y así como en 2010 Stuxnet atacó a infraestructuras de Irán, directamente en sus sistemas SCADA y particularmente sobre equipos de la compañía alemana SIEMENS, lo cual fue confirmado años después.

En 2014 en el mes de junio DHS de los EUA fue vulnerado en su propio programa US CERT, en su propio sistema de supercomputadoras EINSTEIN NCPS, el cual había sido vulnerado en 2003, 2008 y 2010 [214-215].

En marzo de 2019 se sospecha que el sistema SCADA AC-800-M de la compañía sueco-suiza ABB instalada por su subsidiaria canadiense en Venezuela fue atacada, aunque no sólo mediante un ciberataque, este como uno de los más recientes y publicitados [216].

VI.6.7 La criptografía: una historia sin fin

Uno de los organismos más avanzados es el NICT (*National Institute for Information and Communications Technology*) de Japón, el cual ha desarrollado varios sistemas de alerta de ataques cibernéticos: Uno de los más exitosos es el sistema NICT Daedalus, inspirado en la historia griega de Dédalo quien creó el famoso laberinto, quien también pudo escapar de éste. Incluso más recientemente se creó el sistema Darknet Observation System, el cual es la evolución del NICT DAEDALUS, este es un sistema de visualización tridimensional en tiempo real. La figura VI.14 presenta una pantalla demostrativa del sistema, cuyos elementos son: una gran esfera azul que equivale a internet, las pequeñas esferas representan a las redes monitoreadas y los tenues hilos que equivalen a las direcciones IP. El sistema completo vigila más de 190,000 direcciones IP donde se monitorean posibles ataques cibernéticos, indicados a la distancia en rojo.

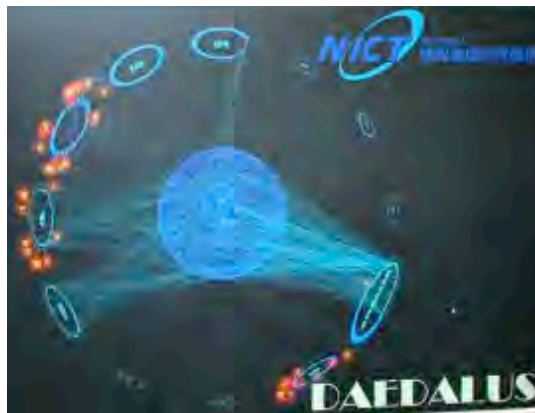


Fig. VI.14. Pantalla demostrativa del sistema Darknet Observation System-Daedalus

Cada red vigilada presenta la forma de un disco, cuya porción azul representa todas las direcciones IP monitoreadas usadas en la red y la porción oscura del disco las direcciones IP disponibles. En cuanto a su operación básica, se puede detectar a un virus cuando inicia su ataque a una red, entonces activa las alertas y muestra la IP fuente, así como los protocolos que se están

utilizando. La figura VI.15 muestra a la red "50", la cual presenta varios ataques, mismos que evidentemente se presentan dentro de su área azul donde se tienen las direcciones IP asignadas



Fig. VI.15. Pantalla demostrativa de la red 50 dentro del sistema Darknet Observation System-Daedalous que muestra los ataques en amarillo.

VI.6.8 La seguridad física y la seguridad cibernética en el siglo XXI

Prácticamente el mundo cambió desde el 11 de septiembre de 2001, después de la caída de las torres gemelas en Nueva York, cualesquiera que haya sido el origen y motivo de tal suceso, fue la primera vez que al cambiar la seguridad en el mundo físico también afectó la seguridad en el mundo virtual, específicamente en la seguridad cibernética y el espacio cibernético. Como consecuencia del evento citado, la National Security Agency (NSA) se convirtió en una institución sumamente poderosa con un enorme presupuesto, para globalizar el espionaje que EEUU realizaba hacia todos los países extranjeros, generalizándolo incluso a sus propios ciudadanos. Desde entonces los ciudadanos de EEUU, así como en otros países han visto reducir sus libertades y privacidad en nombre de la seguridad, ha sido todo un cambio por diseño, así como en alguna época se implantó la obsolescencia programada para los productos en la economía de mercado. Fue desde 2001 que inició el diseño de las armas cibernéticas ya citadas y las conocidas consecuencias. La NSA creció tanto, implementado sistemas de vigilancia en masa que después de la crisis económica en EEUU coincidió con la revelación de evidencias y filtraciones por parte de miembros de CIA, FBI, NSA y DoD, algunos casos fueron tan sonados que tuvieron eco mundial [217].

El 6 de junio de 2013 Edward Snowden fue uno de los que más evidencias aportó respecto de los programas de vigilancia y espionaje de la NSA, permitiendo hacer del conocimiento público los sistemas de espionaje internacional de los EUA, de modo que se ha popularizado el término, “la era post Snowden”. Sin duda la primera década del siglo XXI pasará a la historia como una

evidencia más de que los imperios, incluso los dominantes caen desde adentro, como sucedió en occidente con Roma, España, Reino Unido en el pasado. Nos espera pues un interesante siglo XXI en términos de seguridad cibernética, en la que cualquier país que así se lo proponga, puede convertirse en una verdadera potencia. Mientras tanto en términos de poderío militar para resguardar su “seguridad física”, los EUA cuentan con más de 800 bases militares en 70 países en el mundo, mientras que Rusia tiene 24 bases, una por país.

En 2013 quedaron evidenciados los sistema de espionaje masivo de los EUA y de Reino Unido, tales como PRISM (2007), XKeyscore (2008) [Digital Network Intelligence] ente otras decenas de este tipo de sistemas tal que algunos consisten en sólo software o una combinación que puede incluir mmiles de servidores, en cientos de lugares del planeta, evidenciando también la participación de Google, Apple, Facebook, Microsoft y Verizon. Además, quedaron evidenciados los NSA Threat Operation Center (NTOC) y ROC, los cuales son practicamente lo que en las empresas se conoce como el Security Operation Center (SOC). Y bien con todo esto quedaron opacadas las más de 100 aplicaciones para espionaje con la que se cuenta enel mercado, incluso el gobierno mexicano usó un aplicación para espiar a sus ciudadanos llamada Pegasus (NSO Group-Israel) descubierto publicamente en 2017, lo que en México le dio mucho vuelo a la Red en Defensa de los Derechos Digitales (R3D) y también buenos puntos al laboratorio Citizen Lab de la Universidad de Toronto.

Tales eventos dieron mucha más fuerza a la participación de la Electronic Frontier Foundation (EFF) fundada en 2010, dedicada a la defensa de los derechos digitales en el universo de la Internet.

VI.6.9 La iniciativa *IEEE Cyber Security*

Desde 2012 IEEE lanzó la iniciativa IEEE Cyber Security, misma con la cual se creó el IEEE Center for Secure Design (CSD), el cual busca cambiar el enfoque tradicional de encontrar “bugs”, para cambian a un enfoque en el que se identifiquen fallas de diseño con la finalidad de que los arquitectos de software puedan aprender de los errores de otros. Para mayor información consultar la página principal.



<http://cybersecurity.ieee.org> (Used by permission of the IEEE Computer Society. All rights reserved)

VI.6.9 Ataques vías ingeniería social y el uso de cortinas de humo.

Por último, cabe mencionar sobre la información, un hecho que acompaña al hombre desde siempre, la manipulación de la información, la mentira en el contenido de esta para distintos fines, de allí el problema de la veracidad de la información que se alimenta a los sistemas que llegarían a bases de datos y a los “DataWare Houses” para poder proveer información tratada que permita la toma de decisiones. La manipulación de la información se da básicamente en la historia y la historia la escriben los vencedores, dando su versión de los hechos y parece que ningún pueblo en el planeta es inmune la manipulación de la información. La manipulación de la información es y ha sido un elemento importante en las guerras, es toda una estrategia para engañar al adversario o enemigo, cualquiera que este sea. La tergiversación de la información se dio en las guerras napoleónicas, entre Inglaterra y Francia, durante la primera guerra mundial para hacer que EEUU ingresara a la guerra vía la campaña del “miedo rojo”, y qué decir de la segunda guerra mundial con la propaganda de la Alemania Nazi en Francia con lo que los doblegaron fácilmente. El engaño también permitió el arribo de las tropas de EEUU a Normandía en Francia, engañando esta vez al ejército Nazi. La propaganda falaz mediante slogans vacíos, se usó en las guerras de Vietnam, Corea, Afganistán, Irak, Ucrania y todas las revueltas sociales y revoluciones. También es bien conocido el caso de la transmisión radiofónica de la adaptación de la guerra de los mundos en 1938 en EEUU lo que dejó patente la manera tan sencilla de “manipular al ciudadano promedio” llevándolo a la histeria colectiva, al grado de influir en una gran cantidad de programas de radio, televisión, libros sobre ovnis que se mantiene en nuestros días. Por su parte los estereotipos son alimentados por los medios, otro ejemplo típico de desinformación es la percepción que se tiene en EEUU acerca de que el día de la independencia de México es el 5 de mayo, por la Batalla de Puebla de 1862 contra la intervención francesa, cuyo origen también tuvo motivos políticos y así podríamos citar cientos, quizá miles de ejemplos de falacias y afirmaciones sin evidencias.

Todos los mitos alrededor de intereses políticos, religiosos, económicos y de control social, las llamadas leyendas urbanas, los distractores como las olimpiadas y los mundiales; las obras de Noam Chomsky sobre “el control de los medios de comunicación” da muchos ejemplos de casos y excelentes reflexiones para quienes deseen iniciarse en el tema. Chomsky también deja claro que no solo los ciudadanos promedio son manipulables también las élites intelectuales, el objetivo es

llevar a determinadas sociedades a la apatía, la obediencia y la pasividad es la forma de controlarles.

Casi todo tipo de información se encuentra en internet, la información es enorme, es válido decir que en los últimos 50 años se ha producido más información que en toda la historia de la humanidad, pero también es válido para los últimos 10 años o el último año. Desde que se liberó la internet comercial a más de 20 años, se ha integrado a esta una gran cantidad de información, mucha gente accede a ella a diario, y mucha toma decisiones con base en la información que encuentra en internet, la macrohistoria y la microhistoria se encuentra plagada de esas alteraciones a la realidad que toman formas distintas algunas son directamente dogmáticas otras son pseudocientíficas y algunos son conceptos erróneos; por el lado del conocimiento científico muchas verdades hoy aceptadas luego serán corregidas. En fin, internet es como un iceberg, difícil es saber cuanta información es falaz, el ciudadano promedio no verifica ni valida las fuentes de información, si una nota sale publicada de manera oficial, o se indica en radio o en televisión o en revistas, las toma como ciertas. Y cierto que con el crecimiento exponencial de la internet la cantidad de información puesta en internet desde 1995 a 2005 fue tal que se contaba con mucha información puesta a disposición de la gente bajo el concepto de web 1.0 o la web estática en la que el flujo de información fue unidireccional. Sin embargo, ya podríamos decir, que la sociedad que podía acceder a esta tecnología conformaba una sociedad de la información.

En 2002 una de las varias causas que llevaron a la crisis “punto com” fue que los inversionistas se preguntaron, si bien se tenía una sólida web 1.0 con muchísima información: ¿y qué hacemos con todo esto?, entonces se planteó la necesidad de una evolución en la web, la web semántica o web inteligente la cual se conceptualiza en 2001, pero en ese momento se estaba y lejos [218]. En 2005 se hace realidad una evolución que no llegó a web semántica, pero esa web2.0 daría posibilidades las páginas web de hacer bidireccional el flujo de la información, permitiendo al usuario interactuar y en algunos casos colaborar.

Lo que en verdad será interesante y muy útil será cuando llegue esa web semántica, la web inteligente o web 3.0 la cual se encuentra en desarrollo y que permitiría ayudar a separar la información sin verificación y validación entre otras cosas, buscando que la información colocada realmente agregue valor. También en el ciberespacio se han levantado la ciberdemocracia y el ciberfascismo, las posibilidades parecen infinitas y si bien en la ciberdemocracia todo es horizontal, un apersona que piense que “en internet hay toneladas de blogs superficiales e infantiles, como Andrew Keen en su libro ”The cult of the amateur”, tales declaraciones podrían considerarse fascistas [219]. Aunque en realidad las declaraciones anteriores podrían ser solo una

vista que no cubre los de 360 grados, ya que también podría darse un equilibrio al denunciar abusos de poder, pero también influir como herramienta en grandes manifestaciones sociales que acompañen transformaciones como la primavera árabe. El gran riesgo es que dentro de las ciber culturas, esa de la desinformación, de información basura impacte a las sociedades debilitando a determinadas sociedades desviándolas de lo que podríamos llamar civilizado, entonces internet no quedaría rápidamente tan lejos de los fenómenos que aparecieron en medios como radio y televisión. Una de las causas raíz del problema podría resumirse así:

“La gente demanda *libertad de expresión* como compensación por la *libertad de pensamiento* que rara vez ejerce”

Søren Kierkegaard (1813-1855)

Filosofo Danés, padre del Existencialismo

La solución estará en buscar buenos programas en internet como si existen buenos programas de radio, televisión o cine, el problema como sucede en esos caso es buscarlos y encontrarlos, pero la verdadera solución viene en la educación, y que esta se interiorice. En internet, en ese mundo virtual se encuentra un mundo paralelo al mundo real, y este tema del ciber anarquismo como extremos de la ciber democracia, sin duda también empujó el ciber espionaje incluso al nivel de ciber vigilancia ciudadano por ciudadano, bajo los programas que ya todos conocemos como PRISM de la NSA en EEUU y del resto de los programas similares en países industrializados. Esperemos pues que la web semántica, se haga una realidad, madure y sea alcanzable a la mayoría para gestionar los contenidos para resolver, aunque sea parcialmente el problema de la confiabilidad de la información, cuando esta web semántica permita que las máquinas generen conocimiento estaremos en la sociedad del conocimiento, claro está, solo aquellas que tengan esta web a su alcance.

“Hoy no tengo que preocuparme por mañana, ya que estoy feliz por lo que hice ayer”

Edward Snowden (2013)

VI.7 Autoevaluación para el capítulo VI

1. Busque información relacionada con virus informáticos
2. Consulte “Honey Map” en map.honeycloud.net y describa ampliamente su objetivo y funciona, citando 3 ejemplos de su actividad.
3. ¿Cómo afecta a su institución la adecuada o inadecuada “seguridad cibernética”?
4. ¿Conoce algún “data center”?
5. ¿Ud. vive en una ciudad inteligente?, explique.
6. ¿Conoce los medidores inteligentes AMI?, ¿ya cuenta con uno de ellos en casa? En su caso que nos puede decir al respecto.

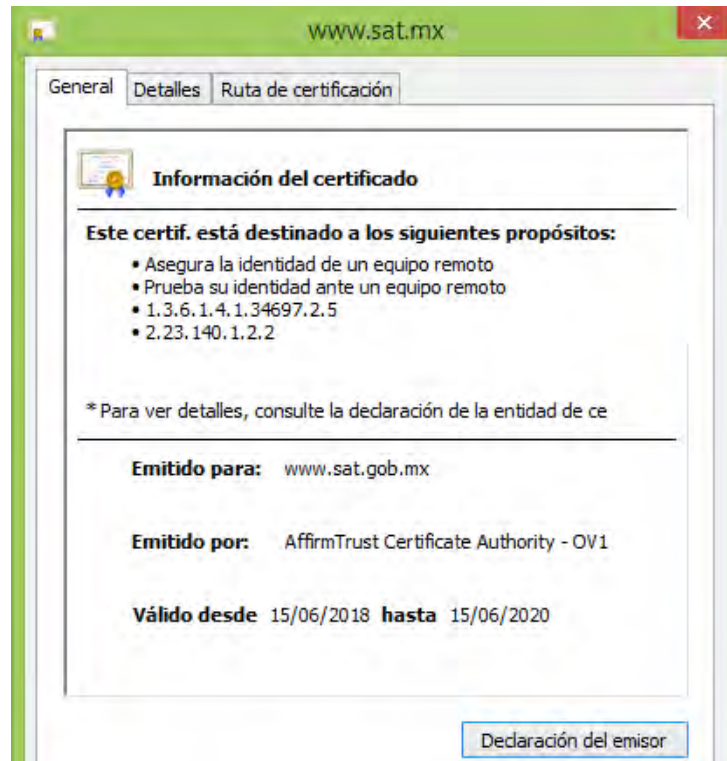
Aspectos económicos y sociales de la 4ta revolución industrial:

7. Busque información relacionada con su país de residencia, para tener una idea del número o porcentaje de personas despedidas en los últimos 10 años, 5 años y 1 año en las industrias debido a transformaciones propias de la revolución industrial actual. Los ejemplos están indicados para México durante el año 2018.

INDUSTRIA	EMPRESA / COMPAÑÍA GLOBAL EN MÉXICO	DESPIDOS DE PERSONAL por proyectos de transformacion de la 4ª Rev Ind.
Automotriz	Nissan / VW	1,000 / 950
Bancaria	Citibank/ BBVA Bancomer/ Banorte	2,000 / 1,500 / 500
Electrónica		
Otra		
Otra		

8. Por otro lado, las universidades están generando una gran cantidad de egresados de los niveles de licenciatura, maestría y doctorado, sin embargo, muchos de ellos no están encontrando ocupación, ni desarrollo en el mercado laboral en las áreas para las cuales se prepararon. Por ejemplo, en México se estima que tan sólo en la Ciudad de México existen más de 15,000 taxistas quienes han cursado estudios de maestría o doctorado. Presente sus argumentos para explicar si la 4ta revolución industrial tiene que ver con este fenómeno o existen de manera adicional otros factores determinantes para la presencia de este fenómeno, el cual no sólo es privativo de México.

9. ¿Qué significa que un sitio web tenga un certificado como el indicado en la siguiente figura?
Proporcione todos los detalles.



10. ¿Por qué una ciudad inteligente?
- Busque información relacionada a cómo es que la ciudad de Detroit en EUA, la cual fue la 4ª ciudad más importante del mundo y la cuna del automóvil en 1910, a 100 años, en 2010 colapsó y se declaró en bancarrota. Este hecho fue sólo una de las tantas evidencias del colapso del “sueño americano” y el fin de los EUA como potencia única y hegemónica. (Una cuartilla con al menos 3 fuentes).
11. Liste 3 **falsas creencias** que debe desinstalar de su mente.
12. Liste 3 **disonancias cognitivas** que se hayan manifestado en ud. al leer este libro.
13. Liste 3 procedimientos que siguen empresas o gobiernos para instalar una idea en tu inconsciente.
14. Así como se crearon los estados-nación y se realizaron colonizaciones e independencias de estas, en el espacio cibernético sucede lo mismo. El mundo tripolar incluye a 3 naciones independientes en el ciberespacio, EUA, CHINA y Rusia. ¿Cuál cree que será el 4to país en obtener su independencia en la internet (argumente)? ¿Podrá existir una correlación con las posiciones en la carrera espacial?

APÉNDICE A: Corrección a conceptos erróneos (misconceptions)

La lengua franca de la ciencia y la tecnología es el inglés, sin embargo, en los países cuya primera lengua no es el inglés es común encontrar traducciones erróneas además de concepto erróneos ampliamente extendidos incluso entre personas con estudios superiores. En este apartado muestro algunos conceptos erróneos, se espera que el lector lo corrija y ayude a otros. Un concepto erróneo lo es incluso aunque millones de personas lo usen, que opinaría ud. de la frase “mil millones de vacas no pueden estar equivocadas, coma pasto”. La propaganda no puede hacer que una mentira repetida un millón de veces se convierta en verdad, quizá pueda solamente cambiar la creencia o percepción de mucha gente más no la realidad.

Misconception 1: La ciencia ficción no existe

Aun cuando es muy generalizado el concepto erróneo incluso en bibliotecas y librerías hispanoparlantes, recuerde que la “ciencia ficción” no existe, es una traducción errónea de “Science fiction”, cuya traducción correcta es “ficción científica”.

Misconception 2: La memoria USB no existe

Aun cuando mucha gente llama “memorias USB” a las memorias semiconductoras que se emplean comúnmente para conectarlas al puerto de comunicaciones USB de una computadora, equipo de telecomunicaciones como switch, router, equipo electrónico de medición, TV, teléfono móvil, etc, en realidad son memorias *flash*; es decir, memorias EEPROM. El puerto de comunicación USB de una memoria no define el tipo de tecnología a la que pertenece la misma [3]. Imagine una naranja a la que se le ha introducido una memoria “flash”, de modo que de la naranja sólo sobresalga el conector USB, ¿diría ud. que se encuentra ante una naranja USB?

Misconception 3: Las librerías computacionales no existen

Es muy común escuchar que estudiantes y profesores en el ámbito de los lenguajes de programación, los simuladores y emuladores, llaman librerías a las bibliotecas computacionales, este error surge de que comenten el error de usar “Library” como un falso cognado, o simplemente repiten lo que les dijeron sus profesores o leyeron en un libro que utiliza una traducción errónea.

APÉNDICE B: El mercado laboral y ciclo de vida profesional

Incluyo este apéndice para responder a algunas de las preguntas que me han planteado a lo largo de varios años cuando tocamos los temas teoría vs práctica.

B.1 Ciclo de vida profesional

Considere que si ud. se convierte en ingeniero “titulado” en alguna de las áreas de las TICS alrededor de los 25 años, como profesionista ud. tendrá un ciclo de vida laboral, y una vez inserto en el campo laboral, ¿cómo se plantea la jubilación o retiro?, en un mundo globalizado, las tendencias de retiro también están globalizadas y dependen del modelo económico. Pues bien, en la Unión Europea después de la segunda guerra mundial hasta la primera década del siglo XXI, la edad de jubilación en promedio era de 65 años, considerando en promedio 35 a 40 años de servicio en función del país. En el siglo XXI ya se han planteado a nivel global modificaciones para ampliar la edad de jubilación entre 67-68 años, ya que la esperanza de vida para el año 2010 es de 78 años para hombre y 83 para la mujer. Por su parte, en EUA la edad de jubilación es de 67 años. En México oficialmente la edad de jubilación es de 65 años, pero la realidad es de 69 para mujeres y 72 para hombres. Todo lo anterior fue válido para la generación de los *baby boomers*, sin embargo, con base en lo anterior las generaciones nacidas desde 1965 en adelante debemos considerar que habrá nuevos ajustes [220].

B2. El mercado laboral en México y calidad del empleo.

Para abordar esta sección es necesario indicar que la PEA es el acrónimo de la “Población Económicamente Activa” y que el “índice de precariedad/ calidad del empleo” tiene 5 niveles, cuyo último nivel es considerado de no precariedad o de calidad, el cual refiere a empleos cuyos ingresos son iguales o mayores a 5 veces el salario mínimo. Cuando hablamos de jóvenes nos referimos a personas entre 15 y 30 años.

En 1970 la PEA fue de 12.9 millones de 48.2 millones de habitantes, casi 26% del total.

En 2000 la PEA fue de 33.7 millones de 97.4 millones de habitantes, casi 34% del total. De ellos, 20% de los egresados jóvenes de las IES no tenían empleo o estaban en la informalidad, mientras que sólo el 11% de los egresados jóvenes obtuvo un empleo no precario y el 75% de ellos se dedicaba a aquello a lo que estudió.

En 2012 la PEA era de 48.7 millones, de los cuales 26.6 millones se emplearon en el mercado informal, es decir el 54.6%, en condiciones precarias.

En 2015 la PEA fue de 53 millones de 119.5 millones de habitantes, casi el 44% del total. Del total del PEA, el 57.4 % (29.1 millones) se encontró en el empleo informal aportando el 24% del PIB. De los profesionistas jóvenes, aproximadamente 3.1 millones, el 40% (1.2 millones) o no tenía empleo o estaban en la informalidad. El ingreso promedio mensual para un egresado del nivel licenciatura en México era de \$10,640 peso mexicanos (casi 4 salarios mínimos), es decir, aproximadamente \$560 dólares de EUA; un 77% más que alguien con bachillerato; mientras que para un egresado con posgrado el ingreso promedio mensual es de \$18,000 pesos mexicanos (casi 7 salarios mínimos) o \$947 dólares de EUA.

En México el poder adquisitivo de 1975 al 2015 cayó 72% de acuerdo con cifras gubernamentales conservadoras del INEGI, indicador de la precarización laboral en pleno.

En 2016 el ingreso promedio mensual para un egresado de licenciatura fue de \$10,850, un 75% más que alguien con bachillerato.

En 2017 el ingreso promedio mensual para un egresado del nivel licenciatura fue de \$11,300 peso mexicanos, un 80% más que alguien con bachillerato; sin embargo, una moda entre las empresas sobre todo transnacionales es la de ofrecer a los recién egresados trabajar a prueba por 6 o 12 meses prácticamente con becas de a lo más \$6,000 pesos mexicanos o \$315 dólares mensuales.

De 2012 a 2018 se han creado en promedio 500,000 empleos para toda la PEA, un número menor que el de egresados de las IES, lo que desata una batalla por el empleo, una tragedia nacional.

Debe considerarse que el deterioro en el poder adquisitivo en México es multifactorial, con la entrada de México al TLC se ingresó a un modelo de competitividad global y acelerada

automatización en los procesos productivos, en las que el gobierno mexicano favorece la inversión extranjera y la total dependencia extranjera. México tenía en el papel la educación primaria y secundaria como obligatoria y gratuita, desde 1934 y 1993 respectivamente, pero a 2000 no era una realidad. Como respuesta reactiva de 2000 a 2018 México avanzó en su cobertura de educación primaria y secundaria; en educación media y superior duplicó su cobertura y matrícula, pero estancó su calidad generó precarización laboral; también desde 2000 se crearon el 50% de los posgrados que hoy se ofrecen en México. Desde 2012 se decretó la educación media superior como obligatoria y gratuita para tener cobertura total en 2022, sin embargo, como coincido con varios autores los cambios en un país no se dan por el hecho de decretarlo. En el rubro de educación superior, ya varias universidades públicas y privadas están implementando el TSU (Técnico Superior Universitario) como una alternativa a un modelo de educación superior que produce egresados que se encuentran ante el desempleo o el subempleo.

Evolucionar requiere tiempo, allí están como indicadores las pruebas PISA, los índices de competitividad y de desarrollo en la sociedad del conocimiento, PIB, PIB per cápita entre tantos y tantos indicadores que miden cientos de variables y que nos muestran la realidad más allá del discurso falaz y la simulación; se requiere pues una reestructuración de la educación superior urgente, pero no se dará si no existe una reconfiguración completa del país.

B3. El mercado laboral para la docencia e investigación en México

Dos de las preguntas recurrentes que debo responder en conferencias son: ¿Cuál es el panorama de la investigación en ciencia y tecnología en México?, ¿Qué tanto nos movemos como país hacia la sociedad del conocimiento? ¿Qué tendríamos que hacer para algún día alcanzar a Brasil?

Para resolver las preguntas vemos algunos indicadores, dedicarse a ser profesor-investigador de tiempo completo en una IES, se ha convertido en una tarea cada vez más complicada y menos remunerada, ya que en 2008 de todos los profesores de las IES, el 26% eran de tiempo completo, mientras que para 2016 esa cifra se redujo a 22%, y para 2014 sólo el 25% de todos los académicos del país ganaba más de 5 salarios mínimos, lo que se considera no precariedad.

El 2014 fue un año interesante y de cambios en todos los niveles de educación en México, en ese año habían 1,599,727 docentes e investigadores en todos los niveles educativos del país, de los cuales el 12.6% trabajaban en el nivel superior, de los cuales 30.4 % tenían maestría y 15% doctorado. En este punto debo puntualizar que los datos que presenta INEGI y los que presenta ANUIES no concuerdan, por más que busquemos según INEGI tenemos que 201 mil académicos están en las IES, pero de acuerdo con ANUIES son 330 mil, por más que busquemos la diferencia es abismal y en varios artículos académicos se usan cifras alegres, pero parece que no consultan las fuentes, es posible que los números alegres de ANUIES se deban a que una buena porción de Universidades tiene cobertura en educación media superior y tomen datos globales de sus padrones.

Siguiendo con estadísticas de 2014, del total de académicos en las IES, 20 mil pertenecían al SNI (1984 -) [Sistema Nacional de Investigadores] y 19 mil al PROMEP (1996 -) [PROgrama del MEjoramiento del Profesorado], ambos programas de estímulos económicos que buscaron paliar las caídas de salario del 60% en caso del SNI en los 80 y del 50% en el caso de PROMEP en los 90; ambos programas tienen la profunda desventaja de ser becas y no un salario como lo han expuesto múltiples autores. Además de que en el caso de PROMEP se modificó en 2014 a PRODEP (Programa para el Desarrollo Profesional Docente) para profesores de tiempo completo, con lo que se extendió a educación media superior y también se alinea a programas que encontramos en otros países con nombre similar.

Para el caso general de docentes en México, en 2000 el 35.9% ganaba más de 5 salarios mínimos, pero para 2014 sólo el 25.1% lo hacía. Desde entonces ya era claro ver una flexibilización laboral, un cambio en el modelo económico y la naturaleza del trabajo asalariado, precarizando el trabajo para ser competitivo internacionalmente, estos cambios se venían gestando desde el ingreso al TLC.

En la tabla B1, se muestran las inversiones en ciencia y tecnología, el número de investigadores y el número de artículos en revistas indexadas ISI (*Institute for Scientific Information*) *Web of Science* de Thomson Reuters (2008-) que fueron producidas por México y se compara con otros países, principalmente de Latinoamérica entre 2012 y 2015, con base en ello el lector se forme su propia opinión y de interesarle consulte a profundidad más fuentes, en particular en 2016 se publicó el “Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación México 2015”, el más reciente.

País	Inversión del % PIB en CyT – 2015	Investigadores por cada 100 mil PEA 2014	CANTIDAD Artículos en rev. Ind. T. R. WoS (ISI) en 2012	CALIDAD IMR 2015
EUA	2.79 %	16.7	255,072	
Reino Unido	1.70 %	8.9	96,692	
Brasil	1.28 % [LA#1]	2.3	[LA #1] 35,042	0.84 [LA #5]
España	1.22%	9	-	
Argentina	0.60 % [LA#2]	4.7	[LA #3] 9,618	1.14 [LA #3]
México	0.53 % [LA#3]	0.8 (SNI)	[LA #2] 10,181	0.98 [LA #4]
Chile	0.38 % [LA#4]	1.1	[LA #4] 7,251	1.28 [LA #1]
Colombia	0.24 % [LA#5]	0.5	[LA #5] 5,001	1.22 [LA #2]

Tabla B1. Comparativa de investigadores, productividad científica (miembros SNI + no SNI) y su inversión.

La referencia indicada, un artículo de 2018, muestra resultados de una encuesta a la 36.9 de los investigadores miembros del SNI en 2015 (dedicaban 20 horas semanales a la investigación), super recomendable si el lector esta interesados en seguir la trayectoria científica en México, cabe agregar que de los miembros del SNI, el 15% pertenece al área de ingeniería.

A) La cantidad o aportación en cuanto a la producción científica al total mundial: México aportó en 2007 y 2008 un 0.6%, de 2009 a 2011 se retrocedió, y de 2012 a 2015 se estancó en 0.6% año con año, como hace 10 años; mientras que en 2015 Brasil aportó el 1.99%, Argentina 0.4%, Chile 0.35% y Colombia 0.18% [ref conacyt].

B) La calidad o impacto internacional: Este se mide con el IMR (Impacto relativo al mundo) con base en el FI (factor de impacto), en ese sentido México también está en penúltimo lugar respecto de los 34 miembros de la OCDE. En 2015 los valores fueron Chile 1.28, Colombia 1.22, Argentina 1.14, México 0.98, y Brasil 0.84 [ref conacyt].

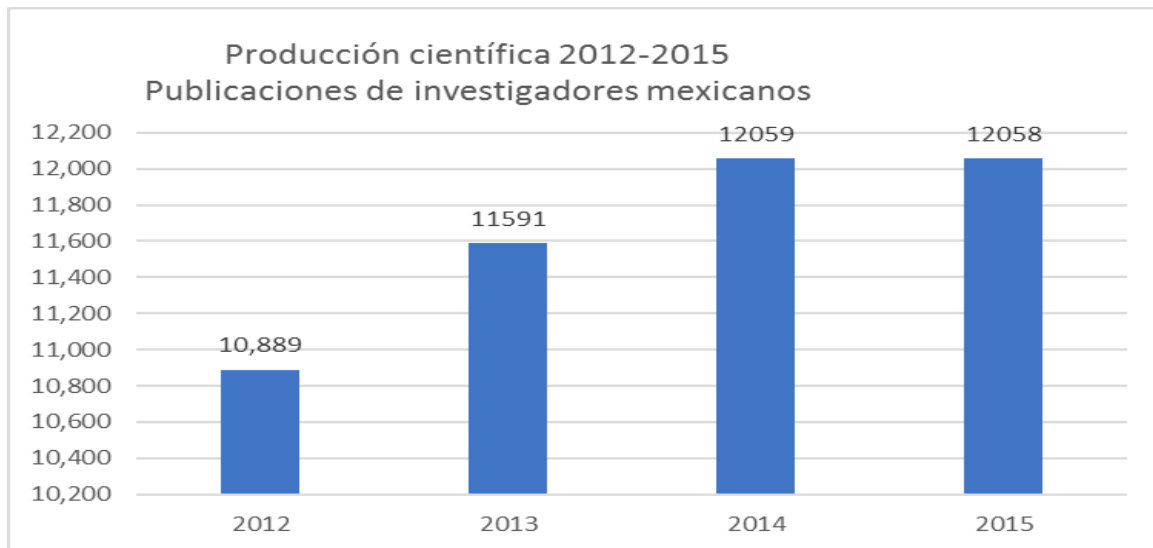


Fig. B1. Producción científica mexicana 2012-2015 (Cantidad).

Adicionalmente en 2015 CONACYT redujo el gasto en innovación en 40% y en 2017 redujo la inversión en ciencia y tecnología. Por donde se busque los indicadores no son alentadores y nos dejan claro que desde hace años el modelo de IES en México como mencionan varios autores está agotado y que se requiere un cambio de fondo para poder no solo competir a nivel internacional, antes de ello, de seguir en la actual ruta, solo basta extrapolar para percatarse de que se llegará al nivel de supervivencia en 2030 siendo optimistas.

Y bien en tres líneas podríamos resumir la respuesta a las 3 preguntas planteadas, en 2002 el gobierno mexicano decretó en el papel invertir 1% el PIB en ciencia y tecnología, sin embargo, para 2018 seguimos en 0.5%, de modo que, para alcanzar a Brasil, México necesitaría invertir como mínimo 2% del PIB y posiblemente en 40 años los alcanzaríamos.

La problemática del empleo se ha abordado hasta en el cine, hay 2 películas del tipo cómico (quizá la mejor manera de tratar una tragedia), las cuales muestran la realidad de los estudiantes universitarios, una es “perdiendo el norte” (2015), película española que narra la dificultades de los egresados españoles universitarios con posgrado para encontrar empleo en España y su desesperada migración hacia Alemania; además la película “Get a job” (2016), película de los EUA que muestra la problemática dentro del mismo país.

B4. Infraestructura y recursos humanos con la que México enfrentará la cuarta revolución industrial.

A) Infraestructura para la formación: El más reciente informe oficial indica que en 2015 había poco más de 3,000 IES para atender casi 4 millones de estudiantes en nivel superior, de los cuales 3.7 millones estudiaban en nivel licenciatura [a) técnico superior, b) licenciatura en educación normal, c) licenciatura universitaria y tecnológica] y 314 mil en nivel posgrado [a) especialidad, b) maestría y c) doctorado], es decir el 7.7%. La composición de las IES era la siguiente: 6 universidades federales, 34 públicas estatales, 23 públicas estatales con apoyo solidario, 10 interculturales, 262 instituciones del tecnológico nacional de México, 166 universidades politécnicas y tecnológicas, 24 centros públicos de investigación CONACYT, 230 escuelas normales públicas, 203 instituciones públicas afines y 2,007 instituciones particulares, todos ellos ofrecían 31,486 programas educativos.

De los programas de estudio disponibles para ingeniería en México, existían para ingeniería eléctrica y electrónica 241 programas (35 acreditados por CACEI), mientras que para computación y sistemas 800 programas (25 acreditados por CACEI); una buena parte de los egresados de estos programas podrían potencialmente trabajar en áreas de telecomunicaciones.

B) Recursos humanos formados: De los 53 millones de PEA en México en 2015, 3.4 millones contaban con un grado académico, el 87% con licenciatura, el 12% con especialidad o maestría y el 1% con doctorado. El número de egresados de licenciatura fue de 527,934; de los cuales el 20.7 % corresponde a egresados de “ingeniería, manufacturas y construcción”; mientras que el número de egresados de maestría fue de 77, 610, de los cuales el 84% corresponden a sociales, administración, derecho y educación, y 6% “ingeniería, manufacturas y construcción”; por su parte egresaron 7,662 doctores, de los cuales el 71% corresponden a las áreas mencionadas para maestría y 10% a “ingeniería, manufacturas y construcción”. Del total de la PEA, en el campo de la ingeniería y la tecnología se contaba con casi 700 mil personas.

En 2017 habían 4,096,139 estudiantes en el nivel licenciatura y 334 mil estudiantes de posgrado mientras que el número aproximado de egresados de licenciatura fue de 550,000 (no de titulados).

Sin duda algo debe estar sucediendo en el país que los informes oficiales no explican; con datos de 2015 en México 1 millón estudia alguna ingeniería, la cual requiere 5 años en promedio y egresan alrededor de 100,000 ingenieros, esto coloca a México dentro de los 10 países que más

ingenieros generan, pero paradójicamente sólo tenemos a 700 mil dentro de la PEA. Entonces surgen de inmediato 2 preguntas, si suponemos que las cifras de ANIUES y CONACYT son correctas, entonces, ¿cuál es la causa raíz de que sólo egrese el 40% y se titule el 30% de quienes estudian una ingeniería? y ¿cuál es la causa raíz de que sólo 700 mil formen parte de la PEA, si tan solo desde 1997 a 2015 han egresado cerca de 1.3 millones de ingenieros, sin considerar a los ingenieros egresados desde 1970 a 1996?

Como ejemplo de esta asimetría esta el hecho de que en 2015 la Academia de Ingeniería de México estimó que había una oferta de 35,553 ingenieros civiles ante una demanda de 9,295, es decir, la demanda es casi 25% de la oferta, lo que generó empleos con ingresos promedio de 13 mil pesos mensuales, ligeramente arriba de la media nacional para egresados de licenciatura.

La figura B2 muestra el histórico del ingreso, egreso y titulación de ingenieros en México desde 1997 a 2015, incluye los niveles de licenciatura y posgrado, desde 2013 se superó la barrera de los 100,000 ingenieros egresados en México [220].

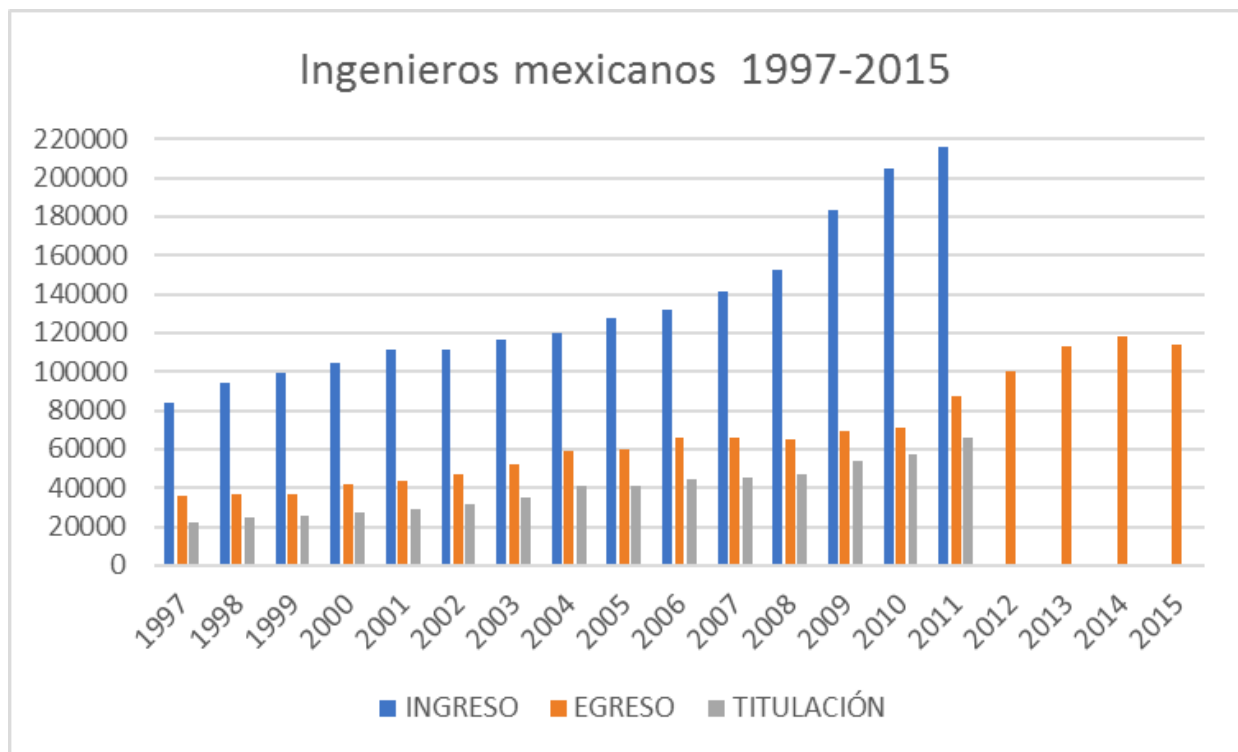


Fig. B2. Evolución de ingreso egreso y titulación de ingenieros en México. Gráfico propio con datos de OIM (1997-2011) y ANIUES

Mientras tanto indeopendientemente de las maga “buzzwords”, la realidad imperante en México (y latinoamérica) a finales de 2018 es que por ejemplo en la UNAM, la universidad con la

mayor cantidad de alumnos (~350,000) y académicos del país (~40,000), sus profesores hora clase (~70% de sus académicos), con licenciatura, maestría y doctorado ganan alrededor de 4.5 dólares (90 pesos mexicanos) la hora, mientras que un empleado de Mc Donalds en EUA gana 10 dólares la hora.

Entonces nos preguntamos, si nos encontramos verdaderamente en la sociedad de la información y el conocimiento, entonces ¿qué está fallando?

En la Ciudad de México las principales instituciones de educación superior públicas (UNAM y el IPN además imparten educación media) se listan en la siguiente tabla con algunos indicadores de recursos humanos, en número aproximados cerrados, por facilidad de presentación.

<http://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>

IES	# Estudiantes	# Profesores
UNAM	Total = 356,500 Sólo Superior = 243,000	Total= 44,300 Tiempo completo = 12,300
IPN	Total= 190,500 Sólo superior = 106,000	16,300
UAM	58,000	3,000
UACM	18,000	Tiempo completo = 900

Fig B3. Matrícula 2018-2019 para IES en la Ciudad de México

C) Las instituciones de educación superior mexicanas con el MEJOR DESEMPEÑO ACADEMICO entre las primeras 2500 en el mundo: Clasificación y métricas.

Desde que se creó el laboratorio ADVNETLAB de Telecomunicaciones de la academia ISET - SLT del Colegio de Ciencia y Tecnología, proveemos información a profesores y estudiantes interesados en la investigación académica en México para la mejor toma de decisiones. Para ello usamos el mejor sistema de clasificación mundial respecto del desempeño académico, el UNIVERSITY RANKING by ACADEMIC PERFORMANCE METRICS (URAP) [221].

El URAP cual utiliza estricta y exclusivamente **6 indicadores de desempeño académico** claramente identificados, con base en ISI (Institute for Scientific Information – [SCI, JCR, WoS], 1960/1992/2008) el cual abarca todos los campos del conocimiento académico. Este es

Indicadores y objetivos se indican en la tabla 2.

	2015-2016 Total=2000	2016-2017 Total=2000	2017-2018 Total=2000	2018-2019 Total mundial= 2500
1	UNAM (164)	UNAM (174)	UNAM (174)	UNAM (188)
2	IPN (457)	IPN (490)	IPN (515)	IPN (526)
3	BUAP (779)	UAM (859)	BUAP (849)	UAM (811)
4	UAM (856)	BUAP (1034)	UAM (852)	BUAP (936)
5	UASLP (940)	UANL (1134)	UANL (1162)	UASLP (1055)
6	UdeG (1164)	UASLP (1137)	UASLP (1175)	ITESM (1145)
7	UANL (1167)	UdeG (1140)	UdeG (1219)	UANL (1157)
8	UMSNH (1236)	UMSNH (1238)	ITESM (1303)	UdeG (1172)
9	UAEMor (1449)	ITESM (1359)	UMSNH (1310)	UMSNH (1269)
10	ITESM (1458)	UAEMor (1381)	UGto (1324)	UGto (1307)
11	U Sinaloa (1511)	UABC (1601)	UAEMor (1468)	UAEMor (1479)
12	UABC (1584)	UAEM (1690)	U Sinaloa (1586)	UASinaloa (1575)
13	UAEM (1659)	U Sinaloa (1729)	UABC (1703)	UABC (1675)
14	UAY (1632)	UAQ (1785)	UAEM (1792)	UAEM (1724)
15	Unison (1770)	UAY (1789)	Unison (1874)	Unison (1883)
16	UAQ (1773)	Unison (1820)	UAQ (1879)	UAQ (1887)
17	UAEH (1813)	UAEH (1879)	UAY (1918)	UAY (1930)
18	U Colima (1907)	-----	UAEH (2051)	UAEH (1992)
19	-----	-----	U Colima (2275)	UColima (2322)
20	-----	-----	UACdJuárez (2406)	UACdJuarez (2369)
21	-----	-----	UA Zacatecas (2409)	UDLAP (2430)
22	-----	-----	UDLAP (2451)	U Zacatecas (2457)

INDICADORES		OBJETIVOS
Resultados en Google académico	[10%]	Productividad general en el tiempo
Número de artículos	[21%]	Productividad Científica actual
Citas	[21%]	Impacto en investigación
Impacto T en revistas – acumulativo	[18%]	Impacto científico
Índice H (Impacto T en citas)	[15%]	Calidad de la investigación
Colaboración Internacional	[15%]	Aceptación internacional

REFERENCIAS

Capítulo I

1. *IEEE Spectrum*, “Patents Data”, pp. 68, July 2011.
2. Castillo Velázquez, José Ignacio, *Redes de datos: Contexto y evolución*, Samsara, 2014. ISBN:978-970-94-2915-2.
3. Castillo Velázquez, José Ignacio, *Redes de datos: Contexto y evolución*, Samsara, 2016. 2ª Ed. ISBN:978-970-94-2969-8.
4. Van Zanden, Jan Luiten, *Una estimación del crecimiento económico en la edad moderna / Simulating early modern growth*, Rev. Investigaciones de historia económica, No. 2, pp 9-38, 2005.
5. Bolt, Jutta, Marcel Timmer and Jan Luiten van Zanden, *GDP per capita since 1820*, in Jan Luiten van Zanden, et al. (eds.), *How Was Life?: Global Well-being since 1820*, OECD Publishing, 2014.
6. José Ignacio Castillo Velázquez, “Curso Arquitectura de computadoras”, *EATI-Blackboard, Ingeniería en Computación, Departamento de TI, UPAEP, 1999-2005*.
7. “Shilling’s pioneering contribution to practical telegraphy, 1828-1837”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, IEEE, 2009 [http://ethw.org/Milestones:List_of_IEEE_Milestones]
8. David Hochfelder, *The telegraph in America, 1832-1920*, The Johns Hopkins University, 2012.
9. “Samuel Morse and Alfred Vail, Demonstration of practical telegraphy, 1833”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, IEEE, 1988.
10. IEEE, “James Maxwell’s Equations, 1860-1871”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, 2009.
11. Telecommunications timeline, ITU, 2017 [<http://itu150.org/historical-timeline/>]
12. History of the Atlantic Cable & Undersea Communications [Última consulta 2018] <http://atlantic-cable.com/CableCos/GreatNorthern/index.htm>
13. IEEE Communications Society, *A brief history of communications*, 2002. ISBN: 0-7803-9825-4.
14. León Bieber, *Las relaciones germano-mexicanas*, El Colegio de México 2001.
15. Hickam Homer, *Torpedo Juntion: U-Boat war off America’s East Coast*, 1942, Naval institute Press, 1996
16. US. Gov, 107th Congress, “H Res. 269”, House of Representatives, USA, Oct. 2001
17. IEEE, “Alexander Graham Bell, First intelligible voice transmission over electric wire, 1876”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, 2006.
18. IEEE, Alexandre Graham Bell, “AIEE Edison Medal” por sus contribuciones a la telefonía, 1914, [Disponible en: <http://www.ieee.org/about/awards/medals/medalofhonor.html>]
19. IEEE “Thomas Alva Edison Historic Site At Menlo Park, 1876”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, 2006.
20. IEEE “Thomas Alva Edison, Pearl Street Generation S. USA, 1882”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, 2011.
21. Calvo Ángel, *El teléfono en España antes de telefónica (1877-1924)*, Rev. historia industrial, 13, pp. 59-81, 1998
22. “John Fleming, Fleming Valve, 1904”, *IEEE Milestones*, IEEE History Center, IEEE, 2004.
23. IEEE, Lee, “AIEE Edison Medal” tríodo 1906, 1946, [Disponible]: <http://www.ieee.org/about/awards/medals/medalofhonor.html>.
24. Joel Álvarez de la Borda, *Crónica del petróleo en México, de 1863 a nuestros días*, Archivo Histórico de Petróleos Mexicanos, Pemex, 2006.
25. Telecommunications Virtual Museum, *How phones work: the basic Science behind telephony*, 2017. [Disponible] <http://www.telcomhistory.org/vm/sciencePhonesWork.shtml>
26. Bell Telephone System, *The making of a telephone* (433 parts), video, 2015 http://www.youtube.com/watch?v=MXS_14Jam1Q&list=PL1554957EA7223AE2

27. AT&T Now you can dial (1954): [7 numbers, 2 for central office name, 5 for telephone], video, 2015 <http://www.youtube.com/watch?v=KSTOT7RBkNc&list=PL1554957EA7223AE2>
28. AT&T, Mr Digit and the battle of bubbling brook, video, 2015 <http://www.youtube.com/watch?v=EdW4FFMZrFU&list=PL1554957EA7223AE2>
29. AT&T, “A story without End 1950”, video, 2015 <http://www.youtube.com/watch?v=QT7hLBpGxJs>
30. AT&T, Operator 1969, 2011 [Disponible] http://www.youtube.com/watch?v=bAC4MvP_C-I
31. AT&T, The step by step switch (1951), video 2015, <http://www.youtube.com/watch?v=xZePwin92cl&list=PL1554957EA7223AE2>
32. Herbert H. Warrick Jr Museum of Communications, Seattle, Washington, EEUU. [Disponible] <http://museumofcommunications.org>, 2014.
33. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), México, 2017. [Disponible en: www.inegi.org.mx]
34. AT&T, Good Bye Central, 1974, video 2015 [Disponible] http://www.youtube.com/watch?v=7qLU_urEYVE&list=PL1554957EA7223AE2
35. ITU-T, Q.700, 1998 [Disponible en] <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.700-198811-S/en>
36. US. Gov, 103rd Congress, “H Res. 3450”, North American Free Trade Agreement Implementation Act, USA, 1993-1994.
37. 3GPP, 2017 [Disponible en] <http://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp>
38. Friedhelm Hillebrand, GSM and UTMS: The creation of global mobile communication, Chapters 1-6, Ed. Wiley, 2001.
39. Telecommunications statistics for México, World Bank, 2015, <http://databank.bancomundial.org/data/views/reports/chart.aspx?isshared=true>
40. Instituto Federal de Telecomunicaciones México (IFT), Cuarto informe trimestral estadístico 2015, 2016.
41. Instituto Federal de Telecomunicaciones México (IFT), Segundo informe trimestral estadístico 2017, 2017.

Capítulo II

42. Raul Rojas, *Konrad Zuse's Legacy*, IEEE Annals of the History of Computing, Vol. 19, No. 2, pp 5-16, 1997.
43. Raul Rojas, Reconstruction of Konrad Zuse's Z3 Computer, Freie Universitat Berlin, Germany, 2003. [Disponible] <http://dcis.inf.fu-berlin.de/rojas/reconstruction-of-konrad-zuses-z3-computer/>
44. Computer Conservation Society, The Bombe tops engineer's poll, UK, 2007. [Disponible] <http://www.computerconservationsociety.org/news/bombe/bombe.htm>
45. Bletchley Park, Imitation Game, UK, 2014. [Disponible] <https://dev.bletchleypark.org.uk/the-imitation-game>
46. Sale Tony, The Rebuild of Heath Robinson, UK, 2001. [Disponible] <http://www.codesandciphers.org.uk/virtualbp/hrob/hrrbld06.htm>
47. John Alderman, Core Memory: 35 iconic machines, Computer History Museum, USA, pp 10-15, 2007. ISBN: 0-8118-5442-6.
48. “Silicon Valley, Manufacture of Transistors, 1951”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 1998.
49. Transistor, IEEE Global History Networks, IEEE History Center, IEEE, 2015 [Disponible] http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/The_Transistor_and_Portable_Electronics
50. Ferranti, An Introduction to the Ferranti Mercury Computer, England, 1956
51. Rand, An Introduction to the UNIVAC File Computer, USA, 1951
52. IBM 709, 2014. [Disponible en] <http://www.columbia.edu/cu/computinghistory/ibm709.html>
53. David A. Patterson and John Hennessy, *Computer Organization & Design: the hardware and software interface*, 2nd Ed. Morgan Kaufmann, Chapter 1, 1998. ISBN: 1-55860-428-6

54. Rand, Universal Automatic Computer Model II UNIVAC II, 1958
55. Jorge Aguirre y Raúl Camota, Historia de la informática en Latinoamérica y el Caribe: investigaciones y testimonios, Universidad nacional de rio Cuarto, Argentina, 2009, ISBN: 978-950-665-573-0 [Disponible en] <http://www.slideshare.net/msavio/historia-da-informtica-na-amrica-latina>
56. IBM, IBM 650, Fact Sheet, 1953, 2015 [Disponible en] http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/650/650_ch1.html
57. “First Semiconductor integrated Circuit (IC), 1958”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2009.
58. “Semiconductor Planar Process and Integrated Circuit, 1959”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2009
59. “Apollo Guidance Computer, 1962-1972”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2002
60. Electrológica, Electrológica X1 1958, Holanda 2015. [Disponible en] <http://www.electrologica.nl/historie/electrologica.html>
61. Stantec, Zebra, Electronic Digital Computer, Brief specification, EEUU, 1958
62. RCA, All new transistors, RCA 501, EEUU, 1958
63. DEC, Digital Equipment corporation, Nineteen Fifty seven to the present, EEUU, 1978. [Disponible] <http://www.faqs.org/faqs/dec-faq/pdp8/>
64. Computer Museum, Bendix G15, 2014 [Disponible en] <http://www.computermuseum.li/Testpage/Bendix-G15-1950s.htm>
65. IBM, IBM 360 model 40. [Disponible en] http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_PP2040.html
66. “Pioneering work on the quartz electronic wristwatch, 1962-1967”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2011
67. “Pioneering work on electronic calculators, 1964-1973”, IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2005
68. Computer History Museum, *Selling the computer revolution*, 2015, [Disponible en] <http://www.computerhistory.org/brochures/decades.php?decade=thm-42b982c022233>
69. IBM, IBM 360 Series, 2015 [Disponible en] http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_FS360.html
70. Xerox, Sigma 7 Computer Reference Manual, USA, 1973
71. DEC, Digital Equipment corporation, PDP-10, 1970, EEUU, 2014. [Disponible] http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/pdf/dec/pdp10/1970_PDP-10_Ref/
72. Fujitsu, FACOM, 2014, [Disponible en] <http://museum.ipsj.or.jp/en/computer/personal/index.html>
73. Gerardo Cisneros, La computación en México y la influencia de HV McIntosh en su desarrollo, 1991, 2015 [Disponible en] <http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/comun/gto91/gto91.pdf>
74. IBM, IBM en Brasil, 2014 [Disponible en] http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/brazil/brazil_ch2.html
75. A. Licon et al, La computación en el Instituto de Ciencias de la UAP, 1985, 2015 [Disponible en] <http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/comun/historiaw/historia.pdf>
76. EPROM, 2014, [Disponible en] <http://www.computerhistory.org/semiconductor/timeline/1971-EPROM.html>
77. David A. Patterson, *Reduced Instruction Set Computers*, Communications of ACM, V28, No 1, pp 8-21, 1985.
78. Andrew Tanenbaum, Organización de computadoras: un enfoque estructurado, 4ta Ed. Pearson, Capítulos 1 y 2, 2000. ISBN: 970-17-0399-5.
79. *Computer World*, BENCHMARK, 2014, <http://www.cpu-world.com/CPUs/CPU.html>
80. UV300 Solid-State-Drive, Data Sheet, Kingston, 2016
81. 500 Top Computers in the world, 2018 [Disponible en], <https://www.top500.org/lists/2014/06/>
82. Weizenbaum, Last resume, [Disponible en] <http://eecs-newsletter.mit.edu/articles/2008-fall/joseph-weizenbaum->

[1923-2008](#)

83. CH. Bennett and G.Brassard, Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing, IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing, pp. 175-179, 1984.
84. D-Wave, www.dwavesys.com
85. Mniszewski, S.M., Ushijima-Mwesigwa, H., & Negre, C.F.A. (2017). Graph partitioning using the D-Wave for electronic structure problems. In Identifying Computational Methods for Early Benefit from Quantum Computing, 2017 SIAM Annual Meeting. Pittsburgh, PA, July 10-14, 2017.
86. Juan Yin, YuanCao Yu-Huai Li, Sheng kai Liao et al, satellite based entanglement distribution over 1200 kilomeyres, Science 16 Jun 2017, Vol 356, Issue 6343, pp 1140-1144, Doi 10.1126/science.aan3211
87. Jian -Wei Pan, Breakig the Wall to quantum engineering, Falling Walls Berlin, Germany, nov 2017.
88. The Society of Thoracic Surgeons, 2018, <https://www.sts.org>
89. Jens Nauman, search for paradise: A patient´s account of the artificial vision experiment, Ed. Xlibris, 2012.
90. Jens Naumann, [Última consulta 2018] <http://www.jensnaumann.green-first.com/>
91. Neil harbison, Cyborg Foundation, [Última consulta 2018] <http://www.cyborgfoundation.com/>
92. About ROBOCUP, [Última consulta 2018], <http://www.robocup.org/>
93. López Sosa, Nettie, Comunicación inalámbrica para robots móviles futbolistas, Tesis de licenciatura, Ingeniería en Computación, asesores Vargas Martínez, H. S. y Castillo Velázquez, J. I. UPAEP, Puebla México, 2005.
94. 2045 Avatar Project, 2018. <http://2045.com/>
95. My32 Market, 2018. <https://32market.com/public>

Capítulo III

96. UCLA, "Birthplace of the Internet, 1969", IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2009
97. SRI, "Inception of the ARPANET, 1969", IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2009
98. DARPA, RFC 15, Network Subsystem for Time Sharing Host, Sep. 1969
99. DARPA, RFC 33, NWG, New Host-Host protocol, 1970.
100. DARPA, RFC 60, A simplified NCP protocol, 1970.
101. DARPA, RFC 137, TELNET Protocol, 1971
102. DARPA, RFC 193, Network Checkout, 1971.
103. DARPA, RFC 354, *File Transfer Protocol*, 1972.
104. Cerf, V., and R. Kahn, "A Protocol for Packet Network Intercommunication," IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-22, No. 5, pp 637-648, May 1974.
105. DARPA, RFC 739, *Assigned Numbers*, 1977.
106. ISO/TC97/SC16 "Provisional model of open systems architecture", Doc N34, March 1978.
107. ISO/TC97/SC16, "Reference model of open systems interconnection," Doc N227, June 1979.
108. DARPA, RFC 755, *ARPANET Protocol Handbook*, 1979.
109. DARPA, RFC 760, *DoD Standard Internet Protocol*, Jan. 1980.
110. DARPA, RFC 761, *Transmission Control Protocol*, Jan. 1980
111. DARPA, RFC 765, *A File Transfer Protocol*, 1980.
112. DARPA, RFC 762, *Assigned Numbers*, Jan. 1980
113. DARPA, RFC 770, *Assigned Numbers*, Sep. 1980
114. DEC-INTEL-XEROX, *The Ethernet, a Local Area Network Data Link Layer and Physical Layer Specifications*

Version 1.0, USA, Sep. 1980. Available [<http://ethernethistory.typepad.com/papers/EthernetSpec.pdf>]

115. DARPA, RFC 776, *Assigned Numbers*, Jan. 1981
116. DARPA, RFC 777, *Internet Control Message Protocol*, Apr. 1981
117. DARPA, RFC 791, *Internet Protocol*, Sept. 1981
118. DARPA, RFC 793, *Transmission Control Protocol: DARPA Internet Program Protocol Specification*, Sept. 1981
119. DEC-INTEL-XEROX, *The Ethernet, a Local Area Network Data Link Layer and Physical Layer Specifications Version 2.0*, USA, Nov. 1982. Available: [<http://decnet.ipv7.net/docs/dundas/aa-k759b-tk.pdf>]
120. Shoch J.F. Dalal Y.K., Redel D. D., Crane R.C., *Evolution of the Ethernet Local Computer Network*, IEEE Computer Aug. 1982, pp.10-26. Available [<http://ethernethistory.typepad.com/papers/EthernetEvolution.pdf>]
121. DARPA, RFC 826, *An Ethernet Address Resolution Protocol or Converting Network Protocol Addresses to 48 bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*, Nov. 1982. Available: [<http://tools.ietf.org/pdf/rfc826.pdf>]
122. IMF Data Mapper 2017, Disponible en: <http://www.imf.org/external/datamapper/index.php>
123. Datos de banco Mundial, 2017 <http://databank.bancomundial.org/data/views/reports/chart.aspx#>
124. IEEE Std 802.3, IEEE standards for LAN & WAN: Overview and architecture, 2002.
125. DARPA, RFC 854, *Telnet Protocol Specification*, Feb. 1983.
126. *ISO 7498:1984 Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The basic Model*, 1984.
127. *ISO 7498-2:1989 Information Processing Systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model-Part 2: Security Architecture*, 1989. Available: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=14256]
128. National Science Foundation, Internet Projects, 2017, Available [<http://www.nsf.gov/about/history/nsf0050/internet/launch.htm>]
129. DARPA, RFC 1436, *The Internet Gopher Protocol a distributed document search and retrieval protocol*, March, 1993.
130. DARPA, RFC 1550, *IP Next generation (IPng) With paper solicitation Dec.*, 1993.
131. DARPA, RFC 2616, *Hypertext Transfer protocol- HTTP/1.1*, Jun., 1999.
132. *ISO/IEC 7498-1:1994 Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The basic Model*, 1994. Available: [http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=20269]
133. DARPA, RFC 1716, *ATowards requirements for IP routers*, 1994. Available: [<http://tools.ietf.org/pdf/rfc1716.pdf>]
134. José-Ignacio Castillo-Velazquez and José-Joaquin Sanchez-Trejo, “*Emulation for CLARA’s operation, the advanced network for Latin America*”, 2016 IEEE ANDESCON Proceedings, Electronic ISBN 978-1-5090-2532-9; Print ISBN: 978-1-5090-2533-6, Arequipa, Peru, Oct. 19-21, **2016**. DOI:10.1109/ANDESCON.2016.7836205
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7836205/>
135. ITU, *Measuring the Information Society - Report*, 9th Ed. 2017.
136. *World Telecommunications / ITC Indicators Database 2017, 21th Edition*, ITU, 2017
137. A National Innovation Agenda, Center for American progress, 2007, http://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/issues/2007/11/pdf/innovation_chapter.pdf.
138. Smith Hedrick, *Who stole the american dream?*, USA, 2012
139. Cisco, *IRIS Space router capability & benefits: White paper*, 2011
140. José-Ignacio Castillo-Velazquez, IEEE Computer Society, *Distinguished Visitors Program 2015-2017*.
141. FCC, *Restoring Internet freedom*, FCC 17-60, may 23, 2017. https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-17-60A1.pdf

142. Zakon Robert, Hobbes' Internet Timeline, 2018, <https://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>
143. US Census Bureau, USA, 2016.
144. Adolfo López Suárez, Ángel Albiter Rodríguez y Laura Ramírez Revueltas, *Eficiencia terminal en la educación superior, la necesidad de un nuevo paradigma*, Rev. Educ. Sup vol.37 No.146 México abr./jun. 2008, ISSN:0185-2760.
145. Orlandina de Oliveira, Jóvenes y precariedad laboral en México, Pap. Poblac vol.12no.49 Toluca jul./sep. 2006, ISSN:1405-7425.
146. IMCO, Instituto Mexicano de la Competitividad, Informe compara carreras México, 2015.
147. INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, México, 2015.
148. IMCO, Instituto Mexicano de la Competitividad, Informe compara carreras México, 2016.
149. IMCO, Instituto Mexicano de la Competitividad, Informe compara carreras México, 2017.
150. STPS, Observatorio laboral, Servicio Nacional de Empleo, México, 2018 <http://www.observatoriolaboral.gob.mx/>
151. DOF, Programa sectorial de Educación 2013-2018, DOF, México, 13, Dic. 2013.
152. SEP-CONACYT, Programa Nacional de Posgrados de Calidad, México, 2016.
153. Marion Lloyd, *El sector de la investigación en México: entre privilegios, tensiones y jerarquías*, Revista de la Educación Superior 47 (185), pp 1-31, 2018.
154. Instituto de estadística de la UNESCO, gasto en investigación y desarrollo en % del PIB, 2015. [Consultado en 2018, disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>]
155. Wietse de Vries* Germán Álvarez Mendiola, *El éxito y el fracaso de las políticas para la educación superior, Libro La Universidad pública en México, análisis reflexiones y perspectivas*, 2014, UNAM -Porrua
156. Germán Álvarez Mendiola, Wietse de Vries, *Un modelo agotado de relación entre el Estado y las instituciones de educación superior, Libro La Universidad pública en México, análisis reflexiones y perspectivas*, 2014, UNAM - Porrua.

Capítulo IV

157. *ISO/IEC 7498-3:1997 Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: Naming and Addressing, 1997. Available: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=25022*
158. IEEE Milestones, IEEE History Center, IEEE, 2018.
159. *USB Implementers Forum, 2018. Available: www.usb.org*
160. DARPA, RFC 791, *IPv4*, 1981.
161. DARPA, RFC 20, *ASCII Format for Network Interchange*, 1969.

Capítulo V

162. IEEE Std 729, *IEEE standards for software*, 1993.
163. Andrew Tanenbaum, *Sistemas operativos: diseño e implementación*, 1ra Ed. Pearson, cap. 1, 1988, ISBN: 968-880-153-4.
164. Andrew Tanenbaum, *Sistemas operativos distribuidos*, 4ta Ed. Pearson, 1996, ISBN: 968-880-627-7.
165. Andrew Tanenbaum, *Sistemas operativos modernos*, 1ra Ed. Pearson, 1993, ISBN: 968-880-323-5.
166. Amir Afzal, *Introducción a UNIX: un enfoque práctico*, 1ra Ed. Prentice Hall, cap. 2 y cap. 5, 1997, ISBN: 84-8322-001-6.
167. Paul Kimel, *Manual de UML*, Ed. MC Graw Hill, 2007, ISBN: 970-10-5899-2.

168. Apache Configuration, [Available at: <http://httpd.apache.org/docs/2.0/es/howto/cgi.html#configuring> , Jun., 2018]
169. Apache cookbook [Available at: <http://cgi-spec.golux.com/>, Jun. 2018]

Capítulo VI

170. Castillo-Velázquez J. I. and Ismael Daza, 3er Congreso Nal. de Ciencias de la Computación, “The IEEE Std. 1625 Portable Computing; Assesing Environmental Impact”, Puebla Mexico, Nov. 2005.
171. G. Goth, Brave NUI World, ACM Communications, Vol. 54. No. 12, 2011
172. IEEE Cloud computing initiative, [última consulta en diciembre de 2018 <http://cloudcomputing.ieee.org/>].
173. Francisco et al, *The final frontier: Confidentiality and privacy in the cloud*, IEEE Computer, September 2011, pp 44-50
174. SAP-Internet of things [http://global.sap.com/campaigns/digitalhub-internet-of-things/index.html#section_0]
175. IEEE IoT initiative, [última consulta en diciembre de 2018 <http://iot.ieee.org/>].
176. Colocation datacenter MAP, www.datacentermap.com [última consulta en diciembre de 2018 <http://iot.ieee.org/>].
177. ICREA, Norma Internacional para la construcción de centros de procesamiento de datos, ICREA STD-131-2017.
178. Bruno Astuto, A. Nunes, Marc Mendonca, Xuan-Nam Nguyen, Katia Obraczka, and Thierry Turletti, *A survey of Software-Defined Networking: past, present and Future of Programmable Networks*, IEEE Communications Surveys and tutorials, Vol. 16, no. 3 July 2014, pp 1618-1633.
179. Open Networking Foundation, [última consulta en diciembre de 2018 <https://www.opennetworking.org>]
180. Open Networking Research Center, [última consulta en diciembre de 2018 <https://www.onrc.net>]
181. Sakir Sezer, Sandra Scott-Hayward, Pushpinder Kaur Chouhan, Barbara Fraser, David Lake, JimFinnegan Niel Vilijoen, Marc Miller and Navneet Rao. *Are we ready for SDN? Implementation Challenges for Software Defined Networks*, IEEE Communications magazine, vol. 51, no. 7 July 2013, pp 118-138.
182. José Ignacio Castillo Velázquez, Estado de Smart Grid 2010-2014, notas de curso, 2014
183. John D Ambrosia, *Defining the Next Generation of Ethernet*, IEEE Communications, Vol. 45, No 11, Nov. 2007, p 38.
184. J. I. Castillo-Velázquez, *Consideraciones para dirigir industrias energéticas hacia las TICS verdes, JIT 2011*, Hidalgo, Mex. Nov. 2011.
185. J. I. Castillo-Velázquez, *Cyber security as a strategic-tactical critical infrastructure of Mexico*, PCIC-Mexico 2013, DF., México, July. 2013.
186. IEEE Smart Grid initiative, [última consulta en diciembre de 2018 <http://smartgrid.ieee.org/>].
187. Antonello Monti and Ferdinanda Ponci, “The complexity of smartgrid”, IEEE Smart Grid Newsletter Compendium, pp, 68, 2015.
188. Ebrahim Vaahedi, Hossein Pakravan, Angelique Rajski and Massoud Amini, “Smart Grid: the next decade”, IEEE Smart Grid Newsletter Compendium 2015, pp, 4-5, 2015.
189. City Sciences, 2014, <http://www.citysciences.com>], última consulta en diciembre de 2018.
190. Venus Project 1995 - 2013 <http://www.thevenusproject.com/technology/city-systems>], consulta abril/2019.
191. European smart cities, 2013, [Disponible en <http://www.smart-cities.eu/>], última consulta en Julio de 2018.
192. Masdar City, 2013, [última consulta en diciembre de 2018 <http://www.masdarcity.ae/en/>]
193. Cisco, Cities of the future: Songdo, South Korea, [Disponible en <http://newsroom.cisco.com/songdo>], última consulta en Julio de 2018.
194. Cisco, Cities [Disponible en <http://thenetwork.cisco.com/>], última consulta en Julio de 2018.
195. IBM Smart planet 2013, [Disponible http://www.ibm.com/smarterplanet/uk/en/smarter_cities/examples/index.html], consulta Julio/2018.

- 196.R. Y. Clarke, *Smart Cities and the internet of everything: the foundation for delivering next-generation citizen services*, IDC, 2013, [Disponible en http://www.cisco.com/web/strategy/docs/scc/ioe_citizen_svcs_white_paper_idc_2013.pdf], consulta Julio/ 2018.
- 197.IEEE Smart Cities Initiative [Disponible en <http://www.smartcities.ieee.org>], consulta Julio/ 2018.
- 198.A. Marshal, *Big data big questions*, Mag. Metropoli, Feb. 2014, [Disponible en <http://www.songdo.com/Uploads/FileManager/Metropolis%20Magazine%202.2014.pdf>], consulta abril/2019.
- 199.Centro de Emergencias CDMX [Disponible en <http://www.caepccm.gob.mx/>], consulta abril/2019.
- 200.CAEPCCM [Disponible en <http://www.caepccm.gob.mx/>], consulta abril/2019.
- 201.Centro de Emergencias y Respuesta Inmediata [Disponible es https://twitter.com/CERI_PUEBLA] última consulta en Julio de 2015.
- 202.Alerta sísmica CDMX y aplicación para celulares [Disponible en <http://www.alertasismica.com/>], última consulta en Julio de 2018.
- 203.E-Gov STC IEEE [Disponible en <https://sites.google.com/a/ieee.net/stc-egov/>] consulta abril/2019.
- 204.La evolución de la seguridad cibernética: 1968-2012, Rev. Noticieero-IEEE Latinoamérica, V.24, N.3 (83), pp. 31-33, 2013. ISBN: 2157-8354.
- 205.IEEE Spectrum, The cyber security workforce, pp 67, Nov 2011.
- 206.Jim Clinch, ITIL V3 and Information Security, OGC, 2007.
- 207.ITU-T X.1205, Series X:Data Networks, Open System Communications & Security, Telecommunication, Security-Overview of Cyber security [Disponible <http://www.itu.int/rec/T-REC-X.1205-200804-I>], consulta abril/2019.
- 208.ISO/IEC 27032 [Disponible http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=45306], consulta abril/2019.
- 209.Why Cyber Security [Disponible <http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/>], consulta en abril/2019.
- 210.DHS, National Cybersecurity Protection System (NCPS), EINSTEIN System, USA, 2014, <http://www.dhs.gov/einstein>
211. USA, Gov., National Science and Technology Council, Trust worthy cyber space: strategic plan for the federal cybersecurity research and development program, Dec 2011.
- 212.ENISA-European Network and Information Security Agency , The threat from Flame, EU, 2012 [Disponible en <http://www.enisa.europa.eu/media/news-items/The-threat-from-Flamer.pdf>], consulta abril/2019.
- 213.Ben Frankel, Editor of Homeland Security Newswire, *Cyber attacks on critical infrastructure reach U.S.*, 21 November, 2012, Washington, USA.
- 214.Roman Rodrigo et al, *Securing the internet things*, IEEE Computer, September 2011, pp 51-58
- 215.Deutsche Telekom, Monitor de ataques cibernéticos [Disponible <http://sicherheitstacho.eu/>], consulta abril/2019.
- 216.ABB, AC800M Controller hardware, 2013.
- 217.Google & Arbor Networks, Digital Attack Map for DDoS, [Disponible en <http://www.digitalattackmap.com>], última consulta en julio de 2015.
- 218.Hendleer J., Lassila O, Berners-Lee T., *The semantic web*, Scientific American, pp 28-37, 2001.
- 219.Sanchez Carballido Juan Ramón, *Perspectivas de la información en internet: ciber democracia, redes sociales y web semántica*, Zer, pp 61-81, Vol. 13, No. 25, 2008.
220. Observatorio ingeniería mexicana, 2016 [Consulta 2018 <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/ingestad/>]
221. University Ranking by Academic Performance Metrics [Consulta 2019 www.urapcenter.org]

COLOFON

Esta obra está dirigida a quienes desean introducirse en los principios de las comunicaciones de datos que dan forma a las redes de computadoras como la INTERNET. El material se presenta con un enfoque teórico práctico para abordar en la primera parte a las redes de telecomunicaciones durante la 2ª y 3ª revolución industrial. La segunda parte aborda la estandarización de las redes de datos vía ISO/OSI, TCP/IP, así como IEEE 802.3 y la conectividad con servidores en la INTERNET. La tercera parte aborda brevemente las tecnologías de la información en la 4ª revolución industrial, incluyendo "cloud computing", "cyber security", "smart cities", "smartgrid", "IoT & big data". Esta tercera edición es la versión corregida, aumentada y actualizada de la obra, en la que se incluyen evaluaciones, ejercicios para simulación y prácticas de laboratorio que facilitan comprender los conceptos abordados.

EL AUTOR

José Ignacio Castillo Velázquez cuenta con 22 años de experiencia en TICs, tanto en empresas, como en universidades públicas y privadas. Ha participado en más de 80 proyectos nacionales e internacionales en áreas técnicas y de gestión.

Como académico ha impartido más de 120 cursos de licenciatura y posgrado en UACM, UAM, UDEFA, BUAP, UPAEP, UTM. Cuenta con 33 publicaciones en revistas y congresos internacionales, 3 libros y 2 reportes técnicos y más de 100 artículos de divulgación.

Ha impartido más de 140 conferencias magistrales en congresos nacionales e internacionales. Es árbitro en revistas internacionales (IEEE Access, Springer-Health and Technology, IEEE LA Transactions) y congresos internacionales (IEEE IISTT, LASCODCN, LATINCOM, ANDESCON, COLCOM, ETOM, ICEDEG & ROPEC). Desde 2008 es profesor de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Como profesional y consultor ha escrito 16 artículos y reportes técnicos en telecomunicaciones, ha laborado en Datacenter Dynamics, RedUno-Telmex, CEDATIFE y DICONET.

Castillo obtuvo los grados de Licenciado en Ciencias de la Electrónica con mención honorífica por la Facultad de Ciencias de la Electrónica, y la Maestría en Ciencias en Electrónica en el Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores, ambos por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

ISBN 978-970-94310-9-4



9 789709 431094 >



Ind 4.0