

Realidades y perspectivas de la computación en México

Adolfo Guzmán Arenas
Centro de Investigación en Computación del I. P. N.
aguzman@pollux.cenac.ipn.mx

RESUMEN. Se analiza el presente de la computación en México, y se extrapola su futuro, en cuanto a (a) sus usos; (b) su industria o sector productivo; (c) su docencia, investigación e investigación aplicada. El análisis histórico es necesariamente muy incompleto; la prognosis es, por lo mismo quizá, incierta. Empero, se exponen razones que hagan creíbles o plausibles las predicciones.

1. INTRODUCCIÓN.

Hace unos 50 años apareció en el mundo la Computación, y hace 40 años (en 1958) se introdujo a México. ¿Qué ha pasado en ese tiempo, especialmente con respecto a otros países? ¿Cómo nos ha ido? Analizaré cómo vamos y cómo iremos; qué tendencias existen. ¿Cuál será el mejor camino a seguir?

1.1 La madurez de la Computación.

La Computación es una disciplina que acaba de nacer, hace unos 50 años. A pesar de su gran difusión y utilidad, todavía no es una ciencia. Imagine usted a la Física cuando tenía 50 años de existir. Las edades de otras ciencias son respetables: unos 3,000 años para la medicina, unos 2,000 para las matemáticas.

Decía Lord Kelvin, quien inventó cómo medir la temperatura de un cuerpo en grados Kelvin (una variante de ellos son los grados centígrados), que para que una disciplina se convierta en ciencia, debe tener una manera objetiva de medir los fenómenos que estudia. Mientras la longitud se medía en codos, varas y pies, no había aún Física consolidada.

1.1.1 No sabemos medir.

Ahora bien, ¿en qué se mide el tamaño de un archivo? En bits. Bien, sigamos adelante. ¿En qué se mide la velocidad de ejecución de una computadora? En “millones de instrucciones por segundo”, o MIPS. Ah, pero hay instrucciones grandes, pequeñas y medianas. Como hay pies o codos largos y cortos. No, de seguro los MIPS no son una unidad “buena”. Bueno, también se mide en drystones o whetstones. Se carga una máquina con una mezcla predeterminada de programas y datos, y se ve qué tanto tarda en ejecutarlos. Esto es parecido a medir la dureza de un acero haciendo unos cinceles y viendo cuánto tardan en una cierta cantera en extraer con ellos 3 metros cúbicos de piedra.

¿En qué se mide el tamaño de un programa? En líneas de código. Pero hay líneas cortas y largas, y lenguajes lacónicos (APL) y verbosos (Cobol). No, no es una buena medida.¹

¿Cómo medir la ergonomía o facilidad de uso de un paquete? Preguntándole a varios usuarios qué tan fácil es usarlo. Esto se parece a la medición de la belleza de las mujeres por un jurado que las mira un ratito.

¿Cómo se mide el potencial de reuso (reutilización) de un programa? ¿Su transportabilidad (potencial de ser llevado y adaptado fácilmente a otras plataformas, a otros sistemas operativos)? Probablemente viendo qué tanto tardan unos programadores en hacer las adaptaciones. Hay que escribir programas sencillos. ¿Cómo se mide la complejidad de un programa?

1.1.1.1 Es atrevido tratar de medir “procesos de fabricación” en software.

El grado de madurez de un proceso o fábrica de software, ¿cómo se mide actualmente?² Si la empresa que produce software sigue ciertas reglas y procedimientos, tiene nivel 5. Con algunas fallas, alcanza nivel 4. Más fallas y le dan nivel 3. Esto es equivalente a medir el “grado de madurez en el proceso de fabricación” de las bisagras, viendo si se llevan en la fábrica ciertas bitácoras y juntas. De seguro las fábricas organizadas producen bisagras con más dureza que otras menos organizadas, pero (en Física) es más fácil medir directamente la calidad del producto (la bisagra), midiendo su dureza, o su resistencia a los esfuerzos cortantes.

En particular resultan prematuros los esfuerzos para medir la “madurez de una empresa para producir software de calidad”, porque ni siquiera sabemos cómo medir la calidad (dada por la ergonomía, transportabilidad, reuso, ...) del software. Se parece a quien desee medir la “madurez del proceso de fabricación de mujeres bellas” cuando ni siquiera la “belleza femenina” se sabe medir bien. ¿Mediría la altura de la cama? ¿La temperatura de la alcoba?

1.1.2 No hay ecuaciones de estado.

Otra indicación de madurez de una ciencia es que hay ecuaciones que rigen las distintas variables, que nos dicen “esto” es igual a “esto otro.” En Física, la ley de Newton $f = m a$ nos dice: si multiplicas la masa de un cuerpo por su aceleración, obtienes la fuerza que actúa sobre él.” En Química, la Ley de los Gases Perfectos señala: $p v = n R T$. “Si multiplicas la presión de un gas por su volumen, obtienes una cantidad proporcional a su temperatura, donde la constante de proporcionalidad es R, la Constante de Avogadro, por n, el número de moles³ de ese gas.”

¿Qué obtenemos si multiplicamos la velocidad de ejecución de un programa por su facilidad de reuso y dividimos por su tamaño en líneas de código? Nada. Más de esto en el § 5.

¹ La “Métrica” es una rama de la computación (dentro de “Ingeniería de Programas” o Ingeniería de Software) que estudia cómo hacer estas mediciones; hay libros, reuniones y congresos. Desgraciadamente, esto no la convierte en ciencia.

² Esta medición se inventó en EE. UU., y hay un Instituto (Software Engineering Institute) que la practica como negocio. Se está tratando de introducir este tipo de medición (y de negocio) a México.

³ Un mol de una sustancia es su peso molecular expresado en gramos. Así, un mol de oxígeno es 16 gramos de oxígeno.

1.2 La Computación es un arte.

No es una ciencia. Tampoco es una ingeniería. Es, como lo decía Donald C. Knuth en el título de su libro “The Art of Computer Programming”, un arte, más en el sentido de artesano que en el de artista. Falta mucho, casi todo, por descubrir. No ha habido muchos genios (Alan Turing, John Von Neuman, Marvin L. Minsky, y otros cuantos) aún. No es sorprendente, siendo una bebida de 50 años. ¿Debemos sentir tristeza? Al contrario: (1) estamos presenciando el nacimiento de una nueva ciencia, quizá la más importante; (2) hay mucho por descubrir [uno tiene más oportunidades de descubrir algo profundo, no ha habido muchos genios escarbando el territorio y buscando tesoros. Imagínese buscar algo nuevo –un teorema importante– en un terreno donde ya escarbó Leibnitz, Newton, Dedekin, Gauss, ...]; (3) no hay mucho todavía que aprender.

Una desventaja del estado actual de la Computación es que cambia mucho. Los avances se suceden rápidamente, debido a la corta edad de la disciplina. Estimo que el tiempo de vida medio⁴ de un concepto en computación es de 5 años. Es decir, cada cinco años, la mitad de lo que sabemos se vuelve inútil (aunque no los olvidemos). Esto requiere (a) que el practicante de la Computación tenga que estar constantemente estudiando, leyendo, aprendiendo, suscrito a revistas, yendo a cursos, a congresos; (b) que a los estudiantes de licenciatura de Computación se les debe dotar de una fuerte base teórica y matemática, porque deberán construir sobre ella (re-aprender) *el equivalente de varias licenciaturas*, a lo largo de su vida. Más sobre esto en el § 4.1.2.

1.3 Empero, su influencia e importancia es indiscutible.

A pesar de su juventud, la Computación ha tenido un impacto y popularización fuerte. En parte, se debe al abaratamiento del procesador 80x86 y al disco de cabeza móvil (Winchester). Decía un autor francés que si la Mecánica se hubiese abaratado tanto como la Computación, un automóvil Rolls Royce costaría un franco. En los países avanzados, el mercado de equipo ha llegado a saturación: los negocios que iban a comprar computadoras, ya las tienen; los que no, no las piensan comprar. En estas condiciones, el crecimiento de la industria de cómputo solo puede darse a la misma velocidad que el del resto de las industrias. Nuestro país, en 1998, aún no llega a saturación, y la industria del cómputo crece a mayor velocidad que, digamos, el producto nacional bruto.

El número de personas que saben programar, y de aquéllos que usan las computadoras, también ha aumentado drásticamente. Hay 110,000 estudiantes de licenciatura en computación en México; es la Ingeniería más popular.

Por estas razones quizá, es aceptable seguirle llamando “Ciencia de la Computación”.

⁴ El tiempo de vida medio de una masa de substancia radiactiva es aquél en el cual decae la masa a la mitad de su valor original.

1.3.1 El retraso de México en el área.

No debemos preocuparnos mucho si estamos atrasados o no, en la Ciencia de la Computación. Como se vio, todo el mundo es ignorante: la disciplina apenas nació. Debemos prestar más atención al atraso relativo, con respecto a otros países similares al nuestro. Más de esto en el § 3.3.

También, aunque “está bien” procurar hacer Ciencia de la Computación en México, “es mejor” o “es más conveniente” desarrollar *el arte* de la computación, aplicaciones, la ingeniería (fabricar cosas útiles con ella), la industria. Desarrollo de paquetes, para auto-consumo, para venderlos en el país, para exportar. Pensar en innovaciones (recordar que casi todo no se ha descubierto), mejoras, nuevas aplicaciones (estamos en un mercado no saturado). Más de esto en el § 2.3. Para esto, es necesario entender y *dominar* esta tecnología (o arte), conocerla a profundidad. Ser líderes.⁵ En cambio, ser reactivos (esperar a que otros inventen, para nosotros aprender), traducir libros importados (en vez de escribir los nuestros), aprender a *manejar* (en vez de *hacer*) paquetes y programas de aplicación no conduce al dominio ni liderazgo [Aunque se entiende que no todos van a innovar o a escribir libros, muchos serán usuarios o lectores].

Probablemente, la Ciencia de la Computación se desarrollará a partir de avances artesanales o ingenieriles, preferentemente nuestros, y no de “cavilar sobre experiencias de otros y unificarlas o generalizarlas”: ¡no hay muchas!

2. APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN.

¿Para qué sirve la Computación? ¿Quién la usa? Las respuestas ayudarán a los profesionales de la Computación a ver qué conviene hacer, qué es bueno inventar.

El breve análisis que sigue discute primero sus tipos de uso, y luego los tipos de usuarios (segmentos del mercado).

2.1 Tipos de uso.

2.1.1 Como procesador de información.

Aquí la computadora recibe datos y produce más datos (llamados resultados), quizá en papel, quizá en pantalla.

- A. Se utiliza como ordenador, como sistematizador de datos, para llevar cuentas detalladas de llamadas, de clientes, de calificaciones, de impuesto predial, ... Fue una de los primeros usos en México, digamos en el Seguro Social para manejar derechohabientes.

Aunque es un uso relativamente desarrollado (la captura está automatizada con lectores de barras o de tarjetas magnéticas; las bases de datos relacionales son un segmento maduro de

⁵ La misión del Centro de Investigación en Computación (C. I. C.) es “ser líder en los campos que cultiva, y alcanzar niveles nacionales e internacionales de competitividad.”

nuestra industria), aplicaciones recientes en este modo de uso (y en las que apenas empieza el desarrollo –he aquí nuestra oportunidad–) incluyen:

1. la *inter-operabilidad* entre sistemas ya existentes –cómo conectar y hacer que intercambien información aplicaciones que fueron construidas aisladamente, quizá en plataformas distintas;
2. la recolección sistemática de datos operacionales y su conversión en información estratégica (para toma de decisiones por la gerencia media y alta), que forman bodegas de datos («data warehouses»). En el C. I. C., el Laboratorio de Sistemas de Información agrega funciones a un producto, llamado ANASIN (hecho por SoftwarePro International) que efectúa la recolección en tiempos muertos, generalmente de noche, de manera automática, usando las computadoras ya existentes en la empresa. Una aplicación reciente es la *minería de datos*: la búsqueda sistemática de situaciones interesantes, desviaciones y tendencias, en un mar de datos (ANASIN posee un minero de datos, y es un campo de investigación activo en el C. I. C.).

En este apartado podemos incluir la computación personal o computación casera, con aplicaciones a procesamiento de textos (hacer cartas, artículos, ...), hojas de cálculo, etc. Aunque es un campo relativamente bien desarrollado, necesitamos agregarles más inteligencia a varias de estas aplicaciones. Por ejemplo, en vez de buscar escritos que contengan determinadas palabras, ¿por qué no buscar los *conceptos* que contienen? Después de todo, un artículo puede hablar de revolución aunque no contenga esa palabra, si menciona a Francisco Villa, Porfirio Díaz, Francisco I. Madero, ... CLASITEX es un programa (§2.7) que halla los principales temas de un artículo en español.

- B. Para cálculos de ingeniería, de costos, para solución de problemas, simulación.
- C. Como analizador de datos en busca de soluciones. Por ejemplo, análisis de imágenes médicas y de cromatografía; análisis de clientes u objetos para entender los principales grupos o clases de los mismos (clasificación no supervisada) o para clasificar un nuevo cliente en “buen pagador”, “regular” o “mal pagador” (clasificación supervisada; percepción remota). El Laboratorio de Imágenes y Reconocimiento de Patrones del C. I. C. ha desarrollado ambos tipos de clasificadores, los que manejan tanto información numérica como simbólica.
- D. Aplicaciones “de fuerza bruta”, que son posibles gracias al abaratamiento del disco Winchester y del C.P.U. Por ejemplo, es posible que un establecimiento comercial lleve un registro de lo que cada uno de sus clientes compró, a fin de enviarle propaganda relevante, ofrecerle un servicio de mantenimiento a su estéreo, o avisarle que llegaron nuevas películas de vaqueros.
La lista no es exhaustiva.

2.1.2 Para buscar y traer información.

- A. Destaca aquí Internet y su desarrollo.
- B. Una investigación en marcha en los Laboratorios de Agentes e Inteligencia Artificial del C. I. C. es el Proyecto EVA (Espacios Virtuales de Aprendizaje), que propone el uso de computadoras y comunicaciones para eliminar o mitigar la necesidad de que el profesor y el alumno coincidan en el mismo lugar (salón de clase) y a la misma hora. EVA promete llevar POLIlibros (libros escritos en varios medios: texto, video, PowerPoint, audio) a través de la red, personalizarlos a cada estudiante, mezclando diversos capítulos frente al estado del conocimiento actual y deseado del estudiante.
- C. Las bodegas de datos (como el ANASIN, ya mencionado) caen aquí.

2.1.3 Como controlador de instrumentos o procesos.

En este tipo de uso, la computadora maneja un instrumento o un proceso, capta datos, toma decisiones (o permite que las tome un usuario u operador) sobre el proceso. Automatización. Control. Sistemas en tiempo real (existe en el C. I. C. el Laboratorio de Tiempo Real). Sistemas inmersos. Sus salidas no son “resultados”, sino “acciones”.

Hay aplicaciones más sencillas. Por ejemplo, menús de voz: tarjetas que contestan un teléfono, con mensajes en español, grabados anteriormente. La persona que llama es invitado a pulsar 1 si quiere datos de abarrotes, 2 de blancos, 3 de ferretería, etc., y de esta manera, la computadora lo va llevando por distintos menús de voz, para al final darle, digamos, la lista de precios de licores y vinos.

Otra aplicación: dotar a los carros que están en un estacionamiento de *gafetes activos*, que identifican al carro “yo soy el automóvil tal, ya llegué al estacionamiento”. Esta señal la recibe un transmisor/receptor de baja potencia localizado en la azotea del edificio de la empresa, que toma nota de los carros que entran y salen del estacionamiento. Un usuario debe notificar al sistema “ya me voy”, y lo deja salir sin novedad. El sistema detecta así salidas no autorizadas (posibles carros robados) y da la alarma al guardia del estacionamiento.

2.1.4 Como parte inteligente, como tomador de decisiones.

La Inteligencia Artificial trata de dotar de inteligencia (poder de razonamiento, inducción, generalización) a programas, para que puedan efectuar trabajos complejos. Por ejemplo, los mineros de datos y los clasificadores del § 2.1.1 podrían caer aquí. Por eso el C. I. C. posee los laboratorios de Inteligencia Artificial, Agentes y Procesamiento de imágenes.

2.2 Tipos de usuario o consumidores.

En vez de hacer una lista exhaustiva, mencionaré algunos segmentos de mercado donde la computación recién se ha introducido: son nichos que requieren atención.

- A. Medicina. Es un campo relativamente olvidado por la computación. Faltan, por ejemplo, instrumentos más inteligentes, sensores que ya tengan idea de la anatomía del riñón, ...
- B. Agricultura. Por ejemplo, un sensor montado en la canastilla que yace en la punta de los palos con que se cortan los mangos, a fin de determinar el grado de maduración de la fruta antes de cortarla (y solo cortar los mangos $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$).
- C. Jurisprudencia. El análisis de textos puede aplicarse a nuestra legislación.
- D. Turismo. Visitas virtuales. Formación de un “Club de adoradores de Huatulco.”
- E. Educación. Enseñanza asíncrona (virtual). POLlibros. Compre un libro y obtenga automáticamente las actualizaciones sucesivas, a través de Internet.

2.3 Los segmentos de mercado no saturados.

Algunas aplicaciones que aún no se han desarrollado plenamente en nuestro país (la lista no es exhaustiva):

- A. Tramitología, manejo de asuntos, automatización y simplificación de trámites, manejo de documentos electrónicos (work flow). Que los trámites puedan hacerse por la red.
- B. Control de flujos migratorios, entrada y salida a los aeropuertos, controles migratorios.
- C. Sistemas requeridos por la pequeña empresa y la microempresa. Ejemplos: talleres de reparación de automóviles (presupuestos, control de trabajos o tareas, asignación de tareas a personas), acabado de edificios (programa que haga presupuestos de vidrios, cancelas, puertas y ventanas, sobre una obra negra). Programa para llevarle un control de pacientes a un dentista: visitas, descuentos, análisis.

La idea general es buscar nichos no saturados, y pronto hacer programas que los apoyen.

2.4 Desarrollar software para las industrias que son fuertes en México.

En algunas áreas, México tiene desarrollos o empresas importantes. Hay *know how*, hay experiencias, hay capital. Conviene aprovechar estos conocimientos (y capital) para desarrollar software útil a estos sectores.

Destaca en primer lugar la industria petrolera. La Ingeniería Civil. La Cardiología.

2.5 Qué hacer con el software hecho a la medida.

Una vez que hemos desarrollado una aplicación para alguna empresa, conviene pensar en otros clientes parecidos, y en generalizar la aplicación a fin de convertirla en paquete (un paquete es un producto de software del cual se venden varias copias, idealmente muchas). La idea es vender tal paquete en vez de seguir haciendo desarrollos a la medida. Posteriormente, se puede pensar en venderlo en otros mercados (exportarlo).

La fabricación de paquetes de software es un mercado muy competido, pero existe la oportunidad de tener gran éxito. Hay algunas empresas mexicanas (IBM de México, SofTek) que exportan software. Busquemos que haya más.

2.6 Qué hacer para substituir productos importados.

Algunos productos importados (sobre todo los de primera generación) necesitan mucha adaptación para ser bien usados en nuestro país, en nuestras condiciones. Estos se convierten en oportunidades de (a) proporcionar un valor agregado al producto, y (b) diseñar un producto más simple, pero mejor adaptado a nuestra idiosincrasia (o necesidades). Ejemplo: sistemas de minería de datos. Ejemplo: Bodegas de datos. También es factible hacer ingeniería a la inversa del producto, entendiendo sus limitaciones, eliminando de paso las funciones que ya sabemos que no se requieren, y agregando (al nuevo producto) aquéllas que la experiencia muestra que hacen falta. Aquí es vital hacer estos trabajos en colaboración con un *usuario* del producto.

2.6.1 Productos que nacen tropicalizados versus productos que *hay que tropicalizar* .

A veces los teléfonos fallan en nuestro país. A veces falla la energía eléctrica. A veces, el mantenimiento de un equipo no es óptimo. Por otro lado, el cliente mexicano generalmente exige más (por peso invertido) que otros.

Estas “desventajas” pueden verse como *ventajas* al desarrollar software: un producto que las toma en cuenta y las supera, será más tolerante a fallas, más resistente a la *Ley de Murphy*, y competirá favorablemente con productos diseñados en climas más benignos, donde tales fallas ocurren menos.

Para esto, se requiere estar en contacto con las empresas e industrias (u organismos de gobierno) que tienen problemas reales. Se requiere “manchase las manos”.

2.6.2 La ventaja de tener al fabricante (de software) a la vuelta de la esquina.

Trate usted de pedirle a un fabricante de Utah que haga un cambio sencillo en un producto masivo. Convenza al diseñador que venga a discutir con usted la posibilidad de un cambio a ciertas funcionalidades del producto. Pídale que escriba manuales en español. Si el producto es sofisticado, pídale que sus vendedores entiendan lo que venden, que le ayuden efectivamente cuando usted tiene un problema con el paquete.

Existen ciertas ventajas en tener al fabricante de software a la vuelta de la esquina, en la misma ciudad. Además, un fabricante pequeño responde mejor a las solicitudes del cliente. También, en general, los grupos pequeños de programación son mucho más eficientes que los grupos grandes.

2.7 Buscar nichos de aplicación.

La idea consiste en crear programas de aplicación, que solucionan un problema útil a algún cliente, proporcionándole un valor agregado. Hay una buena oportunidad en campos en los que existen pocos desarrollos. Buscar temas aplicados, haciendo mancuerna con los especialistas del área. Si se puede, continuar puliendo esta aplicación (haciendo un segundo trabajo para un segundo cliente, por ejemplo) hasta convertirla en paquete de aplicación, que ya se puede vender de manera masiva. Ejemplos:

- Geoprocesamiento. Cobro de impuesto predial. Despliegue sobre mapas de datos de la empresa (ventas, accidentes, número de egresados, ...)
- Impuestos.
- Simulador de un tren de destilación. Puede ser un paquete para enseñanza de ingenieros químicos.
- Visitas virtuales. Galerías de sitios turísticos (o spas, o museos) con que cuenta el país.
- Auxiliar en la composición de música. Esta aplicación se desarrolló en el Laboratorio de Multimedia del C. I. C.
- Bodegas de datos (recopilador sistemático de información desperdigada en toda la empresa, y su concentración en una base de datos central). Minería de datos (la búsqueda sistemática y semi-exhaustiva de situaciones interesantes, anomalías o tendencias, en un mar de datos. Búsqueda automática, a menudo fuera de las horas pico). Clasificadores supervisados y no supervisados (§ 2.1.1). Sistemas de información ejecutiva. Son paquetes que apenas empiezan a introducirse en México. Para apoyo en la toma de decisiones.
- Reconocimiento de rostros por computadora. México tiene una base de datos con 40 millones de rostros, huellas y firmas. Es una ventaja que se puede aprovechar.
- CLASITEX,⁶ un programa que halla los principales temas de un documento en español. Se aprovecha el hecho de que hay pocas instituciones trabajando sobre español, por lo que llevamos cierta delantera.
- Generador de reportes RepCob a partir de archivos de formato arbitrario. Aumenta la longevidad de aplicaciones ya existentes y funcionando.

2.8 Recomendaciones.

- Buscar oportunidades, atacar nichos de aplicaciones que no tienen solución vía software;
- donde existen productos pero que no hay llegado a México (mercados no saturados);
- o donde haya nichos en los que México tenga superioridad
- .

⁶ Desarrollado por SoftwarePro International.

La idea en general consiste en resolver problemas prácticos, porque (a) existe la necesidad, y por consiguiente probablemente alguien se interese (y pague); (b) esta misma persona o empresa nos dará guía valiosa sobre lo que el software debe hacer y contener.⁷

3. LA INDUSTRIA DE LA COMPUTACIÓN.

Nuestra disciplina tiene una característica importante, que conviene explotarla. En pocas otras áreas, es suficiente con hacer una sola vez algo, para tenerlo muchas veces. En literatura, Don Miguel de Cervantes escribió *un ejemplar* de Don Quijote, pero vendió muchas copias. Muchos lectores nos hemos regocijado con su novela. Lo mismo le pasó a Beethoven con su Concierto Emperador. Si alguien le hubiera pedido 50 copias, no tendría problema. Empero, Diego Rivera pintó *un* cuadro “Vendedora de Alcatraces.” Ante un pedido de 50 copias, hubiese tenido cierto problema en hacer las 49 restantes. Hacer una bicicleta no es lo mismo que hacer 100. Hacer muchas copias de un programa no tiene mucho problema.

La industria de la computación destaca por la proliferación y popularización de sus productos, sobre todo desde la invención de las PCs.

3.1 ¿Está al día México en Computación?.

Sí, porque podemos adquirir máquinas modernas, baratas, fáciles de usar. A poco de introducirse en el comercio máquinas nuevas, software recién hecho, aparece en México.

No, porque casi todo lo que se vende en México se importa. Nuestro valor agregado es magro.

3.2 Los equipos, dispositivos y periféricos – su fabricación y venta.

Existe gran cantidad de equipo confiable y barato de venta en nuestro país. Mucho de este equipo se importa. Se hace poco en México, aunque se hace algo: IBM fabrica en Guadalajara AS 400s y Lap Tops. Se ensamblan en México PCs de algunas marcas (Acer, ...).

3.3 Paquetes y programas de aplicación – su fabricación y venta.

El software a la medida se trata en § 3.4.1.

Existe una gran cantidad de paquetes de venta en nuestro país. Casi todos los paquetes se importan. Hotware de México fabrica un prototipeador rápido, llamado Hotware.

Se exporta muy poco software en paquetes. Esto, en comparación con otros países que se parecen al nuestro en cuanto a su estado de desarrollo: La India exporta anualmente mil millones de dólares en software. Israel, 300. España, Chile, Costa Rica, exportan software. México podría seguir

⁷ Recomiendo buscar primero al cliente y *luego* hacer el producto, (a) para no hacer productos para la vitrina de exhibición, y (b) porque el cliente *sabe lo que necesita*, y nosotros *no*.

este ejemplo y fabricar software de *buena* calidad, primero para consumo interno, y luego para exportar.

3.3.1 Creación de software de aplicación por especialistas de otras disciplinas

Es factible que las contribuciones en software de aplicación las realicen especialistas de otras áreas, quizá ayudados por especialistas de computación. Por ejemplo, cerca de setenta profesores del Politécnico (químicos, economistas, ..., no de computación) vienen al C. I. C. cada año a pasar su año sabático *aprendiendo computación*. Luego regresan a sus escuelas a seguir impartiendo sus conocimientos. Estos profesores a menudo desarrollan software interesante, sobre la enseñanza de la tabla periódica de los elementos, sobre diseño de acabados utilizando Autocad, ...

3.4 Soluciones a problemas

3.4.1 Software a la medida.

Cuando una empresa no encuentra la solución a su problema en un paquete de software, recurre a fabricarlo a la medida, desarrollándolo dentro de la empresa (software de auto-consumo) o mandándolo a fabricar (software a la medida). Por esto, hay en México una industria de cierta importancia de software a la medida, de software de auto-consumo, de consumo de un solo cliente. Conviene apoyarse en este mercado para tratar de volver a utilizar este software, generalizándolo a fin de convertirlo en paquete.

Ver también los §§ 2.4, 2.5, 2.6, 2.7.

3.4.2 Integración.

El diseñador moderno de software utiliza mucho pedazos grandes, ya hechos por alguien más. Se dice que *integra* esos paquetes en una solución. La industria de programas a la medida (§ 3.4.1) hace a menudo integración, añadiendo valor agregado (código de enlace, modificaciones, adaptaciones) y produciendo una solución original. Es mucho más barato integrar pedazos grandes de código ya hecho, que hacer todo desde cero.

3.4.3 Outsourcing.

Por otra parte, cuando una empresa hace **outsourcing** hacia un centro de cómputo en el extranjero, se pierden fuentes importantes de trabajo en computación.

4. LA ENSEÑANZA DE LA COMPUTACIÓN.

Podemos enseñar a un Ingeniero Civil a utilizar la Computación para ser mejor ingeniero, para mejor explotar su profesión (como podemos enseñarle a manejar una camioneta, para mejor explotar su profesión). La enseñanza de la computación en otras disciplinas se ve brevemente en la sección 4.2. Me extenderé más en la enseñanza de la computación para dominarla, para utilizarla o hacerla avanzar (como podemos enseñarle a una persona a diseñar, construir, reparar y mante-

ner una camioneta, y entonces estaremos formando quizá un ingeniero mecánico automotriz, o un técnico automotriz). Esta enseñanza de la computación a “profesionales de la computación” se ve en la sección siguiente.

4.1 A profesionales de la computación.

4.1.1 En nivel técnico medio y superior.

Generalmente a este nivel se le enseña al estudiante a programar y a usar paquetes. Es importante que tengan suficiente práctica. Es más importante quizá que tengan buenas bases para poder continuar aprendiendo una vez que salen de la escuela (Ver § 1.2). Hago algunos comentarios:

- A. Es menester fabricar libros y software para enseñanza a este nivel.
- B. Los cursos deben estar de acuerdo con la realidad nacional. Por ejemplo, evitar dar materias ya obsoletas (Pascal, Cobol). Para esto, conviene pagarles a los profesores competitivamente, para así poder obtener educadores actualizados.
- C. En general, me da la impresión de que en esta área reaccionamos, no somos innovadores.
- D. Hace falta construir programas (de cómputo) educativos (courseware) para este nivel.
- E. Los niveles de salarios de los profesores de cómputo son bajos (puesto que existe un mercado externo que fija sus salarios), y es difícil conseguir profesores con experiencia.

4.1.2 En nivel superior o licenciatura.

Es muy importante dar a nivel de licenciatura las bases teóricas (matemáticas, física, electrónica, probabilidades, análisis numérico, teoría de autómatas y lenguajes formales) y las bases de la profesión (programación –un par de lenguajes de batalla, y un lenguaje esotérico, mínimo–, programación de sistemas, sistemas operativos, arquitectura de computadoras, bases de datos, sistemas de información, análisis y diseño de sistemas de información; redes, computación distribuida, telecomunicaciones) para que el estudiante pueda seguir aprendiendo una vez que salió de la escuela. Estas bases constituyen el temple de un machete que requerirá unas ocho afiladas en los 40 años de vida profesional que se espera de un egresado (Ver § 1.2). Es importante repartir las materias de computación durante los ocho o nueve semestres que dura la carrera, y no amontonarlas en los dos últimos años (bajo la presión de un “tronco común” con otras ingenierías). También hay que darle algunas cuantas materias “de moda” o actuales, para que el egresado salga inmediatamente a producción. Es el filo del machete. Termino con varios comentarios:

- A. Es importante fabricar libros de computación a nivel de licenciatura. Cada profesor de licenciatura debería estar escribiendo sus apuntes, convirtiéndolos en libros, que tengan en la contraportada un disquete con ejemplos y programas.

- B. Hace falta fabricar courseware, tutoriales por computadora, videos interactivos, laboratorios virtuales, buscadores de información. Ver el Proyecto EVA (§2.1.2). Esto ayudaría a mitigar la falta de profesores con experiencia en hacer software.
- C. Los niveles de salarios de los profesores de cómputo son bajos (puesto que existe un mercado externo que fija sus salarios), y es difícil conseguir profesores con experiencia.

4.1.3 En posgrado.

Se requieren en este nivel libros de texto y monografías. Cada profesor debería escribir su libro.

- I. Los niveles de salarios de los profesores de cómputo son bajos (puesto que existe un mercado externo que fija sus salarios), y es difícil conseguir profesores con experiencia.

4.2 Enseñanza de computación en otras disciplinas; usos particulares.

La computación puede utilizarse para ser mejor ingeniero civil. Por consiguiente, en Ingeniería Civil conviene enseñar algo de Computación. La computación como auxiliar de otras disciplinas se centra en la enseñanza de paquetes y métodos que son de utilidad en esas otras disciplinas. Ver también § 3.3.1.

4.3 La Computación como auxiliar de la Computación; Tecnología de Software.

También la Computación puede utilizarse para ser mejor profesional de la Computación (compare con § 4.2). Por ejemplo, utilizando un editor de textos que conozca la sintaxis del lenguaje de programación que estoy escribiendo. La enseñanza en esta área se lleva a cabo dentro de la educación formal en Computación (§ 4.1), y comprende la Programación de Sistemas (§ 4.3.1), herramientas para el Programador o Analista Profesional (§ 4.3.2), compiladores, generadores de interfaces gráficas, intérpretes y evaluadores.

4.3.1 Programación de sistemas.

Aquí entran todos los programas que ayudan a mejor utilizar el equipo de cómputo, excepto los sistemas operativos (que por tradición se ven o se enseñan aparte): ensambladores, cargadores, ligadores, expansores de macros, intérpretes, compiladores (también se ven en una materia aparte en licenciatura), y otros programas que mejor administran el equipo.

Mi recomendación es que el profesional de la computación dedique cierto tiempo a desarrollar sus propias herramientas. Por ejemplo, yo uso un archivo de texto que contiene parámetros de inicialización, de manera que el usuario pueda especificar (con la ayuda de un editor de texto, con cierta dificultad) el color del fondo de sus pantalla, el tipo de letra, etc. Y también le ofrezco un programa en un ambiente gráfico que, al interactuar con el usuario, llena tal archivo (y ahora sí, es fácil de usar).

4.3.2 Herramientas CASE.

Estas herramientas ayudan en el proceso de fabricación de software. Por ejemplo, Hotware es un paquete (hecho en México) para diseñar prototipos rápidos. Otro ejemplo es el generador de reportes RepCob (Ver § 2.7). Hay documentadores automáticos, machotes de aplicaciones (llamados Wizards en Access), editores de especificaciones, convertidores de diagramas entidad-relación-atributo a definiciones de tablas y vistas, etc.

Muchas herramientas CASE proveen aún poco valor agregado, por lo que una herramienta bien diseñada, en conjunto con usuarios, tiene nicho. Existe una gran oportunidad aquí. La sugerencia es trabajar en problemas reales, junto con usuarios (programadores, analistas) que proporcionen opiniones independientes sobre la utilidad de lo desarrollado.

5. INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN.

Esta sección no se refiere a “investigación en otras áreas, acelerada por el uso de la computación.” Ver para esto el § 4.2.

5.1 Cómo se mide.

La investigación es un trabajo creador que produce cosas originales: nuevos métodos, nuevas tarjetas electrónicas, nuevos conceptos, patentes, teoremas, ecuaciones de estado. No busca que las cosas inventadas sean útiles. Busca que sean *nuevas*, originales. Típicamente, se miden (o se notan) en tesis de grado, publicaciones en revistas de investigación, artículos científicos, etc.

La Computación es una ciencia que acaba de nacer (ver § 1), y se manifiesta como un arte. Por ende, hay poco de investigación, pocas teorías, pocos conceptos nuevos.

Si tiene un grupo que dice hacer investigación, exíjales que publiquen en revistas con arbitraje internacional (casi todo lo nuevo se hace fuera de México), y no tan solo en congresos o conferencias. Proteja sus inventos e innovaciones con patentes, marcas industriales, ...

5.2 Qué ocurre en México.

Poca investigación se hace en México en Computación. Hay unos 130 especialistas doctores en el área. Sin embargo, eso no implica que no podamos hacer trabajos originales de calidad. Quizá haya que inspirarse en los problemas nacionales, pero esa no es una receta necesariamente buena. Hay que evitar el turismo científico (es más fácil asistir a congresos, a viajes, invitar y ser invitado, organizar reuniones, crear alguna sociedad nacional de informáticos, que sentarse a hacer ciencia). La mayor parte de la investigación se realiza en universidades del sector público. En algunas, la burocracia es excesiva, los apoyos están fragmentados (un organismo otorga dinero para viajes, el otro paga sobresueldos, el otro subsidia publicaciones; las compras hay que efectuarlas centralmente, bajo concursos y criterios rígidos, ...) y ocurren un año después de lo solicitado. Esto origina que lo poco que el país invierte en investigación se desperdicie o malogre, y

que los investigadores se desesperen. La tentación es muy grande para “pasarse al otro lado de la barda” y dedicarse a producir software y aplicaciones –y no a investigar.

Un esfuerzo saludable reciente es la creación de la revista *Computación y Sistemas*, de cobertura iberoamericana, que publica artículos originales en inglés, español y portugués. El C. I. C. está apoyando su creación y consolidación.

6. INVESTIGACIÓN APLICADA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.

La investigación (§ 5.1) busca crear cosas nuevas. Se mide en conceptos, teoremas, objetos no antes vistos, nuevos materiales, que a menudo aparecen en publicaciones científicas, congresos, reuniones especializadas, tesis de doctorado. *No es investigación hacer algo que ya se hizo, aun cuando no se haya hecho en México.*

La investigación aplicada busca crear cosas útiles. Generalmente, tiene un cliente o usuario, y generalmente, tiene un valor (se mide en pesos, se paga). *No es investigación aplicada aquel trabajo que no tiene cliente.*

La transferencia de tecnología busca incorporar lo que se acaba de inventar (el “estado del arte”, normalmente encontrado en revistas científicas y congresos) al “estado de la práctica”, normalmente encontrado en paquetes y aplicaciones comerciales.

El desarrollo profesional consiste en que alguien dedique cierto tiempo a aprender o a hacer ejercicios para dominar algo que él no sabe (la transformada Z, digamos). No es investigación ni investigación aplicada ni transferencia de tecnología.

6.1 Investigación aplicada.

Cuando inventamos algo (investigación, §5), a menudo queremos aplicarlo. Conversamente, cuando un organismo tiene un problema, busca cómo solucionarlo. El desarrollo de las aplicaciones de una ciencia viene dictado por dos fuerzas: el *empuje* lo da la generación de nuevos conocimientos o métodos, y el *tirón* lo da la necesidad de resolver problemas reales.

El criterio principal para desarrollar aplicaciones es que sean útiles, es decir, que haya un usuario que les atribuya cierto valor.

No es investigación aplicada “el hacer una aplicación para ver quién la va a usar después”. Esto es hacer “trabajos para ponerlos en la estantería”. Tampoco debemos hacer desarrollos que “de seguro alguien nos los va a comprar”, a menos que estemos *muy* seguros de eso.

¿Todos los desarrollos útiles son investigación aplicada? No. Todos son desarrollos aplicados, o sea, aplicaciones. Que sean *investigación* aplicada requiere además que sean aplicaciones de cosas relativamente recientes, de descubrimientos o innovaciones nuevas; en cierto sentido, que las aplicaciones (desarrollos útiles) sean ellas mismas novedosas.

6.2 Transferencia de tecnología.

Podemos tomar la opción de utilizar los avances científicos que ya se llevaron a cabo en otros lados, y transferirlos (transferencia de tecnología) a productos o aplicaciones que nosotros desarrollemos.

No es trivial. Hay que saber qué, de los muchos conocimientos o métodos nuevos, va a ser útil para resolver determinada necesidad o nicho de mercado.

Por lo general, el “cliente” mexicano se presta más a colaboraciones con la academia (en computación)

Por lo general, los científicos mexicanos (en computación) son más puros y no se quieren ensuciar las manos, que sus colegas de EE. UU., digamos.

6.3 Relación entre la universidad y la industria.

Esta relación debe estrecharse. Hay cierta desconfianza: el sector productivo no cree mucho en la capacidad de las universidades en resolver problemas prácticos, reales. El sector académico no se acerca a la industria (o comercio, o sector gobierno), no le gusta “trabajar en problemas mundanos”, no es investigación, no agregan puntos para el SNI o para las becas de COFAA. Algunas ideas que pueden estrechar la relación:

- A. Incubadoras de microempresas. Una manera funcional de apoyar el desarrollo de empresas y fuentes de trabajo es la creación de incubadores, que apoyan con ciertos subsidios a pequeñas industrias, durante un plazo limitado. El Instituto Politécnico Nacional ya creó una.
- B. Participación del sector productivo en el Consejo de Administración de una universidad. Esta práctica la llevan a cabo, con éxito, las Universidades Tecnológicas (la de Nezahualcóyotl, digamos).
- C. Estancias en la industria de estudiantes, servicio social, prácticas profesionales. Bien conducida, puede ser provechosa para la empresa y, desde luego, para los estudiantes o practicantes.
- D. Estancias en las universidades y centros de investigación de personal de informática de la empresa o sector público. Para hacer una especialización. Para desarrollar (él solo, o con colaboración de la institución académica) algún proyecto de interés para su patrón.
- E. Que el SNI, COFAA, ..., reconozcan la investigación aplicada (y la transferencia de tecnología) como una labor útil en el desarrollo de una ciencia. O mejor aún, que se permita a los directores de escuelas y centros de investigación decidir ellos en qué van a trabajar sus investigadores (ver §5.2), centralizando en tales directivos los fondos para hacer in-

investigación y desarrollo tecnológico que actualmente se encuentran desperdigados en comités, consejos, sistemas, comisiones, colegios, ...

7. Conclusiones y recomendaciones.

Ver también § 2.8.

- A. Ser realistas- Conocer nuestras limitaciones. Andamos mal, y estaremos peor si no nos curamos.
- B. Escoger cuidadosamente los problemas a atacar.
- C. Tomar en serio nuestro trabajo. Pensar en que sí vamos a hacer un buen papel.
 - si es desarrollo científico, buscar la publicación, el SNI, el nuevo concepto. Guiarse quizá por su posible uso
 - Si es desarrollo tecnológico o investigación aplicada, buscar su utilidad. Que sirva. Que lo paguen. Guiarse por el cliente. Hacer algo que trabaje.
- D. No tomar actitudes triunfalistas. Ser modestos.
- E. No tomar actitudes derrotistas.
- F. Buscar resolver problemas útiles (ahora Computación es más arte que ciencia).
 - Desarrollar paquetes. Buscar la generalización. Buscar mercados internos. Y luego, externos (exportar).
- G. Otros países similares al nuestro lo han demostrado – Israel, India, Chile, España, Costa Rica.
 - Sería conveniente que la industria, el sector público, creyera más en nosotros.
 - Sería conveniente que viéramos qué desarrollar (cosas útiles) para la industria, los negocios, el gobierno.
 - Concentrar en los que dirigen centros de investigación, el dinero para apoyar la investigación, que se encuentra fragmentado (§6.3) en comités, comisiones, consejos, ... Es decir, poner la autoridad (recursos) junto con la responsabilidad.
- H. Establecer incubadoras para brindar apoyo a micro-empresas.