



EL
CODIDAC

Motivación

Se cumplen casi 7 lustros de esta apasionante odisea ocurrida en mis ya muy lejanos días de estudiante universitario, y quiero compartir con ustedes algunos de sus más sobresalientes episodios con el ánimo de motivar a nuestras jóvenes generaciones de ingenieros.

Los orígenes

Transcurría el año 1969, último de mi carrera de Ingeniería Electrónica en la Universidad Javeriana; la compañía norteamericana Texas Instruments había obsequiado a la Facultad 4.000 circuitos integrados de modernísima tecnología, TTL en su mayoría, que se alojaban con facilidad en una caja de cartón de dimensiones más bien modestas. Al decano de entonces y profesor de Técnicas Digitales, ingeniero Sandro Sandri, le pareció que sería interesante en extremo para el laboratorio, en el área de sus asignaturas, contar con un "simulador" de un computador que se elaborara con propósitos didácticos a fin de que apoyara la docencia, permitiendo ilustrar a los estudiantes acerca del funcionamiento de tales dispositivos. Por esta razón propuso dicho proyecto como tema de Tesis de Grado. Hay que recordar, a modo de ambientación histórica, que por esos años los computadores eran muy escasos en Colombia, y en el área académica, por ejemplo, había sólo dos universidades que los operaban; si mi memoria no me abandona, éstos eran el IBM 360/44 de los Andes, con el que junto a mi grupo de programación practicábamos el FORTRAN, y el IBM 650, antigualla de la Nacional, al que luego

■ Ing. Luis G. Uribe C.

le sucedió el 1401 en el que aprendí con posterioridad PL/I, programación lineal y las técnicas para hacer compiladores.

Como todo estudiante de último año, típicamente desorientado, había elaborado una exigua lista de temas diversos entre los cuales pensaba elegir mi trabajo de grado. Recuerdo con viveza uno en particular, que consistía en añadirle a los pianos electrónicos de la época un dispositivo para permitir al intérprete pulsar con mayor o menor intensidad cada una de las notas. Por aquel entonces los más relevantes instrumentos musicales no convencionales que se vendían eran los órganos electromecánicos (Hammond) y unos pequeños teclados de dos octavas, que se adosaban en la parte derecha de los pianos clásicos, conocidos con el nombre de "Solovox" porque entonaban una sola voz, de timbre muy característico, aunque se pulsaran dos o más teclas al mismo tiempo. Ninguno de esos instrumentos poseía la capacidad de imprimirle al sonido la intensidad apropiada, en proporción a la mayor o menor presión ejercida por el dedo sobre las teclas, por ese motivo todas las notas sonaban en forma monótona, es decir, con el mismo nivel de volumen, en órganos y solovoces. Yo tenía pensado emplear cristales piezoeléctricos acoplados al mecanismo percutor a fin de permitir la medición de su velocidad, y hasta me atreví a solicitar financiamiento para mi proyecto a la empresa fonográfica en la que trabajaba mi padre.

El entrenamiento

Cuando el tema del simulador propuesto por la facultad surgió, trajo consigo varios alicientes importantes desde mi personal punto de vista, siendo el patrocinio institucional el de mayor preponderancia, pues no sería lo mismo emprender el desarrollo de una tesis seleccionada por mí, quizás carente de importancia práctica para la universidad, que enrolarme en un proyecto surgido de su propio seno y con aplicación concreta prevista para la docencia. Hacia noviembre del 69 estábamos ya inscritos y seleccionados en el proyecto los 12 integrantes requeridos por la facultad, y comenzamos así la etapa de diseño, que duró 6 meses. Desde un principio supusimos que tan difícil como simular un computador sería realizarlo de verdad, por lo cual decidimos olvidarnos del "simulador" y hacer el nuestro por completo. Lo bautizamos desde muy temprano como el *Computador Digital Didáctico*, **COD/DAC**.

El reto más grande que encarábamos tenía que ver, entre otras cosas, con el hecho de que los

dispositivos electrónicos en los que habíamos sido adiestrados durante los 5 años anteriores eran, casi con exclusividad, los conocidos como *tubos de vacío*, y el proyecto requeriría la aplicación de la tecnología de los *circuitos integrados*, que nos era totalmente desconocida y que se encontraba dos saltos cuánticos, en la escala tecnológica, por encima de las válvulas, pasando sobre los transistores convencionales discretos. Además, nuestros conocimientos en el área y la bibliografía a la que teníamos acceso eran exiguos, atrasados e insuficientes; los libros que utilizábamos en nuestros cursos de computadores, clásicos como el de Iván Flórez o el Marley & Earle, hacían referencia a métodos y procedimientos empleados más de una década atrás y que a la sazón resultaban francamente inaplicables. Es importante recordar que para la fecha, los computadores fabricados con circuitos integrados eran toda una novedad pues se habían introducido sólo en forma muy reciente, comenzando por el sistema 360 de IBM cuya génesis se había producido apenas tres o cuatro años atrás, a nivel mundial.

A través de Ramiro Ruiz, vecino mío de Medellín, logramos en buena hora que la afamada empresa NCR, donde él trabajaba, nos aceptara como pasantes improvisados para brindarnos un entrenamiento teórico-práctico intensivo en sus instalaciones. Allí nos mostraron, de manera por demás generosa y desinteresada, lo que eran los procesadores transistorizados NCR de esa época. Nunca antes habíamos visto un computador tan de cerca, y hasta se nos permitió verlo, palparlo, escucharlo, sentirlo vibrar..., por primera vez.

La arquitectura

Empezada, pues, nuestra etapa de diseño, comenzamos por definir la Arquitectura, en primer lugar. El computador tendría ▶ una **Consola de Operador** que albergaría el Télex, vieja reliquia Olivetti rescatada de la segunda guerra mundial para el laboratorio de Comunicaciones, lugar en el que permaneció arrumado durante largos años. Dicho Teletipo nos permitiría realizar las funciones de entrada y salida de información, proveyendo de datos al computador mediante su teclado de máquina de escribir convencional e imprimiendo los resultados producidos por el **CODIDAC** en el entonces clásico rollo de papel para telegramas. El proceso automatizado que aumentaría la velocidad de entrada se realizaría empleando el mecanismo *Perforatory Lectorde* cinta de papel, que venía adjunto al equipo teleimpresor. Habría, además, ▶ un **tablero luminoso**

que a la postre resultó ser suntuoso y espectacular, seguramente apropiado en películas de ciencia ficción para permitir el despliegue de la información interna más sobresaliente del cerebro electrónico, tal como los valores de los registros internos, las direcciones de las posiciones de memoria en las que se ubicarían las distintas cantidades que serían manipuladas, y las instrucciones cuya secuencia conformaría cada programa. Por último, el equipo poseería ▶ una **botonera** para alojar los interruptores de encendido y otras funciones cuya ejecución resultara impráctica de realizar comandadas desde el teclado alfanumérico.

Las instrucciones

El conjunto de instrucciones que formaría el lenguaje del computador fue diseñado con absoluto cuidado y esmero. Se incluyeron comandos para la lectura de datos (AI) y la impresión (iM); había órdenes para la realización de las cuatro operaciones aritméticas básicas (su, RE, MU, Dv); entendía comandos de comparación y bifurcación en el flujo de control (cM, ci); realizaba desplazamientos de información a derecha e izquierda (Do, Di); podía llevar el contenido de unas posiciones de memoria a otras (u) y tenía la facultad también de borrarlas (BO); aceptaba ser instruido para detenerse y esperar (Es) hasta que el operador interviniera en forma manual, mediante la activación del respectivo botón de "Continúe"; y por último estaba el comando que detenía de manera definitiva el programa (PA). Fueron 14 instrucciones en total, todas nombradas y codificadas en castellano. Nuestro objetivo era, desde luego, poder ejecutar en el CODIDAC aplicaciones de la misma índole que las programadas en FORTRAN, que era el lenguaje de computación ingenieril de la época.

La belleza y el poderío subyacente en las instrucciones del CODIDAC, que lo diferencian, incluso en la actualidad, de sus demás congéneres, pueden apreciarse, en primer lugar, por la existencia de **Clases de Información** definidas al más elemental nivel de la máquina. Permítanme explicar esto mejor. Hasta en los computadores tipo Von Neumann de la actual generación, la cuarta, la naturaleza de un valor o dato no es inmanente a él; el significado se lo proporcionan las instrucciones que lo manipulan. Así, por ejemplo, si se quieren sumar las posiciones A y B, es la instrucción de Suma la que les concede significación numérica a las dos variables involucradas. Si el programador hubiera almacenado un texto en esas localidades de memoria, el computador no tendría manera de saberlo. En nuestro caso no era así. La

instrucción para desplazar información, por ejemplo, funcionaba de una manera cuando el operando contenía un elemento numérico, y de otra si aquel representaba un texto. Si estaban involucrados números, resultaban siempre números. Desplazar a la izquierda una cantidad negativa, por ejemplo, producía en todas las ocasiones otro número negativo, en tanto que si se trataba de textos, el resultado del desplazamiento era siempre un texto. Lo anterior se contrapone con los computadores modernos, en donde desplazando a la izquierda cierta cantidad de veces un número *positivo* puede llegar a producirse un resultado negativo, o viceversa si las cantidades comienzan siendo *negativas*.

Incluso las Instrucciones, per se, pertenecían a su propia Clase de Información particular, que permitía la realización de operaciones aritméticas sobre aquellos campos que correspondían a las direcciones de los operandos, a fin de facilitar la manipulación de subíndices y estructuras de información.

Los modificadores

Un segundo aspecto sobresaliente era la forma como un "modificador" convertía las operaciones, de simples a repetitivas. Se podía así, con una sola instrucción de máquina, imprimir, por ejemplo, un único valor, o también un rango completo de resultados, dependiendo del Modificador de Repetición R.

Entrada y Salida

Otra faceta, diferenciadora a las claras y de gran relevancia, residía en el subsistema de Entrada y Salida, que formaba parte intrínseca e indisoluble de la Arquitectura del Procesador mediante instrucciones específicas que soportaban dicho subsistema, más poderosas que el Input y el Print de ciertos lenguajes de alto nivel, y muy superiores al In y al Out de simples registros, prevalecientes en los microprocesadores de hoy en día. Obsérvese que sólo arquitecturas complejas, con procesadores independientes para la entrada y salida, incluyeron alguna vez instrucciones que manejaban "I/O channels"...

Tremenda sorpresa me llevé cuando estudié en Caracas, cuatro años después, el novedoso mini computador DEC PDP-11 y *jNO encontró por ninguna parte las instrucciones de entrada y salida!*

Los códigos de operación

Como el aspecto didáctico era el preeminente, la codificación de las instrucciones tuvo una base

mnemónica de fácil comprensión por parte del estudiante.

Si dos palabras designaban un comando, se tomaba la primera letra de cada una para conformar dicho código, que era inteligible por la máquina así, de manera directa y sin mediar compilación, ensamblaje ni traducción de ninguna especie entre los símbolos y el módulo objeto. Era una máquina cuasi simbólica. Así por ejemplo, "Acepte Información" se codificaba como "AI", y eran esas mismas y precisas letras, A e I, en el código baudot de 5 bits propio del télex, las que se almacenaban en la memoria como identificación de la instrucción.

Si el comando estaba designado por una sola voz imperativa, cual es el caso de "SUME", por ejemplo, el código se conformaba con las dos primeras letras: "su".

Y si se requería el modificador de iteración para ejecutar repetidas veces una instrucción, se reemplazaba la segunda letra por una R; por ejemplo, "AR" era Acepte Información de manera Repetitiva (desde, hasta), "sR" sumariaba un área completa de memoria, y así con los demás comandos.

El Editor y Cargador de Instrucciones

Para permitir la carga de las instrucciones y los datos mediante el teletipo, el CODIDAC tenía, como todo computador, un Editor de Texto, por supuesto..., pero *¡formado por CIRCUITOS!* No era un programa, como en sus demás congéneres, *¡eran compuertas y flipflops!* Para ejecutarlo se encontraba el respectivo interruptor en la consola, identificado como "Función Programa". El "Botón de Corrección" estaba asimismo para deshacer entuertos tipográficos.

Cuando un programa había sido almacenado con toda corrección en la memoria, podíamos imprimirlo en papel como soporte a la documentación; también estábamos capacitados para perforar un pequeño rollo de cinta de papel con la imagen del código, lo que nos permitía conformar una biblioteca de programas que se introducirían al computador con posterioridad, de manera automática, cuando deseáramos reutilizar alguna función previamente desarrollada. Estas actividades se facilitaban gracias a las *Operaciones Inmediatas*, que nos permitían ejecutar cualquier orden o comando que emitiéramos directamente desde el teleimpresor, desde fuera de los programas, por lo que bastaba con instruir al CODIDAC desde el teclado para que imprimiera el contenido de la memoria, de manera repetitiva, desde la posición inicial hasta la

última de la memoria ocupada por el código (por ejemplo: IR 0,100,0,0).

Representación de los números

La información numérica básica se codificaba en BCD (cada dígito se definía por medio de 4 bits y se agregaban dígitos independientes al igual que hacemos en nuestro sistema de numeración cotidiano); la clase era la conocida como "signo y magnitud", y era de "formato fijo", donde el número de cifras decimales se preestablecía para cada programa mediante selectores individuales ubicados en la botonera de la consola, yendo desde "0" decimales en los números enteros hasta llegar a "11".

En cada "palabra" o posición elemental de memoria, cabían 12 dígitos, en el caso de números, o 16 letras si se trataba de textos. Como cada símbolo individual estaba representado por 5 elementos binarios, la longitud total de nuestra palabra era de 80 bits, cosa por demás inaudita.

La Unidad de Salida imprimía la *Coma* de los campos numéricos en la posición decimal designada, y obviaba la escritura de ceros no significativos a la izquierda; es decir, que el CODIDAC tenía la instrucción "FORMAT" del FORTRAN imbuida dentro de su electrónica.

La Memoria

Esta unidad la concebimos desde sus orígenes para ser elaborada con núcleos magnéticos de ferrita, pues esa era la usanza de la época y pensábamos emplear al máximo los despojos de una vetusta memoria que habíamos conseguido también por ahí perdida en el laboratorio. Sin embargo, después de semanas de arduo trabajo alambando cada núcleo infinitesimal, de 20 milésimas de pulgada de diámetro, mediante la inserción de cuatro hilos de cobre, y con toda la problemática de sintonización y ajuste de la electrónica de selección, lectura y escritura, tuvimos la sensatez y el buen juicio de dotar al equipo con una segunda unidad de memoria, de tecnología completamente semiconductor, elaborada con registros de desplazamiento sobrantes. Esto salvó el proyecto porque el subsistema de núcleos de ferrita no llegó nunca a operar a plena satisfacción.

La calculadora

En sobrecogedora se convirtió, por nuestra inexperiencia, la pregunta que nos hiciera alguien un buen día cuando le mostrábamos nuestro diseño, por ahí como hacia los 5 meses de comenzado el

proyecto. "¿Cómo hago para sumar dos números?" Le explicamos que el mecanismo consistía en que primero debía hacerse un programa que habría de almacenarse en la memoria y que incluiría instrucciones para: y leer las cantidades, 9 sumarlas, 9 imprimir el resultado y 9 detenerse. "¿Todo eso si quiero saber cuánto es dos más dos?" Lo que él esperaba era poder escribir "**2+2**" en el teclado y obtener un resultado... ¡Quería una calculadora! Nos pusimos a pensar que después del tremendo esfuerzo que habíamos dedicado al diseño del computador, no poder hacer ni $2 + 2$ resultaba por completo inexcusable, así que **lo modificamos** para incorporarle el selector de *Operaciones inmediatas*, que desde la consola convertía al CODIDAC en ¡CALCULADORA! Y así fue. Ningún otro computador del planeta tuvo jamás tal característica. Como se ve, no conocíamos con mucha claridad la diferencia entre lo que eran en realidad los computadores y las calculadoras transistorizadas (solamente las había de escritorio; las Hewlett Packard de bolsillo sólo llegaron cinco años después). Tampoco entendíamos el aporte fundamental que hubiera podido hacer el software al proyecto... Lo que tendríamos que haber hecho, en nuestro sano juicio, era escribir un programa que emulara una calculadora y guardarlo en la biblioteca, ¡en lugar de añadir, como lo hicimos, más circuitos!

La estructura

La realización de la máquina fue del tipo serial, con lógica secuencial convencional, no microprogramada. Era espectacular ver la entrada de la información en los registros aritméticos **A**, **B** y **C**, desplegados por pequeñas luces rojas de neón en la consola (¡Aún no se había inventado el dispositivo de emisión de luz o LED!). Primero entraba el multiplicando, por ejemplo, luego, seleccionándolo mediante un conmutador de perilla, se veía el ingreso secuencia! del multiplicador; después, observábamos cómo se generaba el producto, dígito a dígito y, al final, todo el mundo veía, embelesado, salir la información por el otro extremo del registro, siempre serpenteante, para ir a alojarse bit a bit en la memoria principal.

Teníamos selectores que dejaban a la máquina trabajar a su máxima velocidad (¡a 160 KHz!) o a una más lenta que permitía seguir el flujo de información con mayor claridad (¡habíamos inventado el botón de "Turbo"! Tenía, desde luego, un interruptor de paso a paso, para seguir las secuencias internas pulso a pulso; uno que detenía la operación del programa en cualquier instante y otro para reanudarla.

¡Constituían un "**debugger**" por hardware! (El "debugger" es un programa de bajo nivel —software—, que viene con todos los computadores y cuya función es permitir al programador el seguimiento de su código instrucción por instrucción, para validar la lógica del programa, revisar los resultados parciales y poder detectar y corregir errores).

Y no faltaba el interruptor de "Master Reset", mismo que IBM eliminó con el advenimiento de sus unidades personales PS/2, bizque porque sus máquinas nunca jamás se congelarían...

Datos estadísticos

Algunas cifras pueden ayudarnos a visualizar la magnitud del aparato y del proyecto en general. Además de los más de 4.000 integrados, se necesitaron 300 transistores surtidos, hicimos a mano 200 tarjetas de circuito impreso en las instalaciones de la facultad; pusimos 160.000 puntos de soldadura con cautines de mesa; perforamos 155.000 huequitos con el taladro de banco del laboratorio; hubo 16.000 cablecitos de alambre telefónico, que totalizaron una longitud superior a los 2.500 metros, y se emplearon más de 5 kilos de soldadura de estaño.

Las fuentes de alimentación fueron diez, a 5 Voltios DC y 10 amperios cada una, amén de las que generaban altos voltajes para las luces de neón y para el teleimpresor. Se encontraban todas instaladas dentro de un gabinete metálico independiente, y los dos disipadores principales tenían la altura del mueble (como 1,70 metros).

El consumo estaba por encima de los 3 kilovatios y la generación de calor hizo indispensable colocar una pequeña turbina eléctrica para forzar la circulación del aire en el compartimiento electrónico, y un poderoso ventilador en la base del gabinete de alimentación.

Pruebas en frío

Terminado el diseño se generaron los diagramas eléctricos y de conexión para todos los subsistemas, y en reuniones plenarias del grupo de trabajo se verificó a mano, pulso por pulso, el comportamiento total esperado del conglomerado, antes de proceder a la realización de los circuitos impresos. No había por entonces programas de simulación como el Spice, que pudieran ayudarnos como en la actualidad...

Por cierto que en los primeros dibujos que hicimos para de allí elaborar los negativos fotográficos de los circuitos impresos, se emplearon "rapidógrafos" de

tinta china, pero vino luego la modernidad y conseguimos en USA unas cintas autoadhesivas negras, que se pegaban a la manera de pistas engomadas sobre el papel, en vez de dibujarlas, así como unas tiras con ojete o redondeles, que iban en los sitios en que se perforaría el impreso para permitir que los terminales de los "chips", y otros componentes, lo atravesaran.

Primer Congreso de Ingenieros Javerianos

La culminación del diseño teórico coincidió con la celebración de tan importante evento; el comité organizador, habiendo oído por allí de nuestro proyecto, tuvo la gentileza de invitarnos a exponerlo, a pesar de no ser todavía más que estudiantes. Hicimos una preparación intensa, llevamos un buen rimero de hojas para el viejo rotafolios, del puño y letra de un arquitecto amigo que siempre nos criticaba con el cuento de que los ingenieros teníamos la manía de la simetría. En realidad, *él* sabía bien su oficio, así que el material para la presentación (no existía el Power Point...) quedó de inmejorable calidad.

Muy orondos hicimos nuestra exposición ante el conglomerado de ingenieros, quienes nos aplaudieron de pie, en una ovación prolongada y por demás entusiasta. No cabíamos de tanto orgullo.

Primer encendido

Habiendo terminado de construir el artefacto, e interconectados todos los subsistemas en el garaje de nuestro compañero Francisco Viveros, nos reunimos un día de octubre de 1970, los 12 del patíbulo, como se nos había sentenciado, y hacia las 7 de la noche lo conectamos y le dimos las primeras instrucciones: "Master Reset, Función Programa, Inicie..." No ocurrió nada, ni siquiera la más mínima reacción sensible.

Nunca antes tuvo la desilusión una expresión más palpable que en nuestros desencajados y ensombrecidos rostros.

Días después nos enteramos de que, a pesar de nuestras previsiones basadas en el procedimiento estadístico mediante el cual aceptamos de la facultad los circuitos integrados, actividad ésta que habíamos emprendido incluso antes de comenzar el proyecto, a fin de establecer con confianza la calidad de la donación, muchos de los "chips" estaban dañados y no funcionaban. *¡Eran circuitos rechazados que precisamente por no cumplir con /os estándares de operación nos /os habían regalado!* Nos llevó dos meses más de desoldar, verificar, hacer extensiones,

analizar, reparar y casi enloquecer, para que operara por fin el CODIDAC, tal como lo habíamos concebido.

Debo anotar que, de la inmensa cantidad de cables que conectamos en los bastidores, al final sólo hubo 5 mal instalados, gracias al procedimiento de conexión y verificación inmediata, que seguíamos con dos grupos de trabajo simultáneos. Algunos impresos, no muchos, tuvieron que ser retocados con pequeños cables superpuestos, ahora conocidos como "parches", pero ninguna tarjeta tuvo que rehacerse.

Summa Cum Laude

Hubo un nombramiento intempestivo de nuevas autoridades en la facultad: El Ing. Rodrigo Mejía, quien venía de Eindhoven de culminar su entrenamiento en la Philips, ocupó la Decanatura Académica y José Gabriel Maldonado, S.J., dirigió el Medio Universitario. No tardaron ellos mucho tiempo, al asumir sus funciones, en percatarse de la magnitud e importancia del trabajo. Nos visitaron protocolariamente, se interesaron por nuestro trabajo y nos ofrecieron un espacioso salón en el campus universitario para nuestro uso exclusivo, a fin de que abandonáramos el incómodo y lejano garaje y termináramos nuestra actividad dentro del recinto de Electrónica; nos condonaron una pequeña deuda, a manera de ayuda financiera para nuestros ya muy exiguos presupuestos (o los de nuestros padres, quiero decir), y Alfonso Charum, el valiente tutor quien sin conocer mucho del tema había puesto en juego su prestigio profesional en el afán pionero de ayudarnos, les solicitó de manera formal que se nos otorgara el título en la categoría honorífica de "Summa cum Laudad", petición ésta a la que la Javeriana incondicionalmente accedió.

La presentación en sociedad

Habiendo visto al CODIDAC todo el claustro, de manera desgranada y extraoficial, concurrimos por fin a la exposición formal y "defensa de la tesis", que así se llamaba ese acto, con el diseño completo, los planos y circuitos, los análisis, las aproximaciones y hasta unos programas de demostración.

Para aceptar la publicación de la parte escrita era requisito que presentáramos un borrador a máquina. Sólo los capítulos referentes a la Unidad de Control, que yo personalmente escribí en mi vieja Rémington, alcanzaron las MIL páginas a doble espacio, y para las copias se empleaba el papel carbón (intuyo que muchos de mis lectores no sabrán ni de qué estoy hablando). El libro, que fue confeccionado en una moderna tipografía con todas las de la ley, y del cual

se imprimieron y repartieron 100 ejemplares, contó con un total de 500 páginas. Aún conservo con nostalgia dos tomos en mi biblioteca.

En el primer programa de demostración, el CODIDAC se presentaba a sí mismo y lo hacía escribiendo un texto en el teleimpresor, el que repetíamos en voz alta para beneficio de la copiosa audiencia, y que en un momento dado simulaba atender al teléfono, ante el repique previamente planificado del timbre del aparato. El segundo lo escribí también para la ocasión, y consistía en un juego en el que ganaba quien, haciendo sumas sucesivas y alternadas de números del uno al diez, llegara primero a totalizar cien. Desde luego, ¡CODIDAC siempre ganaba! Fue interesante y memorable porque varios de mis otrora más ilustres profesores se sentaron un buen rato esa noche a jugar en el teletipo..., ¡y siempre perdían! Pienso, además, que probablemente habíamos inventado uno de los primeros juegos por computador.

Epílogo

Mucho queda dentro del tintero acerca de las vivencias de ese año y medio de trabajo, intenso, auto coordinado y muy disciplinado: haber logrado un financiamiento de COLCIENCIAS, pequeño pero muy alentador para nosotros por el prestigio de la entidad que nos lo otorgaba, y las ayudas recibidas de muchísima gente desinteresada, como el arquitecto Polo, diseñador del precioso mueble de agradables tonalidades naranja y amarilla ("Big Orange" le decíamos, en claro parangón con IBM, que ya por entonces comenzaba a conocerse como "Big Blue"); Aluminios Wonder que nos obsequió los racks metálicos; Induacero que regaló la consola; Siemens que nos alquiló de manera indefinida, por la simbólica cifra de un peso al año, un teleimpresor moderno para permitirnos sepultar el original Olivetti, y aquella tremenda cantidad de revisores, dibujantes, correctores de pruebas, linotipistas, fanáticos y familiares, que nos dieron todos su soporte, nos brindaron su amistad y participaron de nuestro regocijo de una manera tan amplia y franca, cuando logramos culminar la meta.

La ceremonia de grado fue de gala; la universidad la realizó con exclusividad para nuestro grupo de doce graduandos, y ocurrió que además estrenamos el nuevo teatro de la Javeriana, con la asistencia de sus más altas autoridades, el claustro de profesores y de tantos y tantos seres queridos, hoy ya desaparecidos.

La prensa capitalina recogió la noticia: "Computador hecho en garaje", "Primer computador

fabricado en el país". Aún conservo conmigo los amarillentos recortes con las reseñas del periódico El Espectador de Bogotá y de algunos otros diarios de Medellín.

Viendo en la televisión una de estas tardes un documental sobre la historia de la computación, en donde se resaltaba el trabajo de Steve Jobs, quien creó la compañía Apple en un garaje, mi hijo menor me preguntó: "¿Cómo es que fueron tan parecidos en sus comienzos y el resultado fue tan diferente?" En realidad no lo sé. Me imagino que algo tuvo que ver el entorno que rodeaba a cada garaje. Yo estoy muy contento a pesar de todo, Steve...

El proyecto sirvió de catapulta pues la Javeriana me ofreció trabajo como profesor e investigador en el área de sistemas digitales; allí me ennovié con Elizabeth, estudiante de ingeniería y ahora mi esposa, durante unos cursos de actualización que este joven profesional dictó, muy orgulloso, a los antiguos egresados. Organizamos una batería de asignaturas y proyectos de investigación alrededor del CODIDAC, que incluyeron el diseño de unidades para el despliegue gráfico de información empleando CRTs convencionales; la anexión al computador de una calculadora de escritorio HP 9600B, que recibía instrucciones y valores desde nuestro procesador principal, realizaba sus operaciones en punto flotante y retornaba las respuestas, de la misma manera en que luego llegaron a relacionarse los computadores modernos con sus coprocesadores matemáticos satélites. Se estudiaron nuevas formas de expandir la memoria y hasta se comenzó, en otras universidades con más experiencia en software, el diseño de un programa Ensamblador.

Una pequeña parte del trabajo del CODIDAC no fue académico sino administrativo, pues realizamos algunos programas para la oficina de Administración. Recuerdo por ejemplo, la impresión de una tabla de salarios, modificados según ciertos porcentajes dictados por los criterios que manejaba la sección de Nómina de la universidad. Me acuerdo que lo pusimos a correr como hacia las 6 de la tarde, nos fuimos al cine y al regresar, a las once de la noche, recogimos el listado, en el sempiterno rollo de papel tipo telegrama; lo recortamos por la línea guía que el programa había impreso para separar las hojas, y formamos una flamante carpeta con los resultados, para la correspondiente unidad administrativa.

Por todas estas credenciales me contrató en 1974 la Universidad Simón Bolívar en Venezuela, lo que hizo que me separara con nostalgia de nuestro querido proyecto. Y aquí estamos, 35 años después...

habiendo trabajado siempre en lo mismo: La aplicación de la tecnología de los ordenadores, de cuya genealogía me siento partícipe, en el área conocida como Computación en Tiempo Real (Supervisión y

Control de Procesos, Telemetría, integración de sistemas vía Internet). Pero eso podría ser tema de una reseña posterior sobre el avance de la ingeniería electrónica en Venezuela.



Foto #1: Se aprecian el teleimpresor y su sistema adjunto de perforación y alimentación de cinta de papel, y el panel principal.

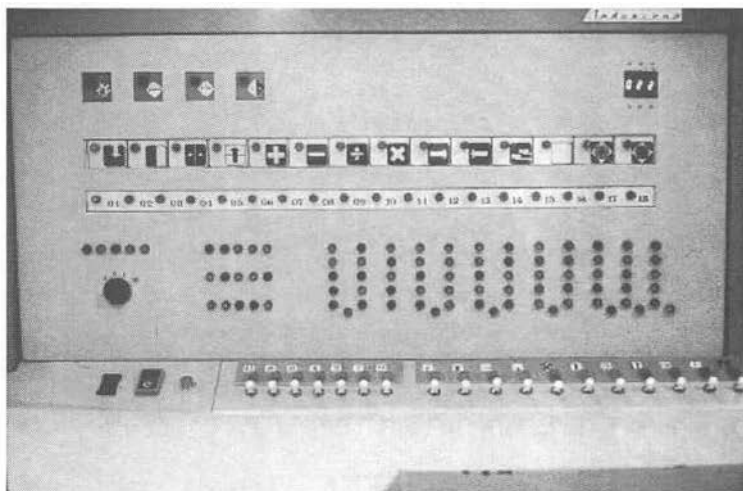


Foto #2: Detalle del panel principal. Puede verse un icono para cada uno de los 14 comandos (similares a los que posteriormente empleó Windows), el indicador de direcciones (Program Counter, arriba a la derecha, en Nixies), la botonera al ras de la mesa; el registro de luces en el que se desplegaba la información interna del procesador; las luces que se ven un poco desplazados hacia abajo corresponden a los puntos decimales.

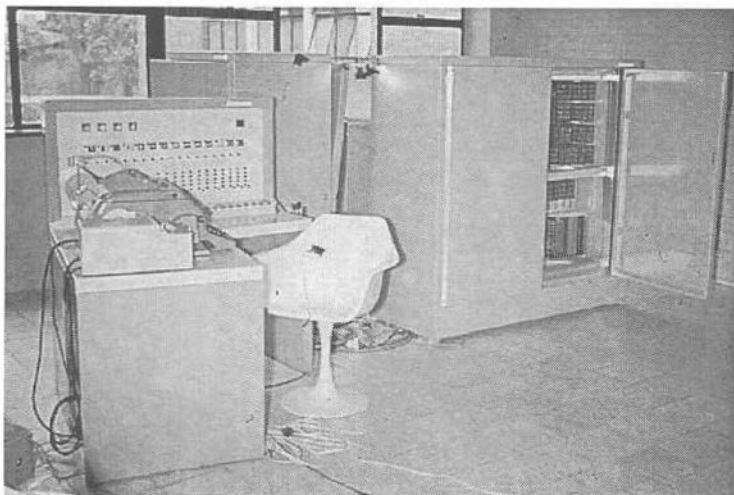


Foto #3: Aparecen los tres muebles: La consola, el de las fuentes, y a la derecha el gabinete de la electrónica.

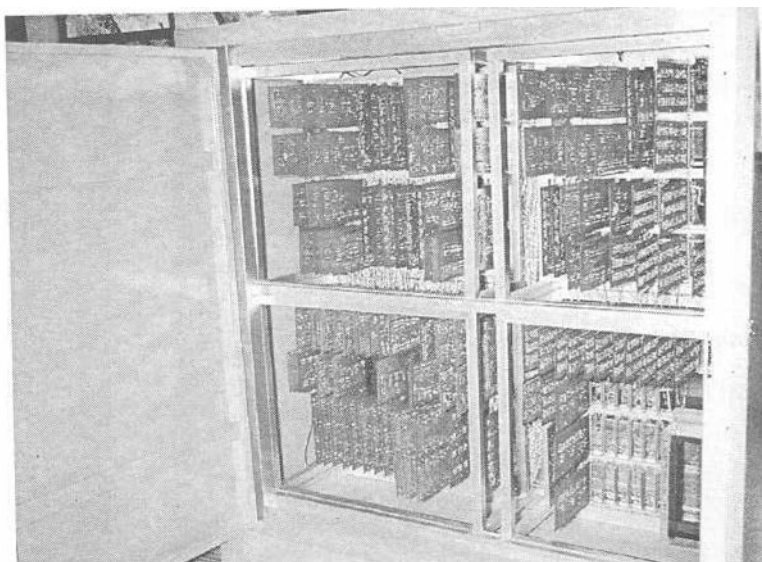


Foto #4: Detalle del gabinete de la electrónica, con vista hacia las tarjetas de circuito impreso.

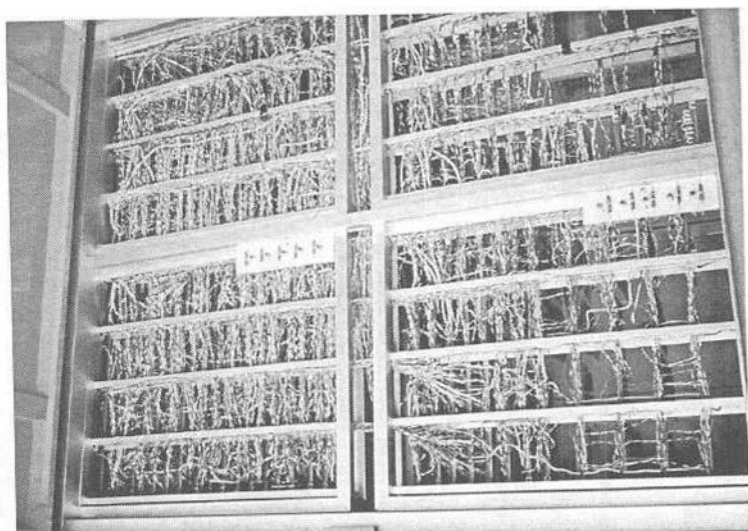


Foto #5: Detalle del gabinete de la electrónica, con vista hacia la parte posterior, resaltando el cableado entre

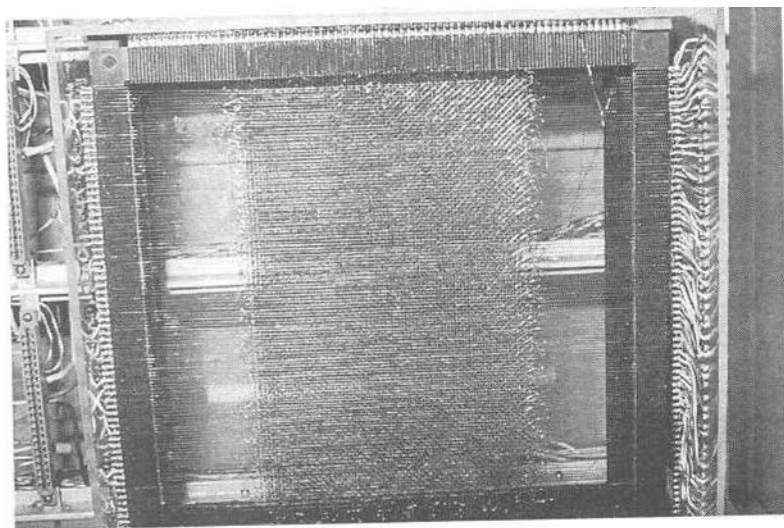


Foto #6: La memoria de núcleos magnéticos original.