



# 電卓戦争

## La Guerra de las Calculadoras

Carlos Velázquez

### Posguerra

Después de su derrota en la Segunda Guerra Mundial, Japón era un país agotado y destruido. El poderío militar del imperio había sido arrasado, y junto con éste gran parte de su infraestructura civil: hospitales, carreteras, centros administrativos, industrias. Los miles de soldados que partieron a los frentes regresaron a Japón agregando una presión sobre los escasos recursos económicos. Se desató una situación de hambruna generalizada y la sociedad vio desmoronarse su modo de vida.

Como si esto fuera poco, los Estados Unidos, con una forma completamente distinta llevar adelante la administración de una sociedad se alzaba como el árbitro absoluto del destino de Japón. La situación no podía presentarse más negra.

Pero los EU eran y son una nación eminentemente práctica. Ante el avance del proyecto económico y social de la Unión Soviética, los EU se dieron cuenta de que tener un aliado fuerte en el lejano oriente sería una excelente carta para su política de contención del socialismo, y Japón era la elección obvia.

El complejo periodo de ocupación estadounidense de Japón tuvo muchos escenarios distintos. En cuanto a la ocupación militar en sí, la incompatibilidad cultural y las necesidades de gran cantidad de soldados estacionados en un país subordinado dieron pie a muchos hechos lamentables como un gran número de violaciones y la proliferación de la prostitución. En el terreno económico, la combinación del espíritu de trabajo del pueblo japonés con el espíritu económico práctico de los EU fueron la clave para la conformación de una sociedad altamente competitiva.

La ocupación estadounidense tuvo la virtud de propiciar cambios que difícilmente hubieran ocurrido en el Japón tradicional de antes de la guerra. Para empezar se dio un desmantelamiento parcial de los grandes conglomerados industriales que dirigían la vida económica de Japón, los llamados Zaibatsu, y se construyeron nuevos entes mucho más dinámicos y competitivos, los Keiretsu. Por otro lado, aunque inicialmente EU prohibió el surgimiento de una industria pesada -o sea la que se encarga de la extracción y transformación de las materias primas indispensables para otras industrias, p. ej. la minería y la extracción del petróleo-, después de algunos años permitió que la economía retomara aspectos clave como la fundición del acero, armazón de barcos, y en general se alentó el resurgimiento de la industria pesada y la industria química, entre otras.



Figura 1. Para la década de los 60 la economía de Japón ya se encontraba en plena expansión. Imágenes tomadas de:

<http://www.theatlantic.com/photo/2014/03/japan-in-the-1950s/100697/>

<http://www.theatlantic.com/photo/2011/10/world-war-ii-after-the-war/100180/>

En el campo social, bajo la conducción de Estados Unidos se implementó un proyecto de reforma agraria ideado por un socialista japonés, Hiro Wada, e hizo que el gobierno expropiara extensas parcelas cultivables de manos de grandes terratenientes para venderlas a pequeños propietarios. Esto a la larga aseguró el abasto alimentario de todo el país. También se propició un movimiento masivo de mano de obra del campo hacia las nuevas ciudades industriales japonesas y por último ante la prohibición explícita al Japón de crear un ejército propio, todo el presupuesto y la energía que el país utilizaba para fines bélicos se vio liberada y pudo ser utilizada con propósitos económicos constructivos.

Esto nos explican, *grosso modo*, cómo Japón pudo reactivar su economía en menos de una década, y para los años 60 el país se encontraba produciendo radios, automóviles, televisores, productos químicos, electrónicos, etc., aunque conviene recordar que la mayor parte de su producción estaba destinada al mercado interno y que la reputación de calidad de los productos japoneses en el exterior era ínfima.

La dinámica economía del Japón estaba en pleno crecimiento, y cientos de compañías surgían cada año, tratando de colocar nuevos

productos en el mercado, la mayor parte de las veces para desaparecer al poco tiempo. El campo de la electrónica era uno de ellos, y las calculadoras una de las piezas clave a desarrollar.

### **En sus marcas, listos...**

La historia de las calculadoras tiene más tiempo del que solemos pensar. La primera calculadora que superó al ábaco en el ámbito occidental fue construida por Blaise Pascal en 1652. Pero la época dorada de las calculadoras mecánicas comenzó hasta la segunda mitad del siglo XIX, después de la invención del aritmómetro por parte de Charles Xavier Thomas de Colmar en 1820. En las primeras décadas del siglo XX se empezó a automatizar el sistema mecánico de las calculadoras agregándoles un motor para sustituir la acción de la mano humana.

Poco después, comenzaron a nacer las primeras sustituciones completas de los sistemas mecánicos, y donde antes había engranes y rieles, comenzaron a aparecer tubos de vacío e interruptores electromecánicos.

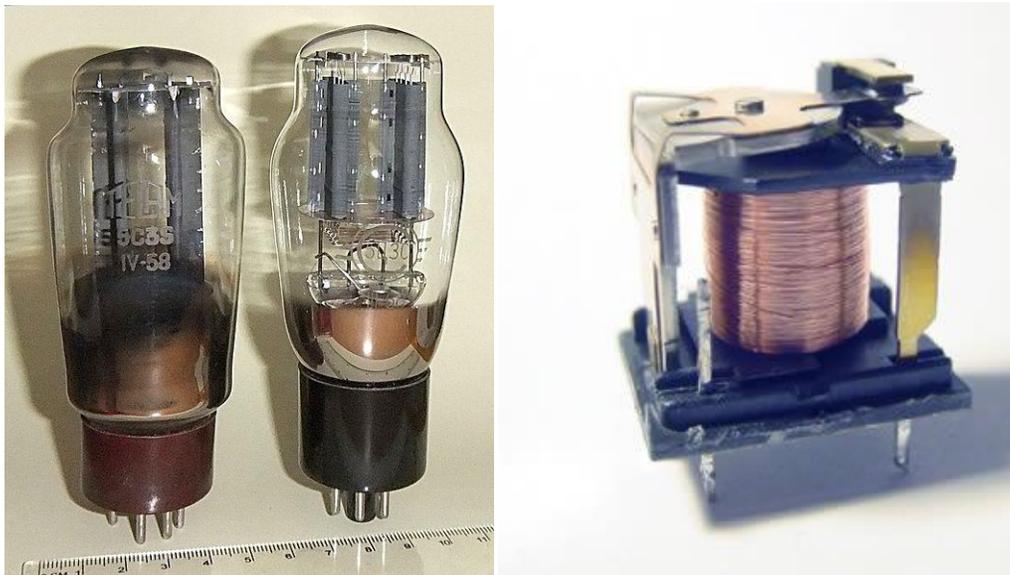


Figura 2. Los tubos de vacío y los interruptores electromecánicos fueron los primeros elementos que constituyeron a las calculadoras electrónicas.

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cd/5C3Ss.jpg/512px-5C3Ss.jpg>

<http://static.hsw.com.br/gif/relay-intro.jpg>

Para 1961 se dio un salto dramático hacia las calculadoras que hoy día conocemos con la presentación de la ANITA (A New Inspiration To Arithmetic/Accounting) en Inglaterra. Ésta fue la primera calculadora completamente electrónica del mundo. Desde 1960, los agentes de la compañía japonesa Busicom se trasladaron a Inglaterra para tratar de comprar uno de los modelos anteriores de ANITA directamente en la empresa. Es curioso ver cómo desde este tiempo ya existía recelo de los productores europeos hacia sus homólogos japoneses, ya que éstos les dijeron: "no le venderemos menos de 1000 unidades, porque si se lleva una sola, lo único que van a hacer con ella es desarmarla para copiar su funcionamiento".



Figura 3. Apariencia de una calculadora inglesa ANITA (izquierda) y apariencia de sus circuitos (derecha). A pesar de que esta calculadora es de 1971, guarda muchas semejanzas con las calculadoras que las empresas japonesas comenzaron a imitar.

Imágenes de: <http://www.johnwolff.id.au/calculators/Tech/Anita1011LSI/Anita1011LSI.htm>

Y los empresarios ingleses estaban en lo cierto. En ese momento las industrias japonesas tenían una sed insaciable de ingeniería inversa - desarmar un aparato y luego rearmarlo para entender su funcionamiento. Era imposible impedir que la multitud de pequeñas empresas japonesas intentaran copiar los modelos que llegaban del exterior, pero todas

realizaban copias imperfectas, y solamente poco a poco fueron adquiriendo la experiencia para crear calculadoras ellos mismos.

### **¡Corran!**

En 1964 cuatro compañías japonesas, entre ellas Casio, Sharp y otras dos que no sobrevivieron, mostraron al mundo las primeras calculadoras electrónicas de escritorio manufacturadas en Japón. Se trataba de aparatos de varios kilos de peso y algunos decímetros de alto, de largo y de ancho, cuyo costo oscilaba entre 500'000 y 800'000 yenes. En ese tiempo el tipo de cambio era de unos 360 yenes por cada dólar, de modo que esto equivaldría a costar entre 1'500 y 2'500 dólares aproximadamente. En realidad este precio no podía ser costado por una persona de a pie, y estaban pensadas para ser adquiridas por los departamentos de contabilidad de las grandes empresas.

Para tener una idea aproximada de cómo eran estas calculadoras te diré que la calculadora de Sharp, la CS-10-A Compet, utilizaba los llamados tubos Nixie para mostrar las cifras numéricas al usuario. El dispositivo funcionaba con base en una gran cantidad de transistores alineados, alrededor de unos 530, y unos 2300 diodos de germanio y producía una cantidad considerable de calor mientras operaba.



Figura 4. Las primeras calculadoras electrónicas japonesas (izquierda) y un tubo Nixie (izquierda). Imágenes tomadas de:

*A video history of Japan's electronic industry*

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/ZM1210-operating\\_edit2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/ZM1210-operating_edit2.jpg)

Una vez presentadas, los directivos de las grandes compañías sabían que sus modelos serían inmediatamente copiados por otras compañías que tratarían de bajar su costo de producción contratando mano de obra barata, la cual abundaba en ese momento, así que la única manera de seguir compitiendo en el mercado era continuar con la investigación para hacer calculadoras cada vez más eficientes y baratas.

Debemos considerar que todos los componentes electrónicos que constituían a las calculadoras, como diodos, tubos al vacío, transistores, no eran fabricados por las propias compañías que hacían las calculadoras; todos estos implementos se hallaban en el mercado, y lo que los equipos de investigación de las compañías hacían era crear mejores maneras de organizar todos estos componentes para obtener calculadoras más potentes.

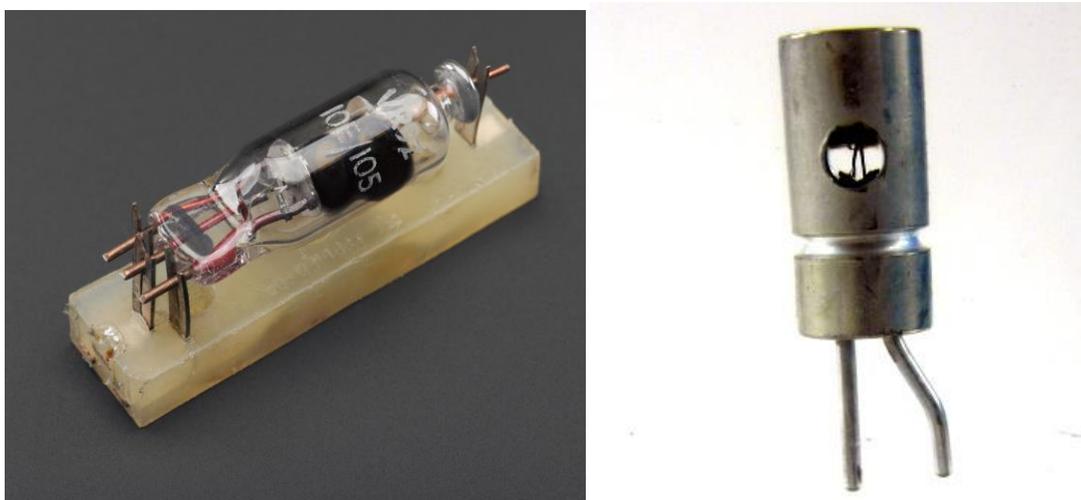


Figura 5. Apariencia de los diodos y los transistores ocupados en las calculadoras electrónicas de japonesas.

[http://www.sciencemuseum.org.uk/HoMImages/Components/1116/111679\\_3.png](http://www.sciencemuseum.org.uk/HoMImages/Components/1116/111679_3.png)

[http://www.chipsetc.com/uploads/1/2/4/4/1244189/6184094\\_orig.jpg](http://www.chipsetc.com/uploads/1/2/4/4/1244189/6184094_orig.jpg)

Las grandes compañías gastaban una buena parte de su presupuesto manteniendo equipos de investigación que se volvieron expertos en las áreas más inverosímiles como la computación o las propiedades de los semiconductores- los semiconductores son materiales que se comportan como aislantes o como conductores dependiendo de las condiciones exteriores, como pueden ser la temperatura o el voltaje aplicado. Los equipos de investigación incluso crearon cuartos especiales donde podían variar la temperatura para someter a sus prototipos a condiciones extremas y ver como reaccionaban. Para que te des una idea de qué tan en serio iba todo esto, te pongo el testimonio de uno de los investigadores que participó en la creación de las primeras calculadoras de Sharp:

"Finalmente cuando creímos que la calculadora estaba lista nos llevamos una sorpresa: los transistores de germanio reaccionaban con la temperatura y la calculadora cometía un error detrás de otro. Debido al calor despedido por sus ¡500 transistores! la temperatura en el interior de la calculadora se volvía demasiado alta. Para ver si podíamos solucionar el problema de la temperatura decidimos poner la calculadora a funcionar en una habitación fría. Allí también no tardamos mucho en comprobar que nuestros instrumentos seguían funcionando mal. Luego los pusimos en un cuarto del laboratorio refrigerado y cuando la temperatura llegó a 17° bajo cero la calculadora dejó de funcionar por completo. En cuanto al límite superior de trabajo de la calculadora teníamos esperanzas de probar su comportamiento hasta los 60 °C pero fue imposible porque ninguno de nosotros pudo soportar el calor. Habíamos llegado al punto de que nuestro sudor caía sobre la máquina y causaba cortocircuitos." (Puedes ver este y otros testimonio en el documental que te reseño al final del artículo).

Para que todo esto no sea un misterio, te diré que un transistor es un dispositivo electrónico hecho con materiales semiconductores que tiene

la característica de entregar una señal de respuesta precisa ante una señal de entrada. Puede haber transistores que simplemente amplifiquen la señal que les llega, otros convierten en una señal de voltaje continua una señal oscilante, o bien convierten en continua una oscilante, etc.

Regresando a nuestra historia, la carrera continuaba. En 1966 la Busicom –compañía japonesa a la que los ingleses le habían negado la venta de sólo una calculadora- puso en venta la LA 161, que tenía la capacidad de guardar una memoria y para ello utilizaba núcleos magnéticos ultra pequeños fabricados con tecnología italiana -los núcleos magnéticos eran un dispositivo para almacenar información magnetizando o desmagnetizando de manera selectiva una gran cantidad de anillos de acero. Esta calculadora costaba unos 298 mil yenes -827 dólares- y tenía 20 dígitos. Para comparar, una calculadora Sharp de 14 dígitos costaba en ese momento cerca de 435 mil yenes o 1'208 dólares, y no era capaz de almacenar una memoria.

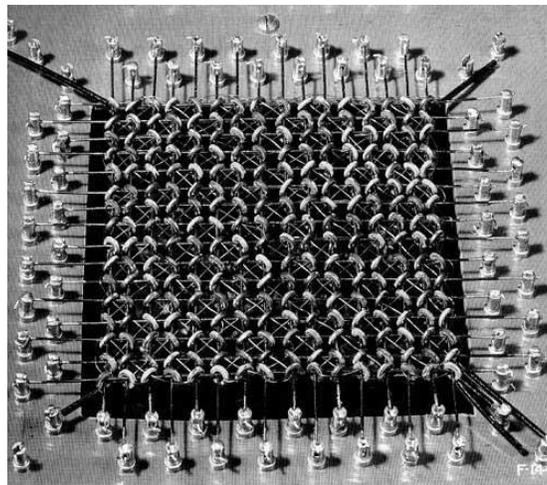


Figura 6. Apariencia de una memoria de núcleos magnéticos  
[http://www.tugurium.com/gti/images/f/ferrite\\_core\\_memory.jpg](http://www.tugurium.com/gti/images/f/ferrite_core_memory.jpg)

Siguiendo los pasos de Busicom, que logró abaratar costos y aumentar el rendimiento de sus calculadoras, las demás compañías cambiaron su tecnología hacia la creación de calculadoras con memoria de núcleos

magnéticos. El siguiente paso de toda esta carrera se estaba desarrollando al otro lado del océano más grande de la Tierra, en EU.



Figura 7. Los elementos cuadrados que solemos ver en algunos circuitos de computadoras constituyen ejemplos modernos de LSI. A la derecha, un ejemplo del tipo de conexiones que hay dentro de ellos. Imágenes de:

<http://www.servethehome.com/wp-content/uploads/2012/08/LSI-9202-16e-Chips.png>

[http://simh.trailing-edge.com/semi/pics/lsi11\\_c.jpg](http://simh.trailing-edge.com/semi/pics/lsi11_c.jpg)

Ahí, en los laboratorios Bell nació la industria de los transistores. Este elemento básico de todos los aparatos electrónicos fue inventado por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley en 1947. Éste fue el primer paso hacia los llamados *Circuitos de Óxidos de Semiconductores metálicos para Circuitos Integrados a Gran Escala* (MOS LSI, por sus siglas en inglés). En esencia un MOS LSI no es más que una colección de transistores empaquetados en un espacio increíblemente pequeño. Por extensión, solemos decir que todo aparato que contenga un MOS LSI está hecho con circuitos integrados.

Los circuitos MOS LSI son excelentes para su aplicación en aparatos electrónicos. Pasaron varios años antes lograr su producción en masa. Los MOS LSI pueden trabajar con una corriente muy baja, pero son muy sensibles a la contaminación con iones de sodio durante su construcción. Por muchos años, los laboratorios de producción en EU no tuvieron las

medidas de protección adecuadas en sus procesos de fabricación y grandes cantidades de iones provenientes de los fertilizantes esparcidos por vía aérea llegaban hasta las plantas de producción y arruinaban todo el trabajo. Darse cuenta de esto y corregirlo llevó varios años. Para la década de los 60's, incluso algunas compañías japonesas ya los estaban fabricando.

Pero cuando las firmas japonesas decidieron cambiar de forma masiva a la tecnología de transistores de semiconductores, surgió un problema imprevisto: para que estas calculadoras fueran rentables, el precio de compra debía ser excepcionalmente bajo, y cuando los departamentos de compra le dijeron esto a los productores japoneses y estadounidenses, éstos se negaron en redondo.

Esto es lo que le pasó a Tadashi Sasaki de Sharp:

"En mayo de 1968 viajó a Estados Unidos buscando alguien que le fabricara circuitos MOS LSI para sus calculadoras electrónicas ya que todos los fabricantes japoneses se habían negado. Comenzando por Fairchild visitó 11 fabricantes pero todos rechazaron su oferta de fabricar grandes cantidades a bajo precio.

Vencido Sasaki se dirigió al aeropuerto. Mientras esperaba su vuelo escuchó que lo llamaban por su nombre. Se trataba de un mensajero de Rockwell, pidiéndole que pospusiera su regreso a Japón. Treinta minutos después regresaba (a la empresa Rockwell) a bordo de un helicóptero. El presidente de la empresa aceptó fabricar los circuitos MOS LSI para sus calculadoras electrónicas." (Puedes ver este testimonio en el documental que te reseño al final del artículo).

El mundo empresarial es un ambiente completamente distinto al de la investigación.

En 1969 el Apollo 11 inició su épico viaje a la Luna. La computadora a bordo utilizó los mismos MOS LSI que Rockwell le vendió a Sharp, pero esto no lo dijeron nada sino hasta que el Apollo regresó sano y salvo a la Tierra. Mientras esto ocurría, Sharp diseñó una revolucionaria

calculadora con circuitos MOS LSI que salió a la venta ese mismo año. La calculadora era seis veces más ligera que la primera calculadora de 1964. Utilizaba cuatro de los circuitos MOS LSI de Rockwell y costaba 27'000 yenes o unos 75 dólares.

Esto tuvo el efecto de que todas las compañías se volcaran a la fabricación de calculadoras con circuitos MOS LSI. Las compañías estadounidenses ahora sí se mostraron dispuestas a manufacturar circuitos para las compañías japonesas, y éstas también comenzaron a copiar los nuevos dispositivos estadounidenses. Para 1971 Busicom presentó la primer calculadora que solamente utilizaba un elemento MOS LSI para realizar todas las funciones, incluida la memoria.

### **El asalto final**

La guerra de las calculadoras involucró a unas 50 compañías en los años de mayor producción, entre 1967 y 1971, e implicó una ampliación constante del mercado, ya que con cada nuevo grado de eficiencia y cada caída del precio, sectores mayores de la población podían darse el lujo de tener una calculadora. Cada vez era menos un privilegio de las oficinas de contabilidad de las grandes empresas, y poco a poco se convirtió primero en un artículo para compañías medianas, luego para cualquier compañía, y después para ciertos departamentos universitarios y algunos profesionales que se dedicaban a hacer cálculos.

Para entonces el sueño de las compañías era que absolutamente todos pudieran tener una calculadora al alcance de su mano. Para los primeros años de la década de los 70 este objetivo parecía alcanzable, aunque no en el corto plazo. Hacía falta resolver varios retos tecnológicos. En primer lugar, la calculadora debía ser extremadamente ligera, para que fuera realmente portátil. Por otra parte, debía tener una pila que le proveyera energía durante largos periodos de tiempo y aparte de todo, debía tener un precio excepcionalmente bajo.

Con la utilización de los circuitos MOS LSI toda la circuitería lógica estaba incluida en un solo elemento. Pero aún había otros componentes que eran susceptibles de perfeccionarse. Quizás el que todos querían mejorar era la pantalla en la que se presentaban los números. Este mecanismo era especialmente problemático porque implicaba el uso de una fuente energía que iluminara la pantalla, y todos los métodos de iluminación eran voluminosos y costosos. Otro de los adelantos estadounidenses dio la última clave para el asalto final en la guerra de las calculadoras: los cristales líquidos.

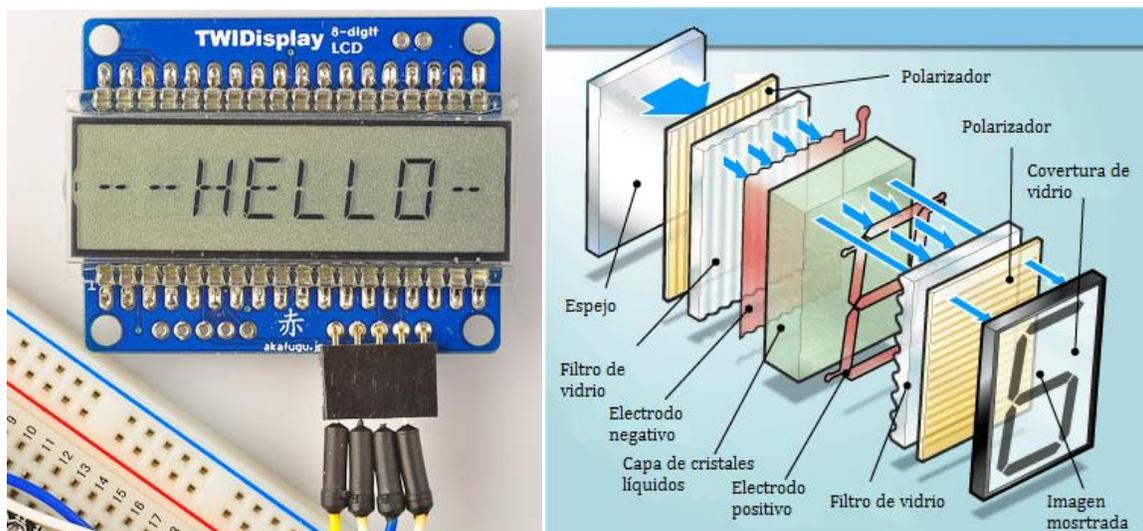


Figura 8. Las pantallas de las calculadoras y otros aparatos como relojes y teléfonos electrónicos utilizan la tecnología de cristales líquidos. Imágenes de:

<http://s.hswstatic.com/gif/lcd-screen.gif>

<http://www.electronics-lab.com/wp-content/uploads/2012/09/twisplay-7.jpg>

Los llamados cristales líquidos son sustancias que pueden fluir como un líquido normal, pero cuyas moléculas tienen formas alargadas y pueden ser reorientadas aplicando campos eléctricos apropiados (ver "Cristales ¿líquidos?" y "Pantallas de cristales líquidos (I)" aquí en Cienciorama). Si acaso era posible desarrollar una pantalla con esta nueva tecnología, entonces se tendría la ventaja en un punto clave.

Así es como lo pensó uno de los directivos de Sharp cuando vio por primera vez estas exóticas sustancias en un documental de la NHK -la compañía televisiva más importante de Japón. De inmediato instruyó a sus equipos de investigación que exploraran la viabilidad de construir una pantalla utilizando esas extrañas sustancias. Los investigadores quedaron estupefactos al oír sobre ellas, y más debido a que ¡les pedían que construyeran una tecnología de punta con eso!

Pero ésta no era la primera vez que los equipos japoneses se enfrentaban con un pedido tan alocado. Al final hicieron lo mejor que se podía hacer: reunieron toda la información, consiguieron todas las muestras que les fue posible recolectar de los cristales líquidos conocidos, y comenzaron a desarrollar sus propias sustancias. Probaron con alrededor de 3000 tipos de cristales líquidos y unas 500 mezclas de éstos, hasta que encontraron una mezcla ideal de cristales líquidos (las mezclas de cristales líquidos pueden mejorar las características de rendimiento cada sustancia tiene por separado). Paralelamente también hicieron investigaciones en torno a los conductores transparentes que se necesitaban para alinear las moléculas pero que no debían opacar la pantalla.

Estas investigaciones de Sharp se llevaron a cabo en secreto, el proyecto fue denominado S734. El 73 se refería al año y el 4 al mes de mayo, que sería la fecha en que el producto debía estar terminado y sería presentado en el mercado. En realidad, el equipo de investigación logró cumplir con los propósitos antes de la fecha establecida. Cuando presentaron la nueva calculadora, quedó claro que el esfuerzo había valido la pena.

La calculadora era un prodigio de la tecnología. Para hacerla más liviana, las conexiones no se hicieron sobre una placa sino que se imprimieron con tinta conductora sobre una hoja delgada de plástico utilizando un mimeógrafo, y para adecuar la potencia de la pila utilizada, se le agregó un panel solar. De hecho, los únicos elementos que

resaltaban fueron el chip MOS LSI y la pantalla de cristales líquidos, ambos bastante compactos. Su apariencia era idéntica a la de cualquier calculadora que vemos hoy en día, pero en su momento fue tan sorprendente, que quedó claro que ya no sería posible hacer más reducciones con la tecnología disponible.



Figura 9. La Elsi Mate EL-805, la primera calculadora digital portátil del mundo. Imagen de: [http://www.vintagecalculators.com/html/facit\\_1106\\_sharp\\_el-805s.html#EL-805](http://www.vintagecalculators.com/html/facit_1106_sharp_el-805s.html#EL-805)

Este fue el hito que marcó el fin de la guerra de las calculadoras. El proceso de automatización de la producción implementado por Sharp, junto con el secreto de cómo producir las pantallas de cristales líquidos, le aseguraron que nadie sería capaz de igualar su producción y la calidad de su producto. La única compañía que pudo recuperarse de este golpe y seguir en el mercado de las calculadoras fue Casio, que a la larga también desarrolló una tecnología de cristales líquidos. Ahora no quedaba

nada de esos años de bonanza en los que llegaron a haber hasta 50 compañías compitiendo en el mercado. A mediados de los años 80, los gigantes fabricantes de calculadoras producían unos 60 millones de calculadoras al año.

Bueno, esto ha sido todo por esta ocasión. Te acabo de presentar el funcionamiento económico de un país lejano, pero inmerso en la economía capitalista. Como ves, aquí y en Japón las competencias comerciales tienen el mismo cariz, y la lucha por los mercados se vuelve despiadada cuando hay en juego grandes beneficios económicos. También vemos que los desarrollos de la ciencia básica juegan un papel primordial en todo esto, pero a la hora de su aplicación tecnológica, no sólo entran en consideración aspectos puramente científicos, sino otros que poco tienen que ver con ello y en ocasiones son contrarios al espíritu de la ciencia.

## **Bibliografía**

- -Hirohisa Kawamoto. *The History of Liquid-Crystal Displays*. Institute of Electrical and Electronic Engineers, EU, 202.
- -Shigeru T. Otsubo. *Post-war development of the Japanese Economy*. Universidad de Nagoya, Japón, 2007.
- -Kenichi Ohno. *The economic development of Japan*. GRIPS Development Forum, Japón, 2006.
- -Documental: The Calculator Wars: A video history of Japan's electronic industry (Part 3).