

LA IMAGEN INTELIGENTE: ¿NEUROKINEMA O CINEMA CUÁNTICO?¹

1. De las máquinas de movimiento a las máquinas de visión

En el siglo XIX, había una obsesión con el movimiento –con ilusiones de movimiento y con máquinas de movimiento. Había dos tipos de máquinas de movimiento: la primera intentaba analizar el movimiento, y la segunda, sintetizarlo. A la cámara le correspondía analizar el movimiento, y al proyector, sintetizarlo.

La evolución del cine durante el siglo XIX puede atribuirse a dos tendencias fundamentales: la primera, fue el progreso realizado en la fisiología y la psicología experimentales, que terminó en la psicología Gestalt; la segunda, los avances en las máquinas, que intentaban adaptar y transferir el mecanismo fisiológico de la percepción a máquinas capaces de simular visualmente el movimiento, pero no –y allí es precisamente donde reside el problema– a máquinas de percepción.

De manera que lo que hoy conocemos como cine, es en realidad una reducción del principio vigente en el siglo XIX, que comenzó a investigar máquinas de visión, pero terminó reduciéndolas a máquinas de movimiento. En este punto se encuentra la industria de la imagen en movimiento con sus *motion pictures* –en una palabra, el sistema de Hollywood. Su código es un legado del siglo XIX, y reduce la exploración inicial de máquinas de visión a máquinas de movimiento. Sólo el cine de vanguardia de los años veinte, cincuenta y sesenta logró mantener la intención original de crear máquinas de visión.

s por ello, que el cine clásico ya limitó la idea inicial vinculada a la percepción. Esa percepción se redujo a la percepción del movimiento, y quedó en el ámbito de la retina, ya que no se analizaba a fondo la forma en que nuestro cerebro percibe el mundo. Se construyeron máquinas con una especie de notación gráfica – *la méthode graphique* ([Etienne-Jules Marey](#)) - del movimiento. Trágicamente, este método sigue siendo válido hoy en día.

Lo que hizo Marey con su famoso método gráfico fue analizar, y descomponer, el movimiento. No importaba si se usaba la máquina de dibujo, o –como en el caso de [Eadweard Muybridge](#)– una máquina fotográfica. Pero tanto Muybridge como Marey comprendieron enseguida que no bastaba con analizar el movimiento, necesitaban muchas otras máquinas para proyectar y sintetizar el movimiento. Podemos concluir esta interpretación, con el hecho de que el cine se inventó en el siglo XIX. El siglo XX no hizo más que transformar las invenciones del siglo XIX en medios masivos normalizados, incluida la televisión, que se convirtió en un aparato de consumo. Como efecto secundario, convertimos simultáneamente estas

¹ Extraído de http://217.76.144.68/archivos/20/html/mobligatorio/00015/html/weibel_frameset_session5.htm. Parte 5 do Seminário "Arte Algorítmico. De Cezane a la Computadora", ministrado por Peter Weibel e organizado por , UNESCO y MECAD/ESDi. Acessado em 20/07/2004

máquinas no sólo en medios masivos de comunicación, sino también en arte, desde un enfoque individual.

El cine constituye la escritura del movimiento (cinematografía); no es más que una máquina que simula el movimiento del ojo. La vanguardia, desde [Dziga Vertov](#) hasta [Steina y Woody Vasulka](#), mantuvo la idea inicial: una máquina para la visión, no una máquina para el movimiento. Vertov nos dio el término *Kinoglaz*, el ojo de la cámara. Con el advenimiento del vídeo (en latín: *yo veo*), se hizo evidente que teníamos que dar el paso paradigmático, de la imitación y la simulación del movimiento, a la imitación y la simulación de la visión con ayuda de las máquinas. Teníamos que ir de la cinematografía (la escritura del movimiento), a lo que yo llamaría la escritura de mirar: la opsigrafía, del griego *opsis* (como en "óptica"). O incluso la opsiscopía, el mirar del mirar –en otras palabras, la observación de mecanismos de observación. En el ciberespacio, por ejemplo, cuando uno se ve a sí mismo y sus acciones como una imagen, ya está en el espacio opsiscópico. La observación de sí mismo en un cuadro que se observa es una observación de segundo nivel. De hecho, el ciberespacio es el comienzo de la opsiscopía: de máquinas, que ven como nosotros vemos o miramos.

2. La imagen interactiva

El aparato técnico que se ha usado hasta ahora para crear imágenes que representan la realidad imitaba la tecnología orgánica de un aparato natural: el órgano de la visión. La posibilidad de imitar el movimiento mediante cuadros fue un paso decisivo para mejorar la representación de la realidad, y constituyó la base para transformar la pintura y la fotografía en cine, como una tecnología de *trompe l'oeil* que simula el movimiento. Hubo un avance en la tecnología de la imagen y su tendencia, a finales del siglo XX, a imitar la vida, pasando de la simulación del movimiento (el *motion picture*), a la simulación de la interacción: la imagen que respondía y reaccionaba; la imagen como sistema vivo; el cuadro viable. El ordenador permitió el almacenamiento virtual de la información como configuración electrónica. La información ya no se encerraba magnética o químicamente, como cuando se guardaba en la cinta cinematográfica o la cinta de vídeo. La *virtualidad del almacenamiento de la información* liberó la información y la hizo variable. La imagen se convirtió en un campo pictórico, los *pixels* se convirtieron en variables que podían alterarse en cualquier momento. El famoso dictado de Willard van Orman Quine, que fundó una filosofía de la relatividad ontológica, afirma que "ser es ser el valor de una variable (encerrada)". Esto puede aplicarse perfectamente a la imagen virtual, a la Realidad Virtual –RV–. Esta virtualidad indujo la *variabilidad del contenido de la imagen*. Hasta cierto punto, la creación de una tecnología de interfaz entre el observador y la imagen resultó necesaria debido a la virtualidad y la variabilidad de la imagen; permitió que el observador controlara el comportamiento de la imagen mediante el suyo propio

El campo pictórico se convirtió en un sistema de imágenes, que reaccionaba al movimiento del observador. El observador formó parte del sistema que observaba. Por primera vez en la historia, se convirtió en un observador interno. En el mundo real, el observador es siempre parte del mundo que observa, siempre como observador interno. El observador externo existe sólo en un mundo idealizado, un mundo inexistente. La obra de [Otto E. Rössler](#) sobre "Endofísica" abre una nueva visión del universo y desarrolla la física del observador interno. El cine clásico imita este mundo idealizado (de la filosofía, la matemática y la física clásica). Con sus observadores internos, los sistemas de Realidad Virtual, por lo tanto, simulan un aspecto de la realidad y acercan las imágenes interactivas a la imitación de la vida.

a imagen en movimiento y el observador en movimiento convergieron hacia una [nueva síntesis imagen- observador](#), que resulta en la imagen interactiva: la transformación más radical de la imagen. Los sistemas artificiales, cuyos comportamientos reaccionan de forma similar al de los sistemas vivos, han sido definidos como "viables" por filósofos constructivistas. Los nuevos sistemas de imagen tienen, por lo tanto, todo el derecho de también ser llamados "viables". La *viabilidad del comportamiento de la imagen* convierte la imagen en movimiento en una imagen viva. De manera que el ordenador es un medio decisivo para simular perfectamente la realidad. La instalación interactiva [SonoMorphis \(link\)](#) (1998), de Bernd Lintermann y Torsten Belschener, simula los códigos de la evolución, los algoritmos del crecimiento de las plantas, dándole al espectador la posibilidad de crear nuevas especies, según los algoritmos de recombinación y mutación, basados en los seis organismos opcionales que se le ofrecen.

3. La imagen indexada

Estas revoluciones en la tecnología de la imagen conllevan la desconstrucción técnica y social de la imagen. Para dicha desconstrucción del aparato técnico de la imagen, el artista puede apoyarse en una revolución de materiales que permite una nueva física de la imagen. Véase [Laserfilm](#) (2000) de Michael Schmidt, Jörn Müller-Quade y Thomas Beth, que muestra el cambio de la óptica refractaria del pasado a la óptica difractiva del futuro. El papel importante de la indexación y la impresión en el arte moderno (particularmente a partir de los años sesenta, como resultado de una investigación artística basada en elementos materiales), indican que la imagen *indexada* (que se define a través de una relación material y física entre el signo y el objeto) sustituirá finalmente, como imagen postdigital, el mundo ilusionista de las simulaciones informáticas en tres dimensiones, ahora encumbradas en el máximo del éxito. La imagen *indexada* es el inicio de una nueva cultura de la materialidad de la imagen, comenzando por la nanotecnología, la química supramolecular y la ingeniería molecular. El importante progreso que se ha logrado en la química y la tecnología molecular ha dado lugar a nuevos materiales, incluidos los plásticos eléctricamente activos, que podrían constituir la próxima generación de recursos informáticos. La instalación interactiva de [Chris Dodge](#) llamada [The Winds that Wash the Seas](#) (1994-95), le permite al observador

soplar contra la pantalla del monitor y alterar la imagen, según la dirección y fuerza de su aliento. Un segundo observador puede interactuar moviendo su mano en el agua. Ambos observadores están transformando la imagen. La obra interactiva en CD-ROM [*Impalpability*](#) (*Impalpabilidad*, 1998) de [Masaki Fujihata](#) es también *indexada* en sus características, ya que la mano humana que manipula el ratón vuelve a aparecer en los *close-ups* en pantalla de una mano humana. Esta nueva cultura de la materialidad se verá marcada sobre todo por la transición de la tecnología electrónica a la nanotecnología, de la microelectrónica a la nanoelectrónica. La transición se apoya en tres etapas de desarrollo del ordenador. La era de los grandes ordenadores mostraba un ordenador con las dimensiones de una habitación y lo usaban varias personas. En la era del PC, una sólo persona usa un sólo ordenador, por eso el término "ordenador personal". En la era futura de una tecnología tranquila y una computación ubicua, una persona vestirá y utilizará un montón de microordenadores. Pero ¿qué tipo de ordenador será? ¿Ordenadores cuánticos, ordenadores por DNA, ordenadores moleculares?

4. El Cinema y la Cibernética

La psicología Gestalt nació alrededor de 1900 y llegó a su máxima cumbre en 1930-1950. Este "fenómeno-fi", un principio clásico sobre el que muchos cineastas de los años sesenta edificaron su obra, fue formulado por Max Wertheimer en 1910. A la psicología Gestalt le siguieron la neurofisiología y la ciencia cognitiva. Si seguimos en esta línea de pensamiento, se hace evidente que mientras las máquinas del siglo XIX estaban relacionadas con la fisiología experimental, las nuevas máquinas de visión deben relacionarse con la neurociencia y la ciencia cognitiva. Esto nos lleva al primer grupo que proporcionó una noción, que sería útil para los próximos cien años: los cibernéticos. De la calculadora al ordenador, pasaron a plantear máquinas que simularían el pensamiento y la mirada, así como el movimiento. Se comparaban las máquinas con el máximo órgano físico: el cerebro. En 1950, plantearon la posibilidad de construir máquinas que también pudiesen simular la vida. En 1950, apareció un artículo desconocido, pero maravilloso, de [W. Grey Walter sobre una "Machina Speculatrix"](#), –una máquina creativa y visionaria– con el título de "An Imitation of Life". En su libro *The Living Brain*, escribió: "La primera noción de la construcción de un mecanismo libre orientado hacia un objetivo corresponde al psicólogo Kenneth Craik. Cuando fue contratado por el gobierno para una tarea relacionada con la guerra, buscó la ayuda de un analista automático, con algunas curvas muy complicadas que había conseguido, curvas relacionadas con los errores en la puntería de los artilleros antiaéreos. En esos días, el aire estaba literalmente lleno de misiles en busca de su blanco; también lo estaban los mecanismos escaneadores. Mucho antes de que la biblioteca de la casa se convirtiera en taller, ambas ideas –la de la búsqueda del blanco y la del *scanner*– se habían unido como la concepción mecánica esencial de un modelo funcional, que se comportaría como un animal muy sencillo.

Al mismo tiempo, esta concepción prometía demostrar –o por lo menos poner a prueba– la validez de la teoría, según la cual una multiplicidad de unidades no es tan responsable de la elaboración de las funciones cerebrales como la riqueza de su interconexión. Con el mínimo de dos elementos debería haber siete modos de existencia. Además de evitar complicaciones mecánicas innecesarias, había otra buena razón para la máxima economía en el diseño de la *Machina Speculatrix* – nombre inevitable de la especie para los conocedores, pero “chino” para los profanos–: la máquina demostraría el primero de varios principios ejemplificados en la mayoría de las criaturas vivientes.”

Para que la imitación de la vida fuera posible, era necesario superar el nivel de la máquina y explorar la teoría de los sistemas. Los cibernéticos comprendieron que sólo los sistemas pueden imitar los procesos de la vida, así como la vida misma, y sólo los sistemas pueden imitar el proceso del pensamiento. De manera que el próximo paso era la teoría de los sistemas. Por consecuencia, es lógico pensar en la imagen también como sistema.

5. El cinema y la teoría de los sistemas: la tecnología de la interfaz

¿Cómo definimos un sistema? Las personas comprendían que debía haber una línea divisoria para sentar la diferencia entre sistema y ambiente. El axioma de la teoría de los sistemas consiste en “la construcción: haga una distinción”. Podemos ver nuestras líneas divisorias: la piel, luego una membrana. Lo que se conocía en el pasado como piel y membrana, se conoce ahora como “tecnología de interfaz”. Como línea divisoria que separa el sistema del entorno, la tecnología de la interfaz hace una diferenciación entre la imagen y el mundo real. Evidentemente, dicha diferencia no es muy clara, no es una línea divisoria como una pared, más bien es como una espuma.

Necesitamos una teoría de la línea divisoria, una teoría de la tecnología de la interfaz, para separar un sistema de su entorno, y permitir el intercambio entre ambos. Me refiero entonces a Ivan E. Sutherland y su artículo de 1963 sobre el ser humano, la máquina y la interfaz. Una vez más vemos la relación del siglo XIX entre el ser humano y la máquina, pero ahora hay un concepto nuevo que plantea que hay algo entre el ser humano y la máquina, que se llama la tecnología de la interfaz. La interfaz está entre el mundo y nosotros mismos, entre las máquinas y nosotros. A lo mejor, el mundo es sólo una interfaz. A lo mejor, podemos cambiar esa interfaz. Si no podemos cambiar el mundo, podemos ampliarla: aquí nos remitimos al *expanded cinema* y la tecnología de la RV. Lo importante de todo ésto, es que la línea divisoria –la interfaz– es permeable y variable. Se puede ampliar esta línea divisoria. Algo que es ahora el entorno, puede formar parte del sistema en el próximo paso. Algo que es ahora el sistema, puede ser el entorno para el subsistema. Lo que quiere decir que, si soy el observador externo de un sistema, puedo convertirme en parte del sistema en el próximo entorno, un observador interno para otro observador externo.

Normalmente consideramos que nuestra situación en el mundo real es idéntica a la del cine clásico. Somos observadores externos de la imagen, y nuestra observación no tiene efecto alguno sobre la imagen. Pero hemos elaborado sistemas en los que nuestra observación es parte del sistema que observamos. Por lo tanto, la teoría cuántica, con sus efectos de observación (del ["principio de incertidumbre" de Heisenberg](#), 1927, al ["universo participativo" de John Archibald Wheeler](#), 1983) se convierte en el patrón modelo para los medios dependientes del observador, que se usan en las instalaciones y los sistemas de imagen interactiva. "Hablar del universo como circuito que se auto-estimula es implicar una vez más un universo participativo."

Estamos obligados a ver que la imagen digital es, por primera vez, un sistema real. Con las instalaciones en circuito abierto, en las que el público entra en la imagen mediante la observación de la cámara, el vídeo se acercó mucho más que el cine a la teoría de los sistemas. Incluso el vídeo sellaba y encerraba la información magnéticamente. Para una imagen como sistema, se requiere el almacenamiento virtual de la información. La Realidad Virtual se basa en la virtualidad del almacenamiento de la información en el ordenador. Hoy en día, la información es sólo una representación electrónica, y eso significa que se puede modificar inmediatamente en cualquier momento. Así, la imagen es un sistema dinámico de variables.

6. El Cinema y los algoritmos genéticos

El próximo paso es definir como agentes las variables de un sistema de imagen. La idea de los agentes tiene una larga historia, cuyas raíces se remontan al matemático [Axel Thue](#), que tenía un problema lingüístico. Imaginemos que tenía una serie de siete letras que constituían un alfabeto; se ponía a escribir una fórmula, digamos con cuatro letras. Tenía dos reglas gramaticales: A puede siempre transformarse en B y A, mientras que B puede siempre transformarse en A. Estaba intentando descubrir un método general, un algoritmo, que decidiría si una fórmula escrita (por ejemplo, cuatro letras) podía derivarse, mediante las dos reglas (la gramática), de las siete letras (el alfabeto). La no-solubilidad del "problema de palabras" de Thue se hizo famosa gracias a [Emil Leon Post](#). Noam Chomsky, que utilizó sistemas Semi-Thue, inventó los primeros modelos lógico-matemáticos para el lenguaje natural. Sobre esa base, en 1960 Backus y Naur desarrollaron un lenguaje más de programación, el ALGOL (lenguaje algorítmico). Posteriormente, el biólogo belga Aristid Lindenmayer inventó, en 1967, el Sistema-L (el Sistema Lindenmayer), un lenguaje de programación, denominado "algoritmo genético", que era una aplicación clara de la técnica de Thue. Apoyándose en este modelo matemático-lingüístico, pudo simular el crecimiento de las plantas! Ni la geometría ni las máquinas de visión, sino un lenguaje de programación, basado en la matemática, permitió imitar los procesos de vida, como la morfogénesis y el crecimiento de formas.

El código cinematográfico de hoy intenta imitar, no el movimiento, sino el crecimiento, e incluso el crecimiento caótico, como un aspecto de la vida. Las variables de la imagen se convirtieron en agentes autónomos, en datos con una vida propia.

El código cinematográfico de hoy intenta imitar, no el movimiento, sino el crecimiento, e incluso el crecimiento caótico, como un aspecto de la vida. Las variables de la imagen se convirtieron en agentes autónomos, en datos con una vida propia.

Después de Lindenmayer, el autor del mejor libro de texto sobre algo rítmico genético es John H. Holland, que describió el paso siguiente: "los sistemas complejos adaptables", capaces de adaptarse al entorno. Ahora había un intercambio entre el sistema anteriormente separado y el entorno. En su último libro de reciente aparición, *Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity*, ofrece los siete conceptos de agregación, demarcación, no-linealidad, flujos, diversidad, modelos internos, y bloques de construcción. Todos estos mecanismos o propiedades de un sistema le permiten a un sistema, lo suficientemente complejo, adaptarse al entorno.

Naturalmente, esta adaptación la llevan a cabo los llamados *software agents*, o agentes autónomos. Dichos agentes de software pueden tomar sus propias decisiones para actuar dentro del algo rítmico, de manera que, por primera vez, un sistema puede adaptarse desde el interior. Llamo a este proceso de adaptación "comportamiento inteligente"; el sistema como un todo, después de haber sido virtual y variable, se hace ahora "viable". La imagen tiene comportamiento –la viabilidad– e inteligencia naturales. Cuando convertimos la imagen en un sistema, puede comportarse como un organismo vivo y poseer una inteligencia artificial. La imagen puede actuar por sí misma. La imagen algo rítmica puede imitar la evolución de la vida.

7. La comunicación inalámbrica y el ciberespacio no-local, distribuido y compartido

Para lograr imágenes inteligentes en el futuro, debemos aplicar la idea de la red, lo que significa que el observador ya no es parte de la jerarquía. La llamada pirámide jerárquica visual se aplicaba a la imagen clásica: un observador miraba una sola imagen. En la próxima década, debemos tratar de convertir la imagen en un sistema, en el que el observador no sea más que un nudo en la red del sistema de imágenes. El observador, que habrá dejado de ser privilegiado, será entonces una máquina de interfaz periférica, como cualquier otra máquina. Debemos recordar que el cine comenzó con un sólo observador, que miraba hacia una única máquina. La forma clásica era la de un observador, una película, un espacio. Poco a poco se fue transformando en una experiencia colectiva, pero incluso en una sala de cine hay una sola película, que se proyecta localmente en un espacio aislado a un mismo tiempo. El principio de la unidad sigue vigente. El paso siguiente fue la

televisión, con una observación colectiva, pero no era local, no estaba en un espacio aislado, estaba dislocada, aunque seguía limitada a la visión simultánea de una película. La televisión ya tiene una estructura de red como modelo de distribución, y el paso inminente será una experiencia simultánea, dislocada y colectiva, de diferentes películas, que pueden verse en casa a partir de algún tipo de base de datos.

El ciberespacio, en su forma actual de *head-mounted display* (casco de datos), es el cinema antiguo: una vez más tenemos un espectador localmente definido, de una película, en un lugar, a un mismo tiempo. En el transcurso de los próximos cien años, debemos desarrollar la tecnología del ciberespacio, a fin de responder a la transformación de nuestras necesidades de una experiencia colectiva, en un ciberespacio dislocado y distribuido. Debe ser simultánea y no local, la imagen debe basarse en la red, edificarse en información de fuentes no locales, en la forma que ya ha sido demostrada por los juegos *online*, que tienen miles de habitantes/jugadores. Hace un siglo, la gente construía líneas férreas, ponía cables debajo y encima de la superficie y a través del fondo oceánico. Ahora la fibra óptica debe convertirse en la base para la experiencia colectiva de otros códigos visuales. En la actualidad, un alambre sigue habiendo un cable entre el ordenador y el *head-mounted display*. La tecnología inalámbrica del futuro podría basarse en la neurofisiología: sería el neurocinema inalámbrico. El proyector del futuro consistirá en el uso inalámbrico de la red, y permitirá la experiencia colectiva de datos no-locales, visuales y acústicos.

8. El Neurocinema

En el siglo XIX, se descubrió que las neuronas usan potenciales de acción para enviar señales a través de largas distancias. La naturaleza del todo o nada del potencial de acción significa que codifica la información según su presencia o su ausencia, pero no según sus dimensiones o formas. En este sentido, un potencial de acción podría considerarse una pulsación. ¿Cómo representan los potenciales de acción estados sensoriales y actividades mentales? ¿Cómo se inserta la información en los patrones liberadores de los potenciales de acción almacenados y recuperados? Le debemos las primeras imágenes de redes nerviosas a [Ramón y Cajal \(biografía\)](#). Éstas permitieron hacer la pregunta sobre la forma en que el cerebro procesa la información, a fin de que sea más precisa. La excitación y la inhibición ya se conocían en 1900 como atributos de las actividades de las redes nerviosas. Pero los efectos de excitación e inhibición de los pulsos nerviosos los demostró David Lloyd por primera vez en 1946.

Las ideas sobre la estructura lógica de la mente desarrolladas por Leibniz y otros se apoyaron en el conocimiento incipiente de la estructura y las funciones de las redes nerviosas. Leibniz mostró que la lógica puede reducirse a la aritmética, y que la aritmética puede expresarse en un código binario (todos los números pueden expresarse con los dígitos 0 y 1). Concibió una máquina lógica, que podía calcular

cada número computable, mediante operaciones algebraicas que se conocen hoy como algoritmos.

El matemático inglés George Boole desarrolló esta idea más detalladamente en sus libros *The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning* (1854). El álgebra de Boole, un método simbólico para las relaciones lógicas, es un cálculo de proposiciones, en el que las variables sólo pueden ser 0 ó 1. En 1938, [Claude E. Shannon](#) utilizaba el álgebra de Boole, para demostrar que existía una analogía perfecta entre el cálculo de proposiciones y el cálculo para circuitos de *relay* y conmutación. También puede interpretarse el teorema del cálculo de proposiciones como un teorema de circuitos de conmutación válido. Si un circuito está cerrado, puede considerarse como falsa la interpretación de la proposición; si está abierto, significa que la proposición es verdadera, y así sucesivamente.

La descripción de actividades nerviosas que acompañan procesos del pensamiento puede convertirse en prescripciones para el diseño de máquinas capaces de pensar o (lo que es lo mismo), diseñar programas. Una forma de comprender las leyes del pensamiento era estudiar cuidadosamente el cerebro y su actividad nerviosa. Después que Ramón y Cajal descubrió que la corteza cerebral se compone de capas de células tangenciales a la membrana pial, la ciencia del cerebro ha realizado un progreso enorme. Tenemos ahora un atlas del cerebro humano y un conocimiento considerable de la experiencia consciente del cerebro. Iniciada en el siglo XIX, la búsqueda de una analogía entre la matemática y el cerebro, entre las operaciones algebraicas y las actividades nerviosas, entre el cálculo y el razonamiento deductivo, había alcanzado, a mediados del siglo XX, una etapa en que las actividades nerviosas que representaban las ideas y los procesos del pensamiento podían describirse y formularse en términos matemáticos. Esa búsqueda desembocó en máquinas que podían pensar, construidas según leyes matemáticas, como el cálculo proposicional. Estas máquinas pueden ayudarnos a comprender el razonamiento y el cerebro. Tenemos, por lo tanto, una cadena de analogías entre la actividad nerviosa y la matemática, la matemática y las máquinas, las máquinas y las actividades nerviosas. El "mentalismo", el mecanismo y la matemática se consideraban mundos paralelos. Se usaba la lógica simbólica o formal para diseñar circuitos eléctricos. Y los [circuitos eléctricos](#) se usaban para diseñar un cerebro.

Se suponía que las máquinas hicieran el trabajo del cerebro; y las matemáticas, que convirtieran los procesos del pensamiento en procesos de programación. El momento clave se produjo en 1943, con la publicación de tres documentos teóricos sobre lo que llamamos ahora la Cibernética. Nobert Wiener, Arturo Rosenblueth y Julian H. Bigelow, del Massachusetts Institute of Technology (MIT), sugirieron formas de introducir metas y objetivos en las máquinas. [Warren S. McCulloch](#) y Walter H. Pitts demostraron cómo las máquinas podrían utilizar los conceptos de la lógica y la abstracción, y cómo las redes nerviosas podían

considerarse procesadores paralelos. Kenneth J. W. Craik, de la Universidad de Cambridge, propuso que las máquinas podrían utilizar modelos y analogías para resolver problemas.

La teoría formal de las redes nerviosas, de Warren McCulloch y Walter Pitts, constituyó la base para la teoría autómatas y la inteligencia artificial. Debido a la característica del "todo o nada" de la actividad nerviosa, una neurona puede verse como un ingenio lógico binario, y los eventos nerviosos pueden describirse a través de la lógica proposicional derivada de *The Logical Syntax of Language* (1937) de Rudolf Carnap. Shannon demostró la analogía entre el cálculo proposicional y los circuitos conmutadores; McCulloch y Pitts mostraron la analogía entre el cálculo proposicional y la actividad nerviosa. Las redes nerviosas, los circuitos conmutadores y el cálculo lógico se convirtieron en una sola cosa, que obedecía a las mismas leyes. Las máquinas electrónicas, por lo tanto, podían realizar las funciones de las redes nerviosas, y computar. El modelo de actividad nerviosa de McCulloch y Pitts y su propuesta, de que las neuronas computan las funciones lógicas, ejercieron influencia en el famoso informe técnico de John von Neumann, presentado en 1945, sobre la arquitectura de los ordenadores digitales del futuro.

En 1947, Pitts y McCulloch hicieron una construcción teórica de redes nerviosas para el reconocimiento de modelos, que mostraba cómo un *input* visual podía controlar el *output* del motor a través de la actividad distribuida de las capas de una red nerviosa. En ese documento extraordinario, titulado "How we know universals: The perception of auditory and visual forms" (Cómo conocemos los universales: la percepción de formas auditivas y visuales), Pitts y McCulloch proponían una serie de mecanismos nerviosos muy específicos, que podían utilizarse para abstraer cantidades importantes de una representación nerviosa. Hubo una transición entre los documentos de 1943 y los de 1947, manifiesta en el paso de la lógica computacional nerviosa binaria a las estructuras nerviosas especializada, que computaban aspectos específicos de un estímulo sensorial. El documento de S. C. Kleene, de 1951, "Representation of Events in Nerve Nets and Finite Automata" (Representación de eventos en las redes nerviosas y los autómatas finitos), marcó, junto con otros documentos, el inicio de la teoría de los autómatas abstractos.

Nació la idea: con ayuda de la lógica, los acontecimientos del mundo podían representarse en redes nerviosas artificiales. Esas redes podían simularse mediante circuitos conmutados. Los autómatas, contruidos a partir de esos circuitos conmutados, podían simular actividades nerviosas en el cerebro, como los procesos del pensamiento, la computación, e incluso la visión. La visión mediante una máquina a escala molecular es una posibilidad de la imaginería cinematográfica del futuro. El modelo McCulloch-Pitts se basaba en unidades binarias; muchos de los modelos recientes de redes dependen de variables continuas. Nuestra percepción del mundo es impulsada por el *input* de los nervios sensoriales. El *input* alcanza el cerebro codificado, como secuencias de patrones que disparan potenciales de

acción, o *spikes*. El ojo comunica cadenas de *spikes* al cerebro. La información es codificada por el disparo de neuronas, mientras que, en el momento oportuno, los *spikes* codifican la información. Por ello, las redes nerviosas son codificadas por pulsaciones.

La visión no es una representación espacial en el cerebro a través de la retina; la visión es la forma en que el cerebro computa los patrones temporales. Esa codificación nerviosa, basada en pulsaciones y creada por el impulsos de neuronas, constituye la base de nuestra percepción. Las redes nerviosas biológicas, cuya comunicación se hace a través de los impulsos, utilizan el momento oportuno del impulso para transmitir la información. Las redes neuronales basadas en el impulso demuestran que la visión es un código temporal.

El [cinema del futuro](#) podrá simular o estimular precisamente esas redes nerviosas basadas en el impulso. En lugar del *trompe l'oeil*, el próximo paso podría ser el *trompe le cerveau* –el aparato cinematográfico engañará al cerebro, no al ojo, dirigiendo y controlando redes nerviosas con precisión y con el apoyo de máquinas moleculares. Podríamos entonces imitar la visión, construir una experiencia cinemática sin luz ni ojos, crear imágenes sin percepción, trasladadas mediante la estimulación directa de redes nerviosas. Gracias a códigos temporales, basados en impulsos que estimulan directamente el cerebro, con ayuda de *neurochips* o *chips* cerebrales, habría percepción sin los sentidos, se vería sin tener que usar los ojos. La estimulación –la representación artificial del mundo basada en pulsaciones– sustituiría la simulación. El cerebro, en oposición al ojo, se convertiría en la pantalla.

En el siglo XXI, es posible que la neurofisiología asuma el papel que desempeñó la fisiología en el desarrollo del cine durante el siglo XIX. El progreso en la neurofisiología y la ciencia cognitiva augura que los ingenieros del futuro tendrán éxito en aplicar estos descubrimientos a las máquinas nerviosas y moleculares, que transforman la tecnología de la simulación para engañar el ojo, en una tecnología de la estimulación, que a su vez engaña el cerebro.

9. Cinema cuántico

El escalamiento es un campo relacionado con el cinema del futuro. Si trabajamos en el ámbito de la química supramolecular o la nanotecnología, ¿podemos inventar un aparato cinematográfico que nos permita manipular no sólo las neuronas, las células y las redes neuronales individuales, sino también partículas más pequeñas que las neuronas? Si esto resulta factible, entonces podemos aprender de la teoría cuántica, que nos enseña que [la realidad es relativa al observador](#). Cualquier cosa que se observe, se ve modificada también por el mero acto de la observación. Ello significa que debemos pasar de la tecnología del receptor (las cámaras), a la tecnología del ejecutor. Hasta ahora, sólo hemos desarrollado receptores: máquinas de grabación, con las que podemos grabar y representar el mundo. La

crisis de la representación, que ha durado una larga década, sólo se resolverá cuando desarrollemos una tecnología de ejecutores. El acto de la observación está cambiando no sólo la percepción de la realidad y la imagen, sino incluso del mundo real. Esta es una de las propuestas básicas de la teoría cuántica. Si en nuestro caso el observador es una máquina, entonces nuestra realidad es relativa no sólo al observador, sino también a la máquina. Las nuevas máquinas de observación, desde la TV por satélite, hasta los ordenadores, no sólo están cambiando la percepción y simulando la realidad (simulando la vida), sino que también están construyendo la realidad. Finalmente, incluso nuestro status como sujetos está siendo alterado por esta realidad relativa al observador, relativa a la máquina. Mientras que en el mundo clásico era válido decir "conócete a ti mismo", o "exprésate a ti mismo", en el mundo que se construye ahora, con la ayuda de estas máquinas, también debe construirse el sujeto. Igual que las máquinas que pueden construir lo que ellas –y nosotros– vemos, lo único que podemos hacer es "construirnos a nosotros mismos".

David Finkelstein ha mostrado que la física cuántica puede considerarse un modelo teórico para los medios interactivos. Si llevamos esta idea aún más lejos, podemos prever las relaciones siguientes:

El matemático Josiah Gibbs, coetáneo de Marey, publicó en 1873 un artículo titulado "A method of geometrical representation of the thermodynamic properties of substances by means of surfaces" (Un método de representación geométrica de las propiedades termodinámicas de sustancias por medio de superficies). El mundo cultural no tomó nota. Se trataba de encontrar un método para la representación geométrica de las propiedades termodinámicas de los organismos vivos. No quería representar el movimiento, sino la energía. Comprendió que con la construcción de superficies, se puede llegar a alguna idea de cómo representar un flujo de energía. Este artículo presentó el llamado "estado de fases de Gibbs", que muestra que el espacio no es algo continuo, sino una propiedad estadística.

Richard Feynman comprendió la idea de Gibbs y la llevó un paso más allá. Vio que el punto de vista de un valor inicial debe ser sustituido por el estado de un sistema. El estado de un sistema es representado por un vector en su tiempo de evolución. Gibbs sólo trabajaba con la geometría; Feynman indicaba que deberíamos considerar igualmente el tiempo de evolución. En lugar de considerar el movimiento de una partícula en el espacio desde un punto A hasta un punto B, debemos sustituirla por el espacio de las fases. Debe definirse no como movimiento, sino como una transición entre diferentes estados. La idea es brillante: ya no miramos esas máquinas grabadoras que analizan el movimiento en marcos a la manera del siglo XIX, sino que vemos el movimiento como sistema dinámico, en el que debemos diferenciar transiciones de estado. Si se produce una transición de estado, entonces todo el sistema cambia a otro estado de fases. Este espacio no puede medirse nunca, sólo puede dársele un valor probabilístico.

Existen muchas probabilidades para caminos posibles. Un camino adoptado por una partícula no es más que un promedio probabilístico de (todas) las trayectorias posibles. Feynman introdujo lo que se conoce como la "Feynman path integral" (*integral de caminos de Feynman* o *integral de Feynman*): una integral de todos los caminos potenciales. Para los que hacen películas –obras ópticas–, esto significa que al observador hay que darle la oportunidad de escoger los caminos posibles. Ya se advierte la tendencia a ofrecer al observador un campo indefinido, una probabilística de caminos distintos. La integral de Feynman de los valores probabilísticos está almacenada en el ordenador y el observador actúa como una partícula que selecciona las transiciones fase-estado.

Si reconocemos que la fuente de la imagen es un amplio campo de probabilidades, comenzamos a comprender cuánta gente podría ver películas diferentes al mismo tiempo. Mi proposición es cada miembro del público en un cine podría ver una película diferente. Esta idea, que es imposible de poner en práctica con imágenes en celuloide, es factible con un almacenamiento de información virtual en un ordenador cuántico, que permite el acceso estocástico a la información. Cada persona tiene un juego de valores probabilísticos. Esta idea aplica la integral de Feynman al campo óptico y requiere la capacidad de manejar el ordenador cuántico, que sustituirá los ordenadores electrónicos en el futuro. El nuevo campo de la información cuántica, con sus extrañas atracciones, como la superposición y el enlace, permite la visión utópica de una imaginería cinematográfica totalmente nueva, sin restricciones locales.

El filme admirable [Strange Days](#) de Kathryn Bigelow (1995, guión de James Cameron y Jay Cocks), ya bosqueja este tipo de cinema cuántico del futuro, con una tecnología de interfaz sumamente avanzada, que implica la participación directa del cerebro y muestra un aparato cinematográfico que sustituye todas las máquinas cinematográficas históricas anteriores; un enfoque de cámara subjetiva nunca visto: nos permite ver con ojos ajenos. Un aparato cinematográfico llamado "[Squid](#)" (por las siglas en inglés de *Superconducting Quantum Interference Device* – Mecanismo superconductor de interferencia cuántica), basado en la "unión Josephson", es el primer ejemplo de un cinema cuántico. Un aparato visual similar también aparece en *Brainstorm*, 1983, de Douglas Trumbull.

La nueva tecnología informática le permitirá al código cinematográfico evolucionar de una relación de 1:1 (un espectador, un filme, un espacio, una vez), a un entorno virtual de multiusuarios (x espectadores, x filmes, x espacios, x veces). La *interpretación de muchos mundos* de la mecánica cuántica modela un futuro de muchos mundos virtuales, masivamente computados de forma paralela y "enlazada" (véase *The Matrix*, 1999). En esta Realidad Virtual dispersa, cientos de espectadores actuarán no sólo delante de la pantalla, sino también detrás de ella. La tecnología en red ya está permitiendo una nueva etapa para la comunicación, un nuevo tipo de proyector. Igual que el siglo XX normalizó las invenciones tecnológicas de la imagen del siglo XIX y las convirtió en una industria de masas,

también el siglo XXI deberá lograr que la tecnología avanzada de la imagen del siglo XX sea compatible con su utilización masiva.

La tecnología contemporánea de la RV nos recuerda de forma impresionante el primer cinema del siglo XIX, que se caracterizó por una recepción individual . El ejemplo del Fenacistoscópio nos permite comprender el principio de la recepción individual: una persona miraba una película en un lugar, en un mismo momento. La proyección permite la percepción simultánea colectiva: x personas miran un filme en un mismo lugar en un mismo momento. La televisión incide en la percepción no local: x personas miran un filme en x lugares en un mismo momento. El vídeo y el CD-ROM permiten una percepción tanto individual como colectiva, simultánea o no simultánea; x/una persona(s) mira(n) x/un filme(s) en x/un lugar en x/mismo momento(s). A finales del siglo XX, la imagen digital comenzó de cero. El casco de datos de los sistemas de RV vuelve a la recepción individual del cinema del siglo XIX: una persona mira un filme en un lugar en un mismo momento. Para sobrevivir, la tecnología de RV debe apropiarse de las formas ya conocidas no-locales, colectivas y no simultáneas de la percepción, como la televisión y la radio. La tele-tecnología del sonido, que conocemos gracias a los teléfonos móviles (a comparar con la computación ubicua que una persona puede llevarse encima), facilitará la música del futuro, que también se apropiará de la tele-tecnología de la imagen.

Las tecnologías de la imagen del futuro permitirán que cualquier persona vea un filme en cualquier lugar, en cualquier momento. La fórmula para la tecnología futura de la imagen reza: cualquiera, en cualquier lugar, en cualquier momento. Sin embargo, el aspecto decisivo es que, con esta forma de interacción colectiva (en lugar de la tecnología actual de interfaz individual), el observador no se estanca como observador externo, como en el caso del filme, sino que se convierte en un observador interno. Participará en los mundos de la imagen y, por lo tanto, los modificará. Esta incursión en el mundo de la imagen disparará reacciones en el sentido del modelo de la co-variación, no sólo en los mundos múltiples paralelos de la imagen, sino también en el mundo real. La relación entre el mundo de la imagen y la realidad será múltiple y reversible, y el propio observador será la interfaz entre el mundo virtual artificial y el mundo real.

Controlados por el observador interno, los acontecimientos en el mundo real afectarán al mundo virtual. Los eventos en el mundo virtual, también controlados por el observador, afectarán al mundo real y los mundos virtuales paralelos.

El observador pasará de una narrativa a otra. En lugar de la narración lineal, los usuarios múltiples crearán narrativas múltiples instantáneas. Las interacciones entre el observador y el mundo de la imagen serán bidireccionales. Una causa en el mundo real, tendrá un efecto en el mundo virtual; e inversamente, una causa en el mundo virtual, tendrá un efecto en otro mundo virtual paralelo, o en el mundo real. En instalaciones telemáticas o digitales, las interacciones controladas por los

observadores entre los mundos real y virtual y entre diferentes mundos virtuales paralelos permitirán que el espectador sea el nuevo autor, el nuevo camarógrafo, el nuevo editor, el nuevo narrador. En las instalaciones multimedia del futuro, el observador será el narrador, sea localmente, sea a través de la red mediante control remoto. Gracias a la navegación, los observadores crearán nuevas formas de narración en instalaciones telemáticas o digitales. La convergencia del filme, el vídeo, la televisión e Internet ofrece una ocasión histórica para ampliar y revolucionar el código cinematográfico. El horizonte de la nueva imagen digital ya está siendo proyectado por diversas proyecciones en base a técnicas de narración múltiple, mediante tecnologías de imagen inmersiva, desde el CAVE hasta los juegos online y otras tecnologías de RV ya distribuidas en red. Pero, en primer lugar, la futura tecnología de la imagen será conformada por mundos virtuales masivamente paralelos (MUVEs = *multi-user virtual environments* – entornos virtuales multi-usuarios), que estarán telecorrelacionados o “enlazados”. La idea del MUVE inalámbrico u online se apoya fuertemente en las características más extrañas de la física cuántica: la no-localización y el enlace.

Einstein, después de Newton, no creía en las “acciones a distancia”. La teoría cuántica predijo que parejas de fotones se comportan en forma idéntica en medidas correlatas, y por eso se dice que los fotones están “enlazados”: parece que si se mide uno, instantáneamente se está “influyendo” en el resultado de la medida del otro, aunque estén separados. Einstein llamaba este comportamiento una “acción fantasmal a distancia” o “extraña acción a distancia”. En 1964, John Bell mostró que este comportamiento teóricamente existe. La capacidad aparente de los sistemas cuánticos de actuar a distancia se conoce como la no-localidad. Experimentos llevados a cabo por Clauser, Aspect y Zeilinger han confirmado la naturaleza enlazada y supercorrelata del estado de dos fotones y la posibilidad de interacciones entre mecanismos de medición remotos. En mundos virtuales interactivos distribuidos o dislocados, encontraremos la misma inseparabilidad. La interacción será no sólo unidireccional del observador hacia la imagen, de lo real hacia lo virtual, sino también bidireccional –de lo virtual de regreso hacia lo real, de la imagen de regreso hacia el observador. La computación reversible permitirá relaciones reversibles entre el espacio real y el espacio de la imagen. Esta interacción no estará limitada localmente (como era el caso incluso con la interacción apoyada en la computación), sino que será correlativa entre mundos virtuales distantes, o entre mundos reales dislocados y mundos virtuales. La estructura de la comunicación no local se apoyará en agentes o asistentes inteligentes virtuales, desde GPS (*Global Positioning Systems*), hasta teléfonos móviles WAP. Estos sistemas de imagen inteligentes significan un paso futuro hacia la liberación de los seres humanos de la prisión natural del espacio y el tiempo.