



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN ARTES Y DISEÑO  
FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO

## OBRA DE ARTE PROGRAMABLE

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN ARTES VISUALES  
PRESENTA:  
JOAQUÍN ROBERTO DÍAZ DURÁN

DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. BLANCA GUTIÉRREZ GALINDO (FAD)

TUTOR:  
DR. RICARDO PAVEL FERRER BLANCAS (FAD)

SINODALES  
DR. JESÚS SAVAGE CARMONA (FI)  
DRA. MARÍA TANIA DE LEÓN YONG (FAD)  
MTRO. JUAN MANUEL MARENTES CRUZ (FAD)

MÉXICO, D.F. MAYO 2014

UN/M  
POSGRADO  
Artes Visuales



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A todos aquellos que ven en un límite la posibilidad de llegar a otro sitio.*

*Agradezco profundamente*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Artes y Diseño por ser una de las pocas instituciones en nuestro país que nos demuestran que otro mundo es posible. Gracias por el apoyo recibido, en todos los sentidos, el cual permitió que esta impetuosa investigación fuera posible.*

*Agradecimientos para el proyecto PAPIIT IN117612, Robot de Servicio para Asistencia a Adultos Mayores y en Sistemas Hospitalarios.*

*A la Universidad de Castilla-La Mancha por recibirme y apoyarme durante mi práctica escolar.*

*A la Dra. Blanca Gutiérrez Galindo que me apoyo desde el principio de la investigación y lo ha seguido haciendo. Gracias por tu paciencia.*

*Al Dr. Ricardo Pavel Ferrer Blancas, que me apoyo en cada giro que dio la investigación.*

*Al Dr. Jesús Savage Carmona cuya visión le permitió al arte entrar al laboratorio de robótica.*

*Al Mtro. Juan Manuel Marentes Cruz que siempre nos decía que no era suficiente. Eso nos hizo llegar más allá.*

*A la Dra. Ma. Antonia Gonzales Valerio, por crear vínculos reales entre el arte y la ciencia.*

*A la Dra. Iliana del Carmen Ortega Vaca y sus brillantes clases de historia del cine. Desde el cine se puede entender el arte electrónico.*

*A la Dra. Sylvia Molina Muro de la Universidad de Castilla-La Mancha, por esa empatía espontanea que hayamos en nuestro trabajo e ideas, por la oportunidad de impartir cátedra con ella y porque sigamos trabajando juntos.*

*Al Dr. José Ramón Alcalá de la Universidad de Castilla-La Mancha por apoyarme en la realización de mi práctica y orientarme hacia los puntos focales del arte electrónico en Europa.*

*A Alejandra Valenzuela de la Academia de San Carlos por ayudarme cada vez que mi incursión interdisciplinar me sacaba del sistema.*

*A Carmen Gonzales de ProtolabMovil por compartir generosamente sus conocimientos.*

*A mi hermana Eugenia Díaz, porque somos cómplices en el arte y en la vida.*

*A mi madre por pensar que uno siempre puede romper con los patrones ancestrales.*

*A mi padre, de él aprendí que si algo no se sabe basta con ponerse a estudiar, sea lo que sea.*

*A mi abuelo Joaquín R. Díaz Primero, por fin regrese a la ciencia.*

*A mis abuelas que siempre han querido que todo me salga bien.*

*A Mauricio Matamoros que me parecía el peor humano y hoy es de mis mejores amigos. Muchas gracias por tu apoyo.*

*A mis amigos de la maestría con quienes pase tan buen tiempo. Nuestras conversaciones influyeron mucho en esta investigación.*

*A mi pareja Graciela Santamaría (Chelita), que me regalo su Europa para que la hiciera mía. Los estratos de la célula sonora nacieron en España.*

*A Ivan Acosta el Polilla, Tita y su pequeña (que aun no sabíamos que estaba allí), me acompañaron cuando más hacia falta.*

*A Diego Canedo que me salvo en mi primer incursión en la Ingeniería. Gracias Cane.*

*A mis amigos de Cuenca, Lorena Esteso, Jesús Manuel Martín Gil (Yisus), Alejandra Lara González, Dani López, Javier Osona, Julio Sanz, Natalia Fariñas y Sylvia Molina. Son mi familia en España.*

*Esta investigación me cambio la vida, varias veces.*

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
¿QUÉ ES ESTA TESIS?.....	15
ORIGEN Y TRANSFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
COMO SE LEE ESTA TESIS.....	19
<b>DE LA INGENIERÍA AL ARTE</b> .....	<b>29</b>
PRESTANCIA-SEGUIMIENTOS.....	31
LA EPIFANIA DE LA MANO.....	34
ANIMAL HERIDO, OBJETO INTERACTIVO.....	36
EL PRIMER GRAN SALTO .....	39
<b>MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE</b> .....	<b>45</b>
SERES CON UNA ESENCIA PLÁSTICA.....	47
TECNOLOGÍA, ARTE Y MAGIA.....	50
EL REGALO DE PROMETEO.....	52
TEST VOIGHT KAMPPF DE LA EMPATÍA.....	59
HAROLD COHEN, EL PINTOR QUE ENSEÑO A PINTAR A UNA COMPUTADORA.....	63
ZEEB ZOB INTERFAZ ROBÓTICA DE ACTUACIÓN.....	65
BICHOS PROXÉMICOS V 1.0.....	66
DISERTACIÓN SOBRE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE.....	73

<b>CÓDIGO</b> .....	<b>77</b>
ESTÉTICA COMPUTACIONAL.....	84
ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA.....	86
EL PROGRAMADOR COMO ARTISTA.....	89
<b>ROOM FULL of EMPTYNESS</b> .....	<b>93</b>
CONCEPTO CENTRAL DE RoFuE.....	97
PLANOS.....	99
MATRÍZ.....	105
RETÍCULA VIRTUAL.....	111
CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES.....	119
EL MODELO MATEMÁTICO.....	125
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES.....	130
MODULO DE VISION DE RoFuE.....	133
K-MEDIAS [K- MEANS].....	137
<b>TRABAJO A FUTURO</b> .....	<b>145</b>
<b>INTERFAZ</b> .....	<b>146</b>
JUSTINA V. 2.0.....	154
<b>VISIÓN COMPUTACIONAL</b> .....	<b>156</b>
VISIÓN COMPUTACIONAL Y ARTE.....	150
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>167</b>
<b>FUENTES DE CONSULTA</b> .....	<b>177</b>
<b>TABLA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>185</b>



Universidad Nacional  
Autónoma de México



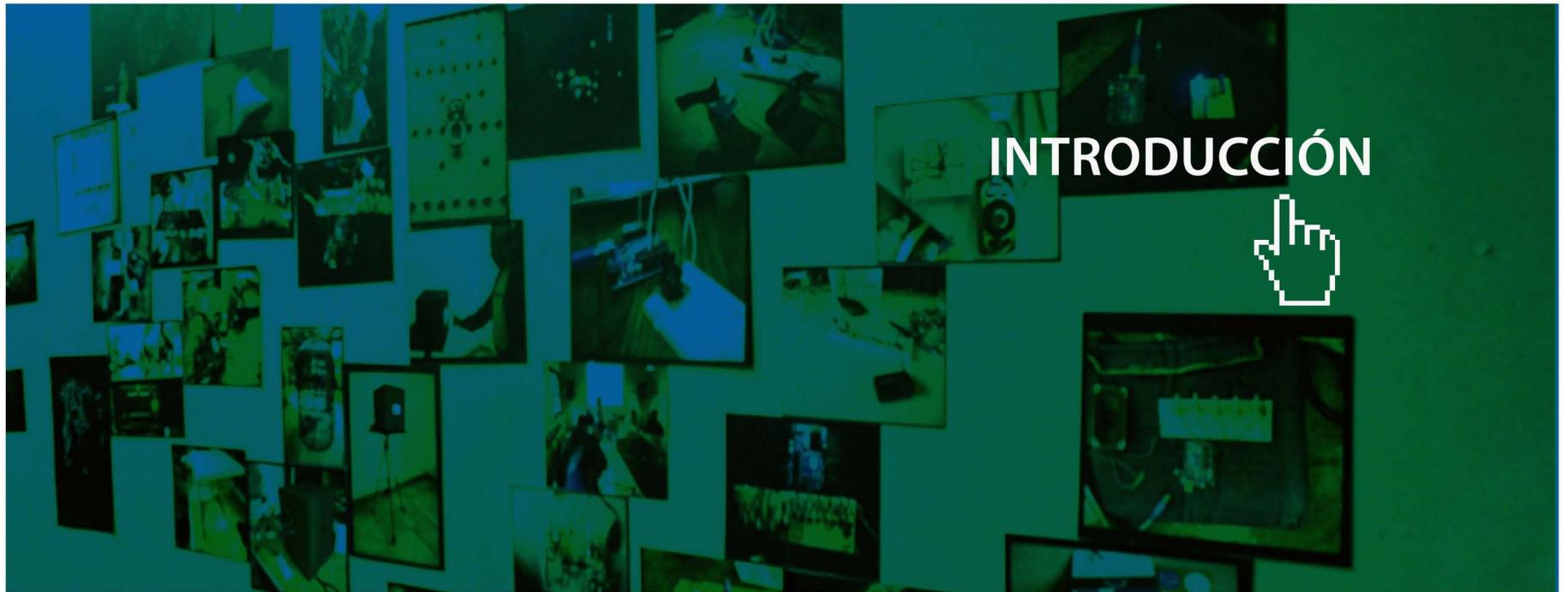
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Obra de Arte  
Programable*





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Ilustración 1- Mapa visual, 1er etapa de la investigación.*



## ¿QUÉ ES ESTA TESIS?

Esta tesis es la fundamentación de un proceso creativo cuyo centro de interés es el cruce de la ingeniería con el arte.

Esta tesis es el registro del trayecto que se realizó desde las artes hasta la ingeniería.

Esta tesis presenta las obras que se realizaron durante la maestría, primero con el interés de crear obras que reaccionarán a la presencia-impresencia de las personas y después buscando la expresividad misma de la electrónica, la programación y la robótica como medio.

Esta tesis muestra como se transformo la visión que se tenía del trabajo con medios electrónicos que fue abordada en principio de manera muy ingenua, hasta una visión comprometida con el medio, que no plantea solo su utilización de este sino una reflexión más de fondo.

Esta tesis es una disertación de las relaciones que se generan entre la ingeniería y el arte, vista desde el cruce de ambas.

Esta tesis presenta el proyecto Room Full of Emptyness (RoFuE) donde se conjugan los conocimientos teórico-técnicos adquiridos durante la investigación. Buscando que la propuesta sea congruente y responda a esta postura híbrida arte-ingeniería. Se ha conformado un colectivo artístico bajo el nombre If... Then... Integrado por Sylvia Molina (España), Julio Sanz (España), Mauricio Matamoros (México) y el autor de esta tesis.

## ORIGEN Y TRANSFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene dos orígenes:

El primero es el trabajo sobre el concepto de virtualidad entendida como potencia de ser, a modo de algo que está allí en estado latente (Lévy, 1999) y como *virtualidad* real en vez de realidad virtual. Esta visión de la virtualidad la explica Slavoj Žižek como una fuerza existente que genera efectos en la realidad, las cosas y las personas, sin tener una presencia física (Žižek, *Manufacturing Reality: Slavoj Žižek and the Reality of the Virtual*, 2004).

Este tema lo había explorado con anterioridad a la investigación en la serie escultórica *Regestum Corporis*. En esta serie las esculturas realizadas en fibra de vidrio translúcida, capturan la silueta de los modelos que muestran una postura corporal que denota una fuerza que deforma sus cuerpos. Esta fuerza podría ser psicológica como en el caso de *Los Caídos*, 2010 (Ilustración 2) o incluso haber sido física, ejercida por alguien o por algo que ya no está allí pero dejó una huella visible en la corporalidad de los sujetos.



Ilustración 2. *Los Caídos*, Joaquín R. Díaz, Fibra de vidrio. 2010.

El segundo proviene de la pregunta ¿Cuáles son las herramientas del escultor contemporáneo? Originada en por la lectura del libro *Así se pinta un mural* de David Alfaro Siqueiros (Siqueiros, 1979). Siqueiros reflexiona sobre el mural que pinta por encargo de la School of Art de Los Ángeles en 1932. Para este mural que se encontraría a la intemperie Siqueiros decide usar una base de cemento en vez de la mezcla de cal y arena, esto con el fin de que el mural pudiera resistir a la intemperie. Siqueiros se pregunta si los pigmentos usados para el fresco tradicional servirán sobre el cemento fresco. El arquitecto Neutra le aclara que es posible usar esos pigmentos sobre cemento pero su fijación es mucho más violenta y rápida.



Con esta información Siqueiros concluye que no puede usar un pincel ya que es muy lento y en vez de esto decide usar una pistola de aire como las usadas en la industria automotriz, la cual puede esparcir la mezcla de pigmento y agua con una gran rapidez. Al final de este trabajo Siqueiros reflexiona en el error de haber utilizado una herramienta de hoy (la pistola de aire) con un material de ayer (los pigmentos para pintar al fresco). Para Siqueiros un artista debiera ser un hombre de su época y aprovechar las herramientas de esta.

En un ensayo muy temprano que realice sobre la misma pregunta, planteo que una de las formas que toma la escultura en nuestra contemporaneidad es la de trabajar con el espacio virtual en relación con el espacio físico. De forma que estos dos se mezclen creando un espacio semipermeable en el que el espacio virtual es afectado por el espacio físico y viceversa (Díaz Durán, *La Escultura en los Nuevos Medios*, 2010).

Esto podemos verlo en el trabajo de Jeffrey Shaw en obras como *The Golden Calf*, 1994, *ConFIGURING the CAVE*, 1996 o *The Legible City*, 1998.

En *The Golden Calf* podemos ver una habitación blanca con un pedestal también blanco al centro de ella, en el pedestal hay una pantalla con la que se puede visualizar la habitación. Al visualizar la habitación desde la pantalla podemos ver que sobre el pedestal hay un becerro dorado, que puede ser visualizado desde todos los puntos de vista al girar alrededor del pedestal.

Esta es una obra escultórica donde se trabaja con los dos espacios, que están vinculados a través de la pantalla de visualización, que es una ventana para asomarse al ambiente virtual.

La obra del grupo *The Blast Theory*, *CAN YOU SEE ME NOW?* realizada en el 2001 es una pieza de arte electrónico donde se mezclan el espacio virtual y el espacio físico de la ciudad, sobreponiendo a uno sobre el otro. Esta obra es en cierta forma un videojuego con actores reales y virtuales. Hay dos tipos de jugadores, los corredores que representan el componente real de la pieza. Ellos están equipados con walkie-talkies, un sistema personal de posicionamiento global (GPS) y cámaras. Estos tienen una doble ubicación real-virtual ya que tienen un avatar que esta sincronizado en la misma posición dentro de una réplica virtual de la ciudad donde se realiza el juego. El segundo tipo de jugadores son virtuales y se conectan a través de Internet, representan una presencia ausente en varios sentidos ya que no tienen una presencia física y representan la ausencia de alguien. A los jugadores que acceden de forma virtual se les pregunta si hay una persona que no han visto en un largo tiempo pero en la que todavía piensan. El nombre que ellos dan se convierte en el nombre de la persona virtual que los corredores persiguen por la ciudad real-virtual.



Este nombre se menciona en el momento en que atrapan a esa presencia virtual, regresando a la conciencia del jugador virtual el nombre que escribieron al iniciar el juego. En esta obra todos estos hilos, reales y virtuales se entretrejen en ese espacio híbrido donde ambas realidades se afectan entre sí, hablando del como el espacio informático tiene un reflejo que puede ser apreciado en el mundo real (The Blast Theory, 2014).

Estas dos obras cuestionan el papel de la escultura al trabajarse con medios electrónicos, no como una herramienta sino como un medio(Christian, 2008). Las características particulares del medio en estas obras son tan fuertes que se vuelven parte del tema. Estas son pioneras en el trabajo del espacio híbrido, logrando sacar de la ventana del monitor al espacio virtual en el caso de The Golden Calf y fusionando a la ciudad virtual con la ciudad real en el caso de CAN YOU SEE ME NOW?

Estos son los conceptos que detonaron la investigación y permanecen en el proyecto Room Full of Emptyness (RoFuE). Este proyecto propone la superposición de un espacio virtual sobre uno real. Donde las acciones de las personas al ser mapeadas en el espacio virtual, mediante su recorrido accionan la cuadrícula sensible de RoFuE y con esto detonan la interactividad de la pieza.

Lo anterior habla sobre el punto inicial de la investigación y la trayectoria que esta sigue. Lo que sucede en el proceso de la investigación es la parte viva y bullente de lo que fue una intuición y una necesidad. Que se convirtió en una puerta hacia una realidad distinta, llena de posibilidades, de creatividad fresca y nuevos procesos, en conclusión una nueva forma de entender la actividad artística.

En este proceso, el cruce arte-ingeniería se transformo en la figura central de la investigación. Ubicando el concepto de virtualidad, en relación con la escultura, como un complemento.

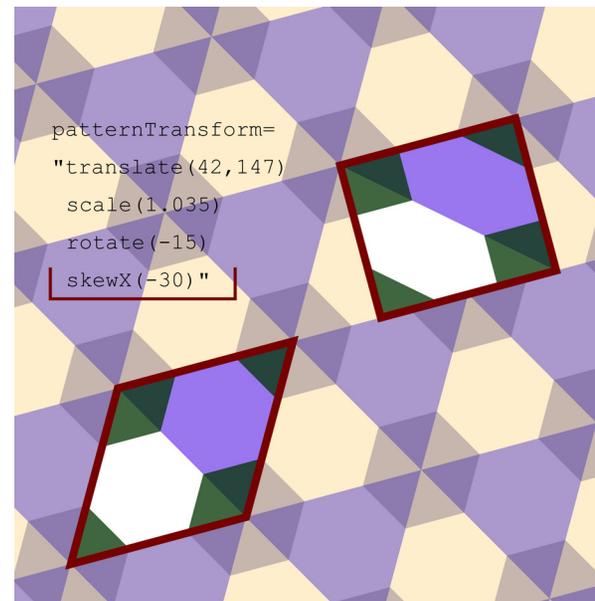


Ilustración 3. La figura muestra como se transforma un patrón repetitivo rectangular en un patrón romboidal mediante cuatro transformaciones: Traslación, escalamiento, rotación y aplastamiento. Imagen tomada de Wikipedia.



## COMO SE LEE ESTA TESIS

Esta tesis es un conjunto de textos que están interrelacionados unos con otros pero no tienen que seguir una lectura lineal. Se escribió pensando en la estructura de un mapa mental, en los diagramas de navegación de un programa interactivo y en una página web encarnada en papel.

La forma de leer esta tesis es más parecida a la lectura en internet, que la de un libro. Encontramos hipervínculos en palabras que encierran dentro de sí un concepto o un tema que se desarrolla en otra sección. Así, el cuerpo de la investigación está formado por pequeños textos empastados de forma individual que contienen múltiples relaciones entre sí, las cuales marcan las posibles rutas de la lectura. En el empastado de cada librito aparece un código de colores que indica con qué otro librito se podría continuar.

Los textos están distribuidos en cinco capítulos y las conclusiones:

- Del arte a la ingeniería
- Máquina Automática Programable
- Código
- Room Full of Emptiness (RoFuE)
- Trabajo Futuro
- Conclusiones

Encontré que la ingeniería además de ser una herramienta es una fuente de inspiración. Valorando los errores en sistemas poco eficientes pero expresivos, la belleza de los modelos matemáticos, la interactividad como componente artístico primario (Krueger, 1977), la posibilidad de crear obras cinéticas con comportamientos que emulen a seres vivos, e incluso aliándose con la robótica para crear obras inteligentes y ambientes responsivos.

Una *transformación matemática*<sup>1</sup> implica que se ejecutan ciertas operaciones sobre un conjunto, como rotaciones, traslaciones, escalamientos o aplanamientos (Ilustración 3). Esto es lo que pasa cuando modificamos una imagen en un programa de edición. Esto puede causar que su forma cambie a tal grado de no ser reconocida, pero en esencia esta sigue siendo la misma y se podría en algún punto retornar al estado inicial si se aplica una anti-transformación.

La transformación nos sirve como una imagen poética para entender el proceso de esta investigación.

<sup>1</sup> En las matemáticas, una transformación puede ser toda función que mapea un conjunto  $X$  en otro conjunto o sobre sí mismo. Sin embargo, a menudo el conjunto  $X$  posee alguna estructura algebraica o geométrica adicional y el término “transformación” se refiere a una función de  $X$  sobre sí misma que conserva dicha estructura (Wilkinson, Wills, Rope, Norton, & Dubbs, 2006).



Se crearon diagramas de flujo para mostrar cuales son las rutas que se pueden seguir al leer esta tesis. A demás de ser un apoyo en la lectura, muestra una panorámica de las relaciones internas entre los módulos de la investigación. La razón para escribir y editar la tesis de esta forma es, porque esta fue la manera en que se desarrollo esta investigación. Andando del arte a la ingeniería y de vuelta, generando puentes para establecer comunicación entre ambas áreas.

La Ilustración 4 muestra los capítulos que forman la tesis y los módulos que componen cada a uno.

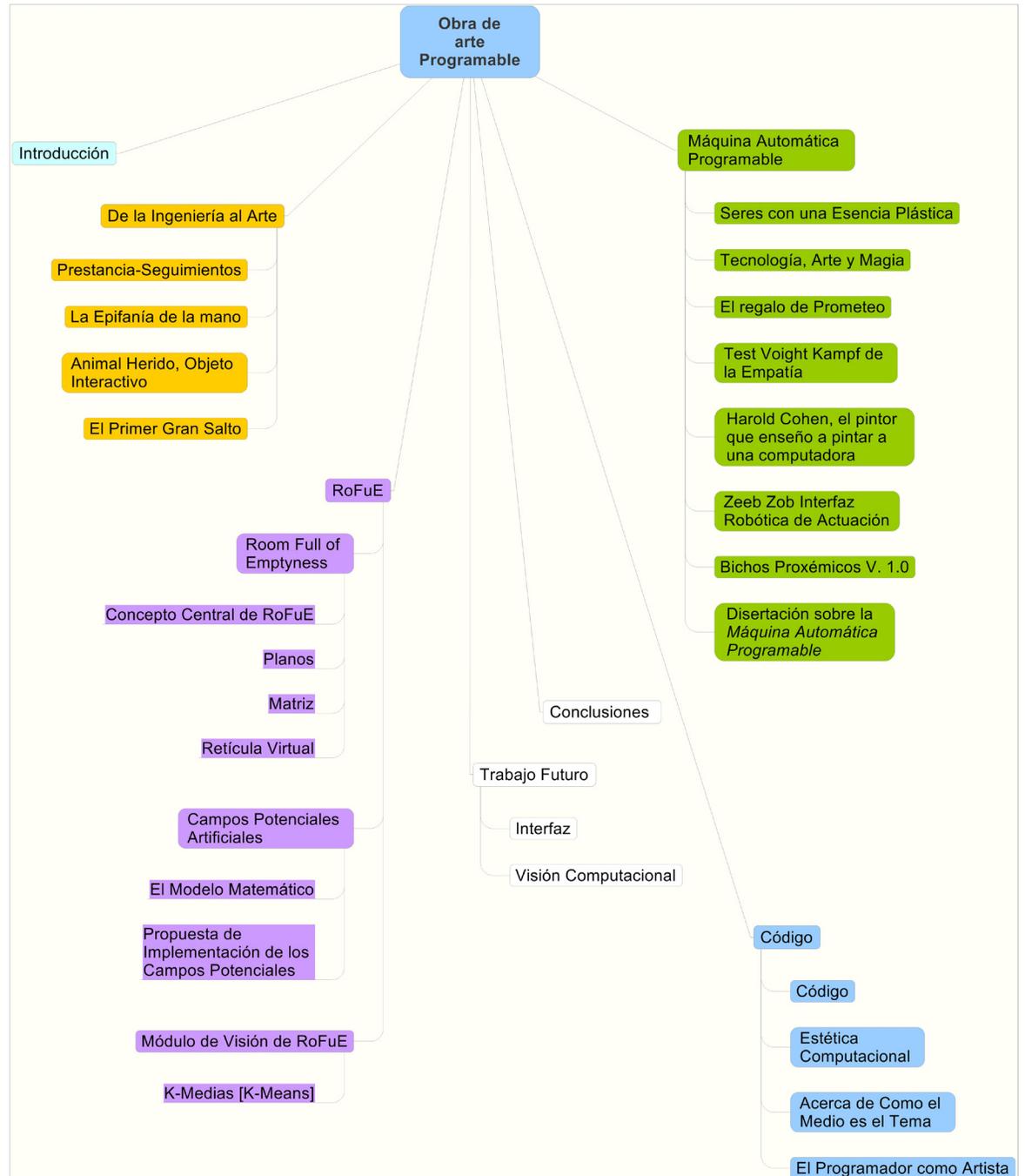


Ilustración 4- Mapa de la tesis.

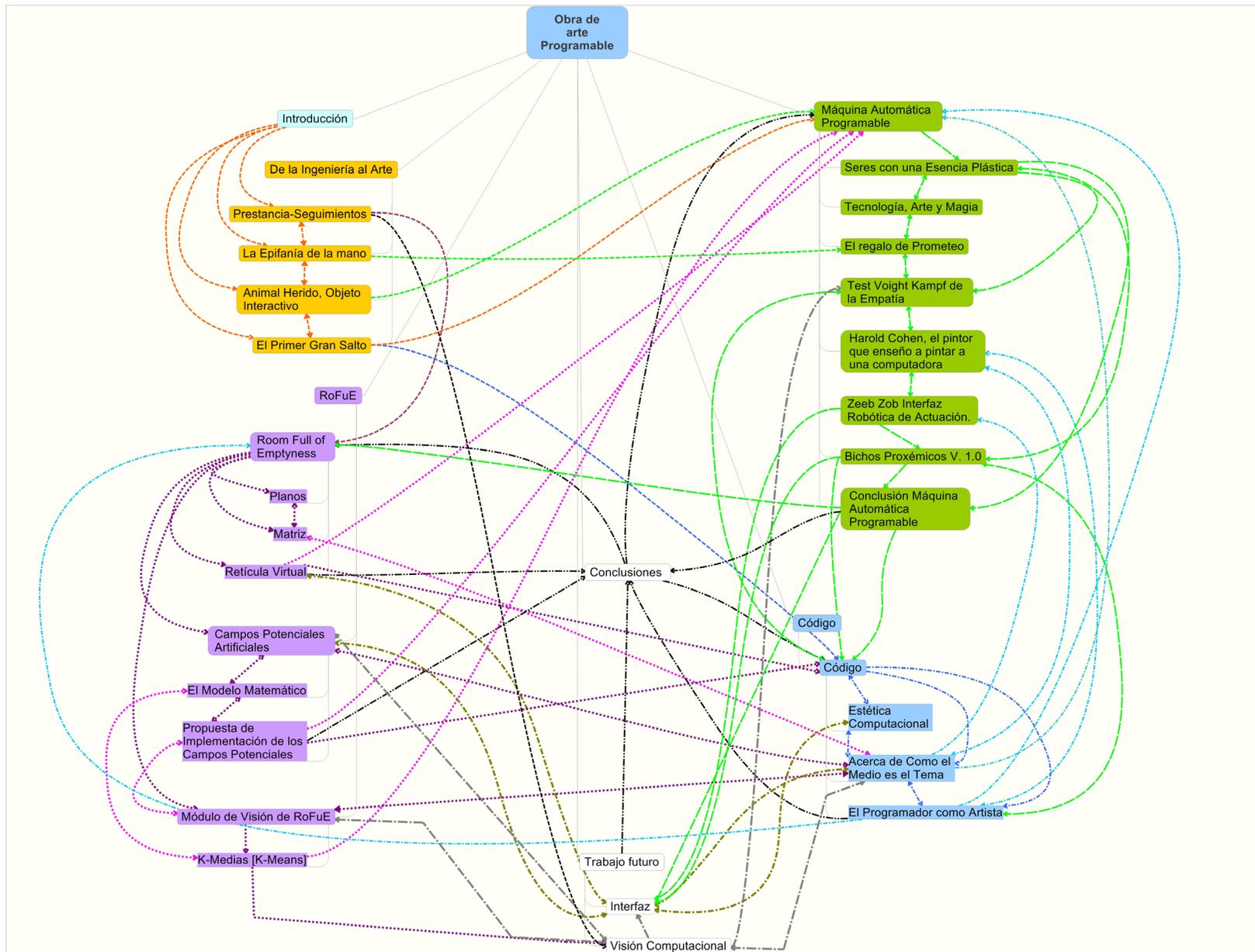


Ilustración 5- Flujo de continuidad entre los módulos, las flechas indican desde el módulo que se esta leyendo hacia cuales se puede ir, la relación está dada por los contenidos.

La Ilustración 5 visualiza las co-nexiones entre los temas de los diferentes módulos. Al trazar todas las líneas de relación, la lectura del mapa se hace muy difícil ya que hay un enorme flujo de

líneas que van de un lugar a otro. Por ese motivo se presentan 4 mapas más que muestran posibles rutas de lectura que puede seguir el lector.

La Ilustración 6 muestra el *Recorrido Total*, que lleva de forma lineal de un tema al siguiente hasta llegar a la conclusión, esta sería la aproximación más cercana a una tesis convencional.

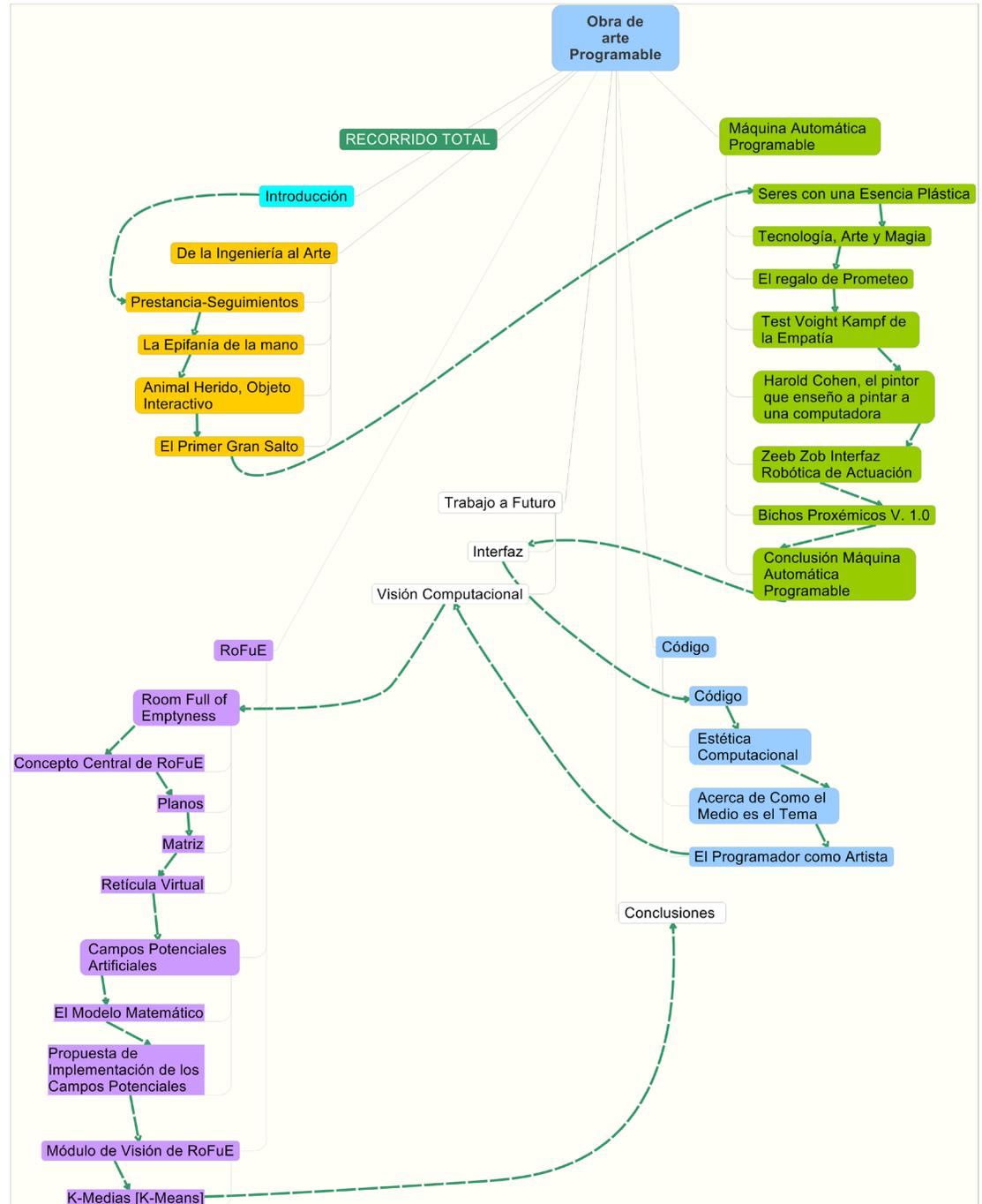


Ilustración 6- Recorrido Total.

La Ilustración 7 muestra la *Visión Enfocada a la Ingeniería* que lleva por los temas ligados de forma más íntima a la ingeniería.

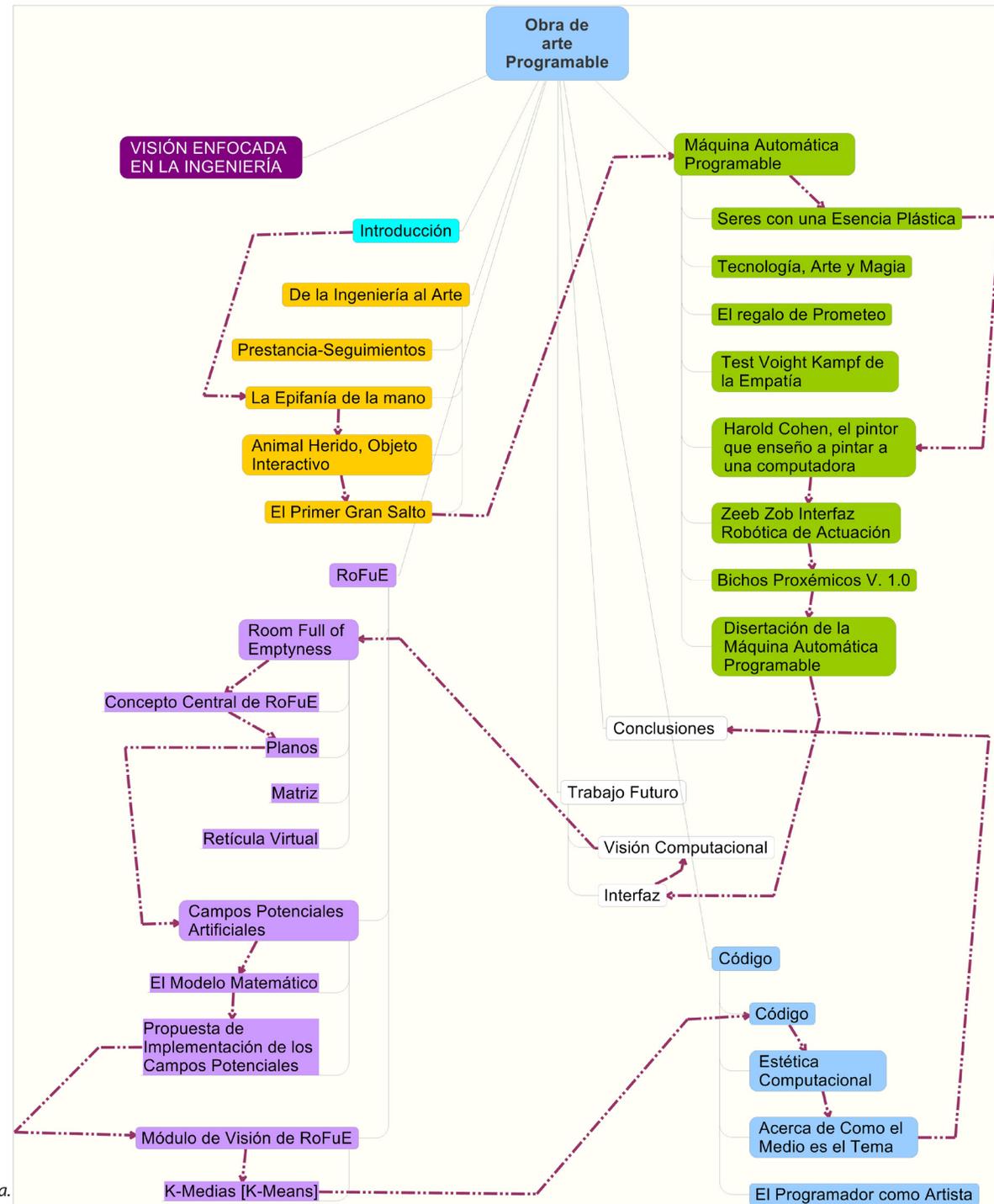


Ilustración 7- Visión Enfocada en la Ingeniería.

La Ilustración 8 corresponde a un Visión Enfocada en el Arte donde se traza una ruta orientada a las reflexiones que están más vinculadas a este campo.

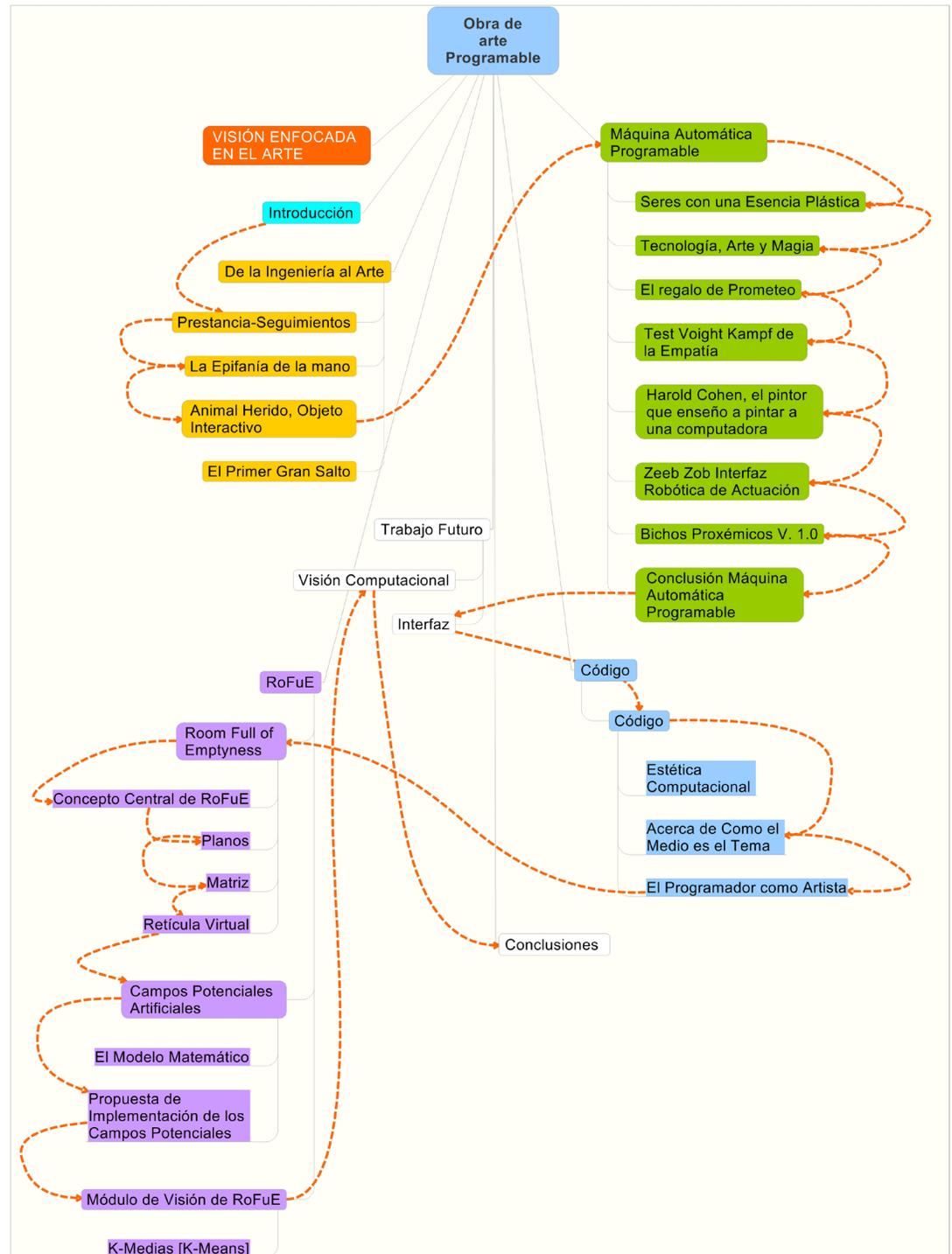


Ilustración 8- Visión Enfocada en el Arte.

La Ilustración 9 nos muestra *Visión de Encuentros*, donde aparecen los temas que surgen en el espacio medio arte-ciencia, o mejor dicho escultura-ingeniería.

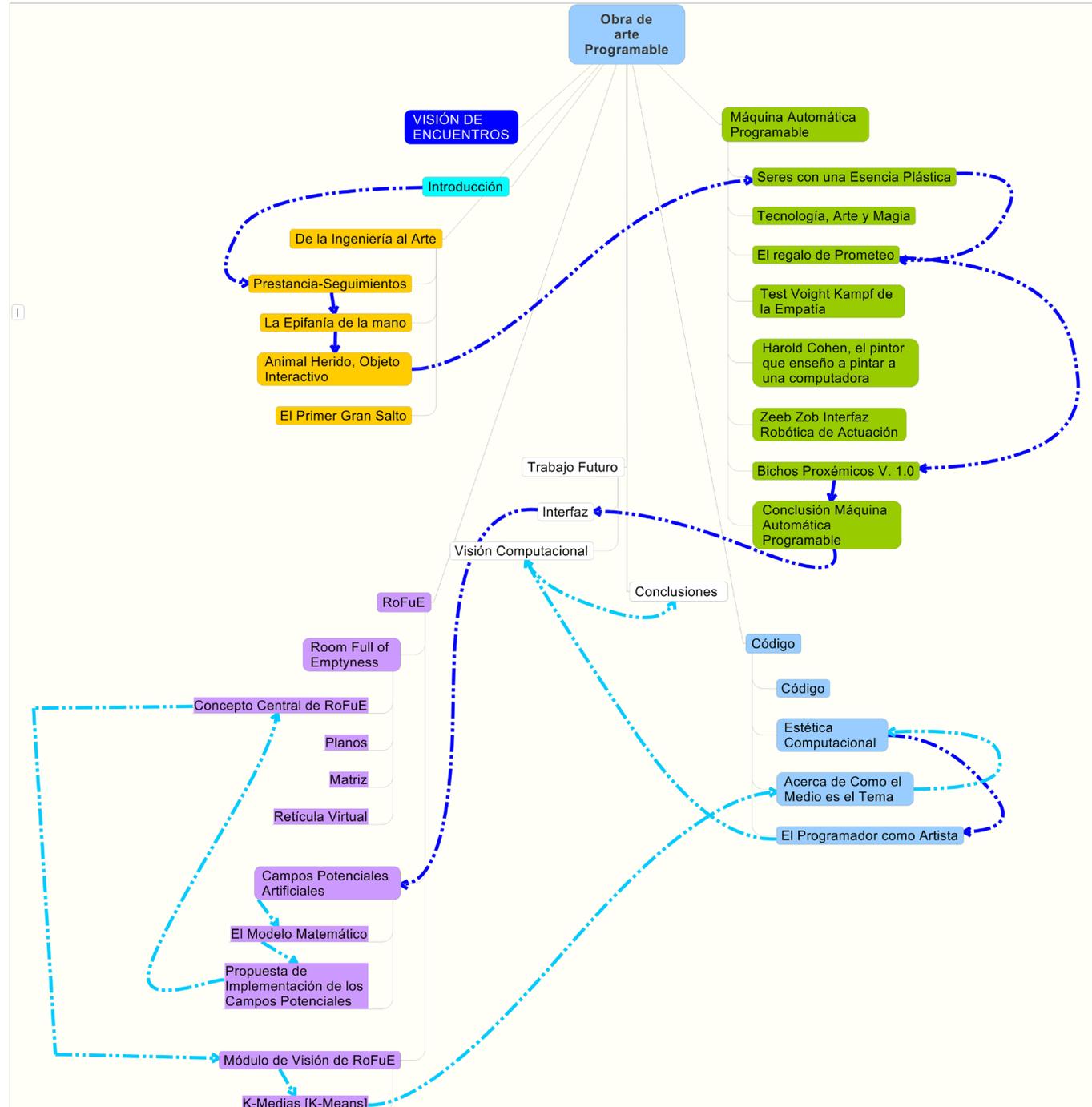


Ilustración 9- Visión de Encuentros.

La Ilustración 10 presenta un ejemplo de recorrido libre, que es el resultado de navegar de forma libre entre las relaciones de la tesis. Este ejemplo es una invitación al lector a leer la tesis dejándose llevar por la intuición al seleccionar el siguiente punto de llegada.

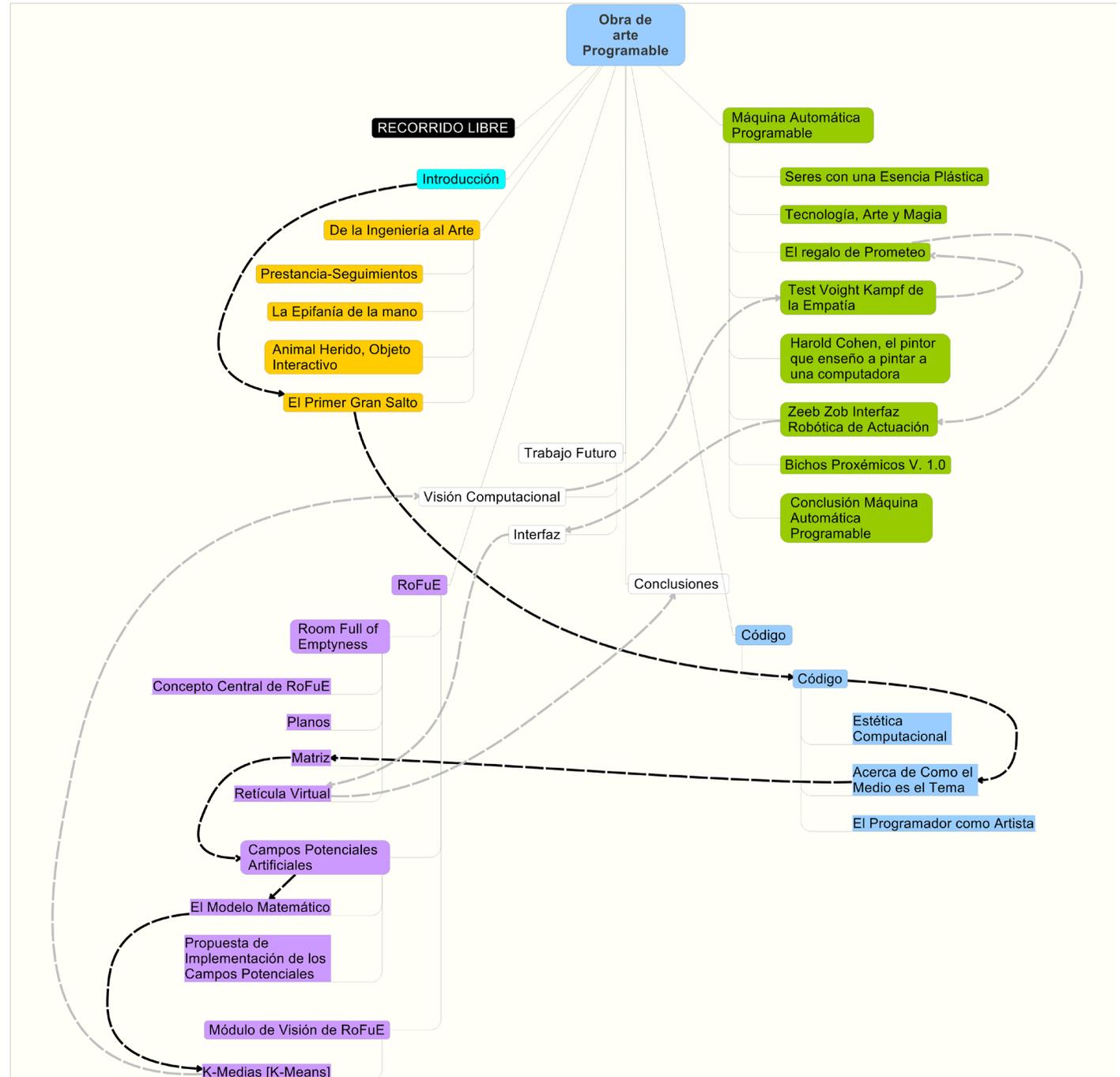


Ilustración 10- Ejemplo de un recorrido libre.

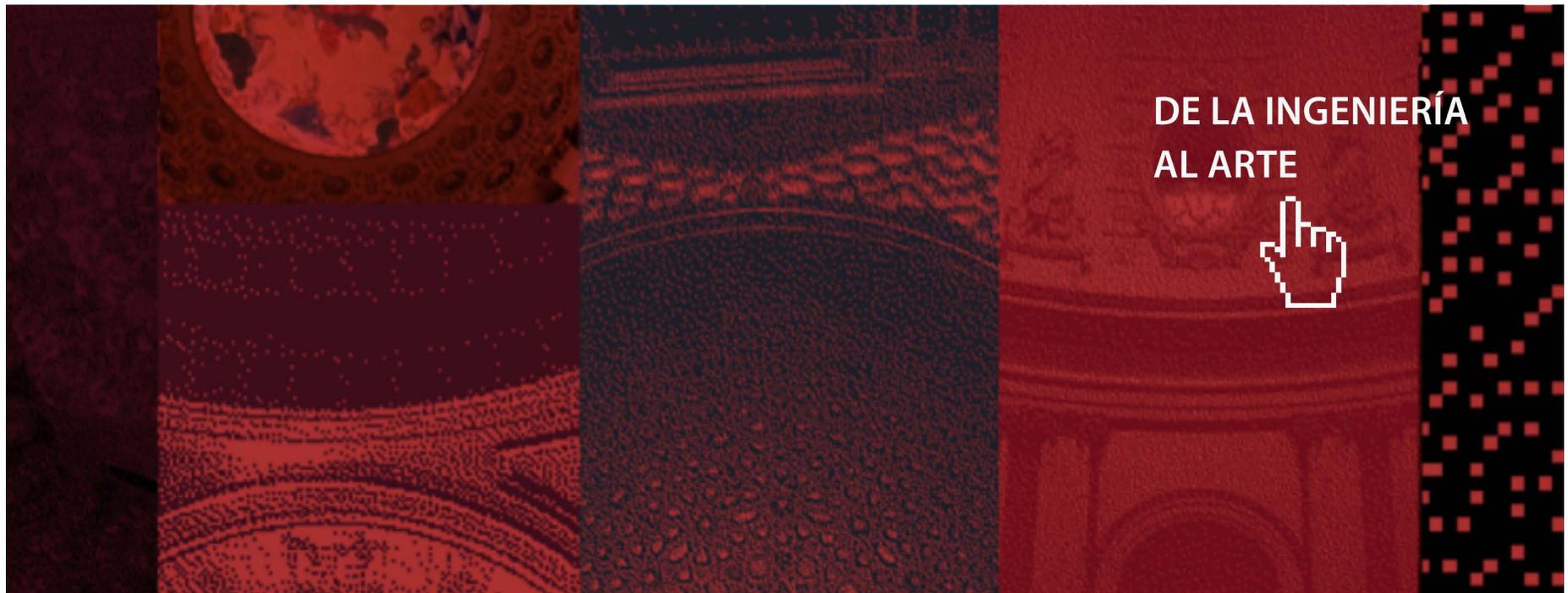
Ir a:



A CUALQUIERA DE ***DE LA INGENIERÍA AL ARTE***

# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN	MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE	HAROLD COHEN	CÓDIGO	ROOM FULL OF EMPTINESS	MATRÍZ	CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES	TRABAJO A FUTURO	CONCLUSIONES	FUENTES DE CONSULTA
--------------	--------------------------------	--------------	--------	------------------------	--------	---------------------------------	------------------	--------------	---------------------





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Ilustración 11. Remediación de Domos. La Alhambra de Granada, España, Ex Templo de Santa Teresa en La Ciudad de México; Alcazar de Sevilla, España; Bode Museum, Alemania.*



Ilustración 12- Joaquín R. Díaz, *Presence, performance*.  
Registro fotográfico del performance en el Centro Cultural Universitario 2011.

## PRESTANCIA<sup>2</sup> -SEGUIMIENTOS

Pienso en un hombre o una mujer en un espacio vacío, solo el cuerpo y el espacio. Conforme ese espacio se va llenando de personas y objetos, la actitud corporal del que estaba solo, se va modificando. Como si la presencia de las personas y las cosas proyectara un campo; como si los cuerpos fuesen más grandes de lo que vemos. Estos empezarían a presionar, jalar y deformar el campo invisible de la persona que estaba allí primero, como si todos y todo proyectara su presencia hacia afuera. Ahora imaginemos que las personas y también los objetos, desaparecen, pero la presión y la presencia de algunos pudieron haber sido tan fuertes que dejara una huella en nuestro personaje. Es como si nuestro personaje fuese un saco lleno de arena que cuando lo aprietas y después quitas las manos la forma del apretón sigue allí. En realidad podría no haber tocado a nuestro hombre imaginario, pero al haber deformado su presencia extendida lo habrían modificado en algún nivel –corporal, de carácter, de comportamiento –, es una huella psíquica que puede ser vista en alguna faceta de la persona.

<sup>2</sup> Según Wallon: La función de prestancia es fundamental aun que muy sutil en sus efectos... Su importancia es capital puesto que responde a las disposiciones reflejas que despierta la presencia de otro, fuente de riesgos o eventualidades variables frente a las que es necesario poder reaccionar instantáneamente. Las reacciones de prestancia se confunden con un estado de vigilancia del que resulta el contacto físico de los seres entre sí y que entraña su comportamiento recíproco (Herran, 2006).



La primera forma de acercarme al concepto de presencia<sup>3</sup> fue con un ejercicio de performance en el que trabajé con actores del CUT (Centro Universitario de Teatro). Para la presentación de este ejercicio, que fue llamado *Seguimientos*, había dos actores en unitardo negro, se delimitó el espacio a la explanada que se encuentra entre la sala Nezahualcoyotl, el teatro Juan Ruíz de Alarcon y el restaurante Azul y Oro del Centro Cultural Universitario de la UNAM. Se les dio a los actores las indicaciones de seguir a personas seleccionadas de forma aleatoria, manteniendo una distancia de un metro y permaneciendo con una actitud neutral (sin gesticular, ni hablar o incluso establecer contacto visual, solo tenían que permanecer cerca). La apuesta fué que la sola presencia del actor detonaría una respuesta en las personas, que fueran seguidas.

El performance se realizó durante casi una hora, donde los actores se acotaron a las instrucciones<sup>4</sup>. Durante la ejecución del performance, este detono tres situaciones en diferentes personas:

- Una de las personas que fue seguida se dio cuenta de la presencia de la actriz que lo seguía, empezó a dar vueltas y a acelerar el paso hasta que llegó a la zona límite, donde la actriz se detuvo, ya que no podía salir de la zona. En ese momento, la persona en cuestión se sorprendió y le preguntó si ya no lo iba a seguir. Esa persona quería que la actriz continuara siguiéndolo.

- Otra de las personas seleccionada se sentó a comer en uno de los maceteros de la explanada, en ese momento el actor se sentó junto a ella, manteniendo el límite de un metro de separación. A esta persona le fue intolerable la presencia del actor. Él simplemente se sentó junto a ella, no dijo nada, no la volteó a ver ni nada, simplemente permaneció allí, y cuando ella se alejó él se volvió a acercarse, no había nada excepto su presencia y ella no pudo soportarla; explotó, enojándose y reclamando al actor. En una conversación posterior con ella, nos comentó que había tenido un día lleno de problemas y que simplemente no pudo tolerar la cercanía del actor junto a ella.

- La reacción más fuerte que sucedió, aunque no tan violenta como la explosión antes mencionada, fue el caso en el que uno de los actores se acercó a una familia, que comía plácidamente en el borde de un jardín. Esta familia al principio tenía un semblante ameno y platicaban haciendo mucho alboroto. Poco a poco, después de la llegada del actor, comenzó a bajar el tono de voz hasta que dejaron de hablar, empezaron a ponerse serios, a moverse de forma más rígida, en algún punto parecían muy molestos. Sufrieron una transformación total con la sola presencia del actor cerca de ellos.

El performance fue un éxito. Se lograba influir tan solo con la presencia y cercanía de los actores en el comportamiento de las personas.

<sup>3</sup>Presence se entiende en ingles como la sensación de que alguien continua en un lugar aun que ya se haya retirado o se haya muerto (Cambridge Dictionaries, Presence, 2013). Se recurre a la definición en ingles porque en español presencia significa estar con otras personas.

<sup>4</sup>La obra se encuentra el línea en la dirección web:  
<https://www.youtube.com/watch?v=iwMxk7V4DiM>

Esta fue una de las primeras aproximaciones al concepto de presencia. Revelando que era posible trabajar con la virtualidad como una fuerza que influye en la realidad pero no tiene cuerpo (Zizek, *Manufacturing Reality: Slavoj Zizek and the Reality of the Virtual*, 2004).

En este punto, la solución parecía dada, ya había una forma de atacar este concepto, que a demás iba cobrando forma. Pero yo quería abordar un lenguaje nuevo, necesitaba conocer otra forma de hacer las cosas, de pensarlas, de verlas. Había una semilla allí, de alguna forma todos los parámetros en seguimientos eran como las condiciones de un programa ejecutado por una computadora, era un algoritmo.

¿Cómo transformar eso en una pieza interactiva que pudiera prescindir de actores?

La primera opción fue: hacer pequeños robots que fueran siguiendo a cierta distancia a las personas que entraran en una habitación, haciendo cierto ruido para hacerse presentes y siempre estando allí como una sombra; tenía el que. En ese momento realizar esta pieza estaba muy lejos de mis posibilidades técnicas, así que esa idea paso a ser parte del proceso para encontrar el cómo llevar a cabo obras de este tipo.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **DE LA INGENIERÍA AL ARTE**

ROOM FULL OF EMPTINESS

VISIÓN COMPUTACIONAL

## LA EPIFANIA DE LA MANO

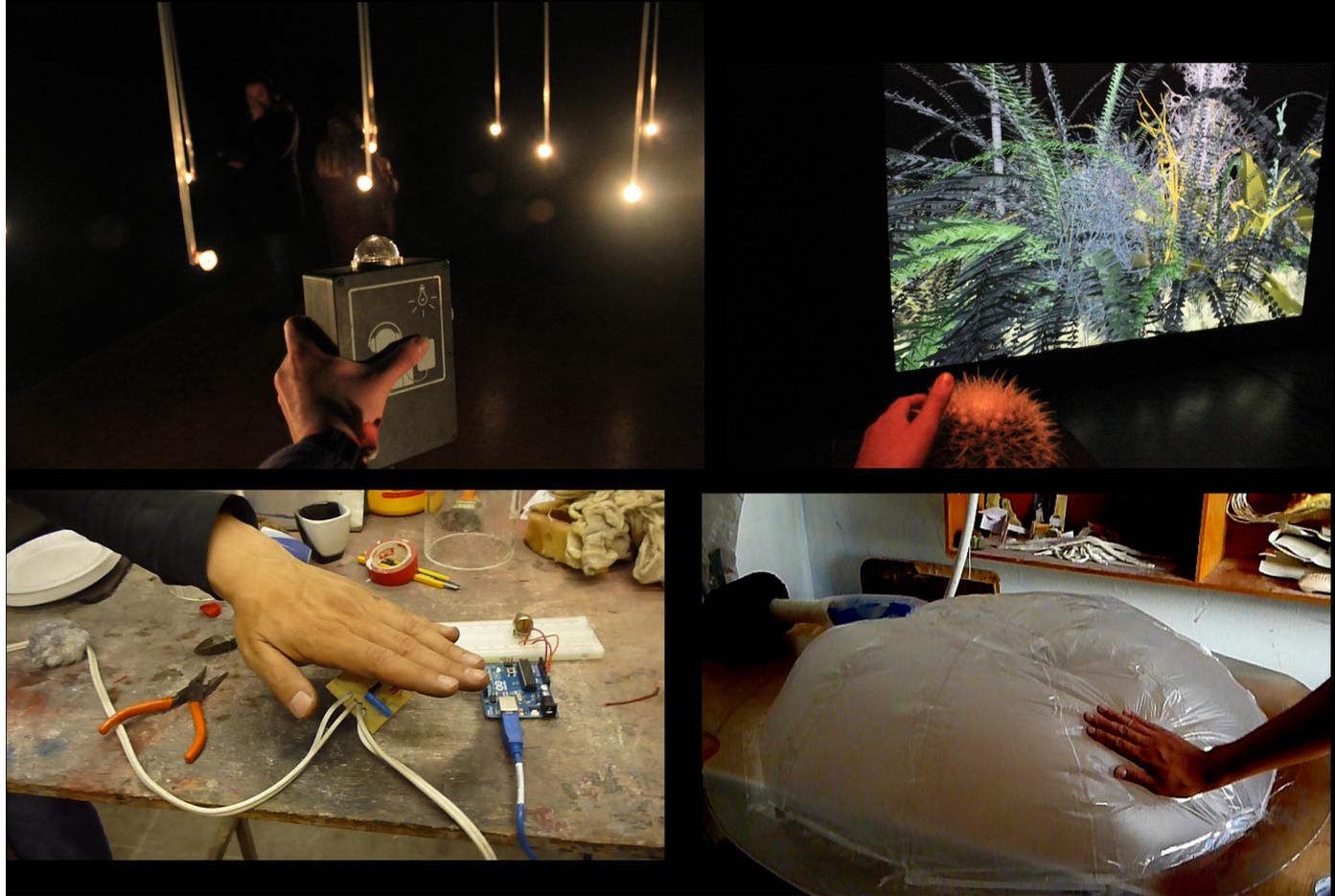


Ilustración 13- Arriba izq. Edwin van der Heide *Sound Modulated Light 3* (2004 – 2007); Arriba der. Christa Sommerer & Laurent Mignonneau, *Interactive Plant Growing* (1993); Abajo Izq. Prueba de circuito triac con Arduino; Abajo der. Boceto de domo inflable interactivo.

Cuando la mano se hizo presente. Estas imágenes ejemplifican un fenómeno accidental que descubrí en las primeras pruebas que realice al tratar de construir un sistema interactivo que controlara la potencia de la bomba de una escultura inflable.

Estas epifanías aparecieron, irónicamente, como las legendas de muchos descubrimientos científicos, por accidente, causado por el mal funcionamiento de un dispositivo y reconocidas como algo que podría ser valioso.

El error que detono la revelación de la mano fue la construcción de un dimmer<sup>5</sup> controlado por un micro-controlador Arduino. El control de este modelo de dimmer se hace mediante una fotorresistencia que según la intensidad luminosa que recibe varía el flujo de corriente eléctrica que proporciona. Para poder controlar este dimmer se une a la fotorresistencia<sup>6</sup> un LED que proporciona una luminosidad controlada, ambos deben estar aislados de otras fuentes de luz, para que no intervengan en el funcionamiento del dimmer. Lo que paso, es que la unión de la fotorresistencia con el LED no fue sellada correctamente. Esto ocasiono que el dimmer no trabajara correctamente, de hecho parecía que no hacía nada. Hasta que alguien acerco su mano y este súbitamente disminuyo la potencia del motor al que estaba conectado (Ilustración 13). Esto fue importante porque la persona que acerco su mano al dimmer no lo toco, solo la aproximó.

Esto revelo la oportunidad de hacer que una obra reaccionara con la presencia de una persona, sin que esta la tocara. Ese accidente origino la idea de una presencia expandida que antecede a la llegada de una persona o a sus acciones. Este tipo de situaciones apareció en múltiples ocasiones, tanto en experimentos con componentes electrónicos y analógicos. Se reconoció que este gesto de tocar está presente en muchas de las obras interactivas en las que hay que apretar algo, acercarse o tocarlo. Eso significo la epifanía de la mano: la proyección del cuerpo de una persona sobre la obra y poder percibir esta intención a través de la distancia.

Ir a:

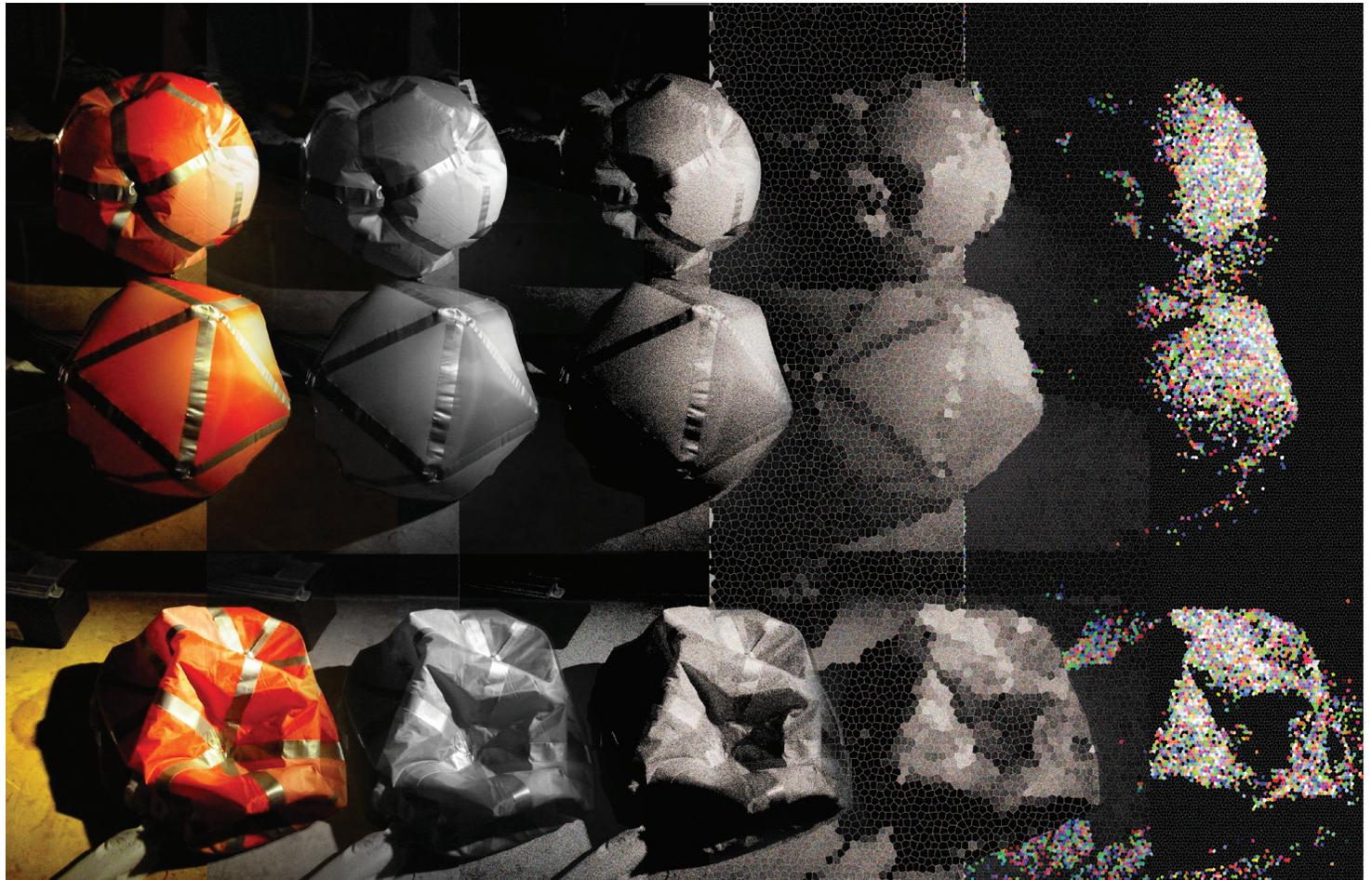


A CUALQUIERA DE **DE LA INGENIERÍA AL ARTE**  
EL REGALO DE PROMETEO

<sup>5</sup> Un dimmer es un dispositivo que permite variar la intensidad de una luz eléctrica, e incluso prenderla y apagarla. (Cambridge Dictionary, 2014).

<sup>6</sup> Una fotorresistencia es un componente discreto que varía su cantidad de resistencia a la energía eléctrica dependiendo de la intensidad luminosa que recibe (Gonzales, 2011).

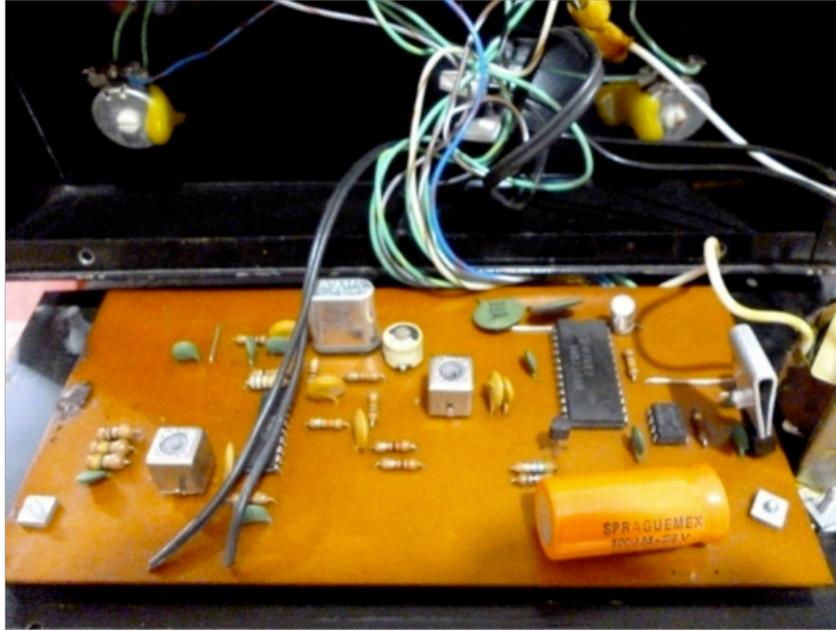
## ANIMAL HERIDO, OBJETO INTERACTIVO



*Ilustración 14- Joaquín R. Díaz, Animal Herido, Imagen digital, 2013. Esta imagen es una alegoría del proceso de digitalización de un objeto interactivo. Este es uno de los primeros bocetos de interactividad, más bien analógica que se desarrolló en la investigación.*

El verdadero viaje de descubrimiento no consiste en buscar nuevos caminos sino en tener nuevos ojos.

Marcel Proust.



*Ilustración 15- Interior de una consola de video juegos análoga (NEZA PONG) de fabricación mexicana. Este fue uno de los primeros acercamientos a la estética del dispositivo y un inocente acercamiento a tratar de entender su funcionamiento.*

<sup>7</sup> La idea de hacer que algo reaccionara a la presencia de alguien tiene relación con los módulos PRESTANCIA-SEGUIMIENTOS en la pg.31 y con LA EPIFANIA DE LA MANO pg.34.

<sup>8</sup> Ver LA EPIFANIA DE LA MANO, Ilustración 12.

Las primeras formas de abordar el problema de realizar una obra interactiva se llevaron a cabo mediante estructuras inflables. Me pareció que era la mejor manera de hacer parecer que algo reaccionaba como un animal, cambiando su tamaño y su forma ante la cercanía de una persona.<sup>7</sup>

Lo primero que uno se imagina, al pensar en un objeto interactivo, son esculturas cinéticas, algún tipo de muñecos mecánicos o robots. Esos si que pueden interactuar con el medio, pero esos objetos –esas máquinas– requieren de motores, engranes, circuitos, etc. En ese momento esto era deseable, pero no estaba a mi alcance, ya que aun no había tenido esa inmersión profunda en la ingeniería, así que la estructura inflable era la mejor opción: solo había que controlar un motor que disminuyera su intensidad, y listo, el aire hacia lo demás. Si piensas en un ventilador que hace exactamente lo mismo, la cosa no tenia porque ser tan diferente.

Animal Herido (Ilustración 14), son una serie de bocetos que realicé sobre el concepto de extensión de la presencia. Esta serie de bocetos estuvieron basados en estructuras inflables que reaccionaban a la cercanía de la gente. En el inicio estas estructuras reaccionaban a través de bloquear con la mano la salida de aire o desconectando el motor<sup>8</sup> después construí un triac basado de un plano del sitio Txapuzas Electrónicas<sup>9</sup>, el cual es un circuito que puede variar el flujo de electricidad alterna para la alimentación del motor (Zuluaga, 2009).

<sup>9</sup> Txapuzas Electrónicas es un sitio donde se suben artículos sobre el funcionamiento, diseño y ensamblado de diferentes dispositivos electrónicos, todos disponibles de forma gratuita, bajo una licencia Creative Commons Share-Alike. <http://txapuzas.blogspot.com.es>



La idea era controlar la estructura inflable con un microcontrolador Arduino (Ilustración 16) para poder crear el primer boceto interactivo que funcionara de forma automática.

El concepto atrás de *Animal Herido* es: Las impresiones causadas en nosotros por personas o determinadas situaciones, modifica nuestra estructura corporal. Si pensamos en esto como un problema de estructuras, es posible ver la estructura de una construcción en su superficie, como en el caso de los *sistemas estructurales de forma activa* velarías arquitectónicas(Engel, 2001).

La otra parte fue pensar en una de mis gatas, que siempre está a la defensiva, lista para rechazar un golpe: apenas uno se acerca y ella retrocede, como impulsada por un golpe que aún no ha llegado, como si la mano se hubiera extendido mas allá y la hubiese empujado. Estos inflables son como este animal herido, que teme a que alguien se acerque; están completamente inflados, rozagantes y atractivos, pero en el momento en que alguien se acerca se desinflan.

A demás había una doble intención; por un lado, el interactor es la persona a la que el animal teme; por el otro, el inflable es una cosa muy atractiva con una textura irresistible, como un gato muy esponjado, una pelota de goma, o la piel de alguien prohibido.

La doble situación se genera cuando nunca puedes sentir esa textura en pleno, ya que si el interactor se acerca lo suficiente como para tocarla, el *animal herido* se desinflaría, y de esa deseable forma solo quedaría una superficie arrugada, retraída metafóricamente por el miedo.

En esta etapa de la investigación me di cuenta de la brecha que había entre mi saber (ya que mi formación es como artista visual) y lo que se requería para manejar medios como la programación y la electrónica. Al empezar a construir un puente entre el arte y la ingeniería encontré con que me asomaba a otro mundo: se abrió ante mi otra puerta intelectual y sensible muy distinta que implicaba retomar el estudio de las matemáticas, aprender a programar y conceptos básicos de electrónica. Esto era muy diferente a lo que había hecho hasta entonces, pensar en superficies, estructuras y espacio. Me convertí en un personaje híbrido, desfasado en ambas áreas *arte e ingeniería*.

En esta posición, se pueden ver desde otra perspectiva ambas áreas –arte e ingeniería. Ahora me parece que lo más enriquecedor de cambiar de coordenadas, ya sea geográfica o intelectualmente, es el momento de desfase; en ese punto uno ve con ojos renovados a ambas áreas y en esos desatinos, en los que se ve raro lo conocido e ingenuamente lo desconocido, es cuando se pueden ver cosas que quienes están inmersos en el área pasan por alto.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **DE LA INGENIERÍA AL ARTE**  
MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE

## EL PRIMER GRAN SALTO

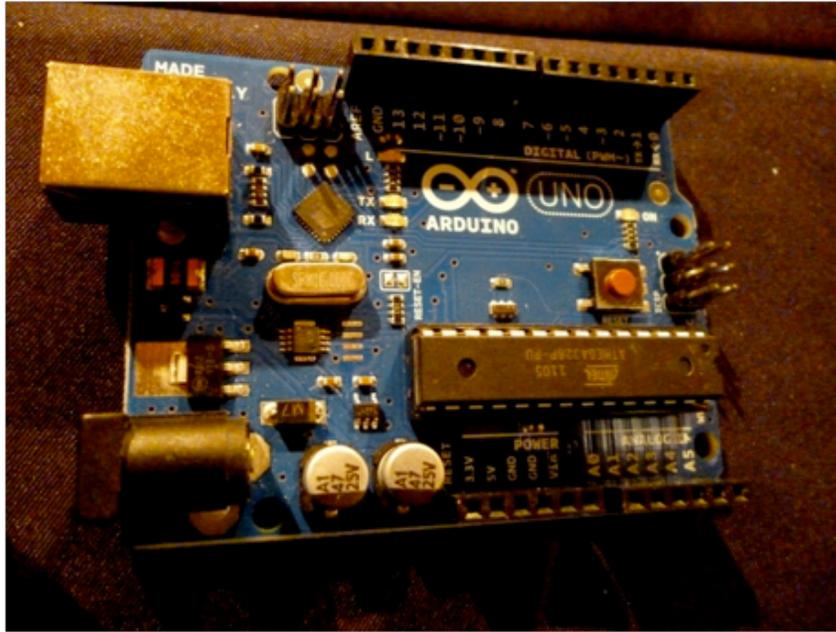


Ilustración 16- Joaquín R. Díaz (2011), *El enano bajo la caja- Microcontrolador Arduino*, fotografía digital.

En la búsqueda por saber cómo crear un sistema interactivo y poder controlar la bomba de aire de las piezas inflables<sup>10</sup> descubrí el Arduino (Ilustración 16).

Arduino<sup>11</sup> implicó muchas posibilidades. Al ser un proyecto que está ligado a una comunidad abierta de usuarios y desarrolladores relacionados con las filosofías del Open y el Libre Software permiten que el proyecto se desarrolle de forma múltiple por desarrolladores que comparten sus avances.

Estas *comunidades digitales* híbridas están formadas por científicos, aficionados, artistas, curiosos y autodidactas; todos ellos alimentan bases de datos y repositorios, la mayoría de ellos de libre acceso. De allí mismo se alimentan –científicos, artistas, ingenieros y programadores tanto independientes, como de comunidades universitarias, hasta de compañías transnacionales.

Esto es parte del contexto de este primer brinco que fue impulsado y auxiliado por esos avatares anónimos de Internet: la gente de las comunidades de desarrollo, sus foros, y quiero mencionar al proyecto ProtolabMovil coordinado por la artista Carmen Gonzales, que se dedica a la difusión de arte electrónico con la filosofía del libre software en México (hakersspace, 2012). ProtolabMovil generosamente ofrece este conocimiento, llevado a un área intermedia entre arte e ingeniería. Este proyecto es un espacio híbrido en el que la creatividad artística se asocia libremente con la electrónica y el código.

Este acercamiento dio un vuelco completo al proyecto, empecé a ver las capacidades expresivas que había al trabajar con componentes electrónicos y microcontroladores.

<sup>10</sup> Véase el módulo ANIMAL HERIDO, OBJETO INTERACTIVO pg.36

<sup>11</sup> Según el sitio web del proyecto Arduino: *Arduino es una plataforma Open-Source de prototipado electrónico. Basado en un hardware y software flexible y fácil de usar. Pensada para artistas, diseñadores... en la creación de objetos interactivos* (Arduino, 2011).



En un principio el trabajar con electrónicos puede parecer un terreno rígido, frío y complejo. Pasada esa primera fase de acercamiento, mi apreciación anterior cambio y solo dejaría el adjetivo complejo. Lo complejo esta hecho de diversos elementos: la complejidad caracteriza algo con muchas partes que forman un conjunto intrincado y difícil de comprender.

Para comprender este trabajo se requiere cambiar de lugar, ya que en la historia del arte –e inclusive en la breve historia del arte electrónico– ni siquiera los textos teóricos te capacitan para realizar este tipo de obras de arte. Son las matemáticas, la programación, la física, la computación, la electricidad y la electrónica, las llaves que abren la puerta a estas obras, para su realización y para entender la riqueza semántica que tienen, ya que están saturadas con conceptos propios de las ciencias.

En este recambio de época en la que el arte vuelve a reconfigurarse como lo hizo a mediados del siglo XX bajo las líneas trazadas por Pollock, Fluxus, John Cage y los minimalistas; replantearon el uso de los materiales, los procesos, las técnicas, las formas de asociarse entre sí y con otras disciplinas. Replantearon el papel mismo del artista en la creación, desde un genio creador hasta el operador de una máquina. Propongo una lista de *conocimientos, procesos, conceptos y dispositivos*, que pienso, a título personal, es necesario conocer y manejar para que la creación y lectura del arte de los nuevos medios sea más rica y no se quede en la sola apreciación de las formas. Esta es solo la superficie de las obras, tras la cual se oculta como si fuera un mundo aparte los temas reales de trabajo de estas propuestas.

Estos temas como vigilancia, robótica, Hackers... aparecen a diario en los encabezados de los periódicos de todo el mundo y están directamente vinculados a los medios electrónicos que son al mismo tiempo la herramienta que los crea, distribuye y visualiza.

La lista que propongo entra en consonancia con la lista de verbos de Richard Serra (Friedman, 2011) en la cual enumera 84 verbos y 24 posibles contextos (Ilustración 17). La lista de verbos de Serra es un línea de horizonte desde la que podemos entender su trabajo, pero más importante es que evidencia el trabajo de muchas de las esculturas realizadas desde finales de 1960 hasta la fecha, la cual está relacionada con los procesos y materiales industriales, de uno de los países protagonistas de la política y la economía, Estados Unidos de Norteamérica.

La lista que propongo (Ilustración 19) no pretende ser un manifiesto como en el caso de Richard Serra. Es una ruta de viaje hacia el terreno donde conviven el arte y la ingeniería. La lista está dividida en 4 columnas (parafraseando la lista de Richard Serra): conocimientos matemáticos, procesos, conceptos, dispositivos<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Bauer, Brandon (Bauer, 2012) Realiza otra lectura de la lista de verbos de Serra bajo el contexto apropiación post-internet. <http://uncopy.net/wp-content/uploads/2012/04/bauer-toopen.pdf>



Ilustración 17- Richard Serra, Verb-list (1967-1968)

enrollar	curvar	diseminar	modular
aumentar	levantar	organizar	destilar
plegar	incrustar	reparar	las ondas
combar	estampar	descartar	lo electromagnético
acortar	incendiar	emparejar	la inercia
torcer	inundar	distribuir	la ionización
manchar	embadurnar	saturar	la polarización
arrugar	rotar	complementar	la refracción
afeitar	espiralizar	encerrar	las mareas
arrancar	soportar	rodear	la reflexión
astillar	enganchar	circundar	el equilibrio
dividir	suspender	agujerar	la simetría
cortar	extender	cubrir	la fricción
suministrar	colgar	envolver	estirar
gotear	acumular	cavar	rebotar
eliminar	la tensión	tejer	borrar
simplificar	la gravitación	unir	rociar
diferenciar	la entropía	tejer	sistematizar
desordenar	la naturaleza	unir	remitir
abrir	de lo agrupado	igualar	forzar
mezclar	de lo estratificado	laminar	lo cartográfico
salpicar	de lo recubierto con	vincular	la localización
anudar	fieltro	articular	el contexto
derramar	agarrar	marcar	el tiempo
encorvar	reforzar	expandir	la carbonización
fluidificar	empaquetar	diluir	continuar
	apilar	iluminar	
	reunir		

Ilustración 18. Traducción de la lista de verbos de Richard Serra (TASIS ARTIST, WIKI, 2013).

Conocimientos Matemáticos	Procesos	Conceptos	Dispositivos
Derivar Transformar Función de transferencia Obtener vector unitario Obtener la normal Distancia Euclidiana	Digitalizar la señal Transmitir un PWM (Pulso de Amplitud Modulada) Cortar en Láser Diseñar en CAD Interactuar Diseñar Algoritmo Binarizar Reaccionar Interactuar Sincronizar Calibrar Programar Publicar Visualizar Poner en un loop Importar biblioteca Obtener nube de puntos Obtener plano de profundidad Instanciar Declarar Compilar Ejecutar programa Tuittear Subir un archivo Descargar un archivo	Usuario Cibernética Participación Ohms Volts Amperios Corriente Inductancia Comportamiento Estructuras repetitivas Pixel Bit GUI TUI ASCII Threads (Hilos) OOP Código Modelo determinista Modelo Híbrido Interfaz Redes Facebook Youtube AL (Vida Artificial) AI (Inteligencia Artificial) FSM (Maquina de Estados Finita) Autómatas Visión computacional	Cámara de luz compuesta Microcontroladores Sensores Fotorresistencias Matriz de LED Engranajes Módulos Ethernet Proyectores Servo Motores Encoders Bus de transmisión Soldadora Multímetro Potenciómetros Prototipo Foro de discusión Código Fuente

Ir a:



A CUALQUIERA DE **DE LA INGENIERÍA AL ARTE**  
MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE  
CÓDIGO

Ilustración 19. Lista de Conocimientos matemáticos, procesos, conceptos y dispositivos.





# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

HAROLD COHEN

CÓDIGO

ROOM FULL OF  
EMPTINESS

MATRÍZ

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES

TRABAJO  
A FUTURO

CONCLUSIONES

FUENTES  
DE CONSULTA





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

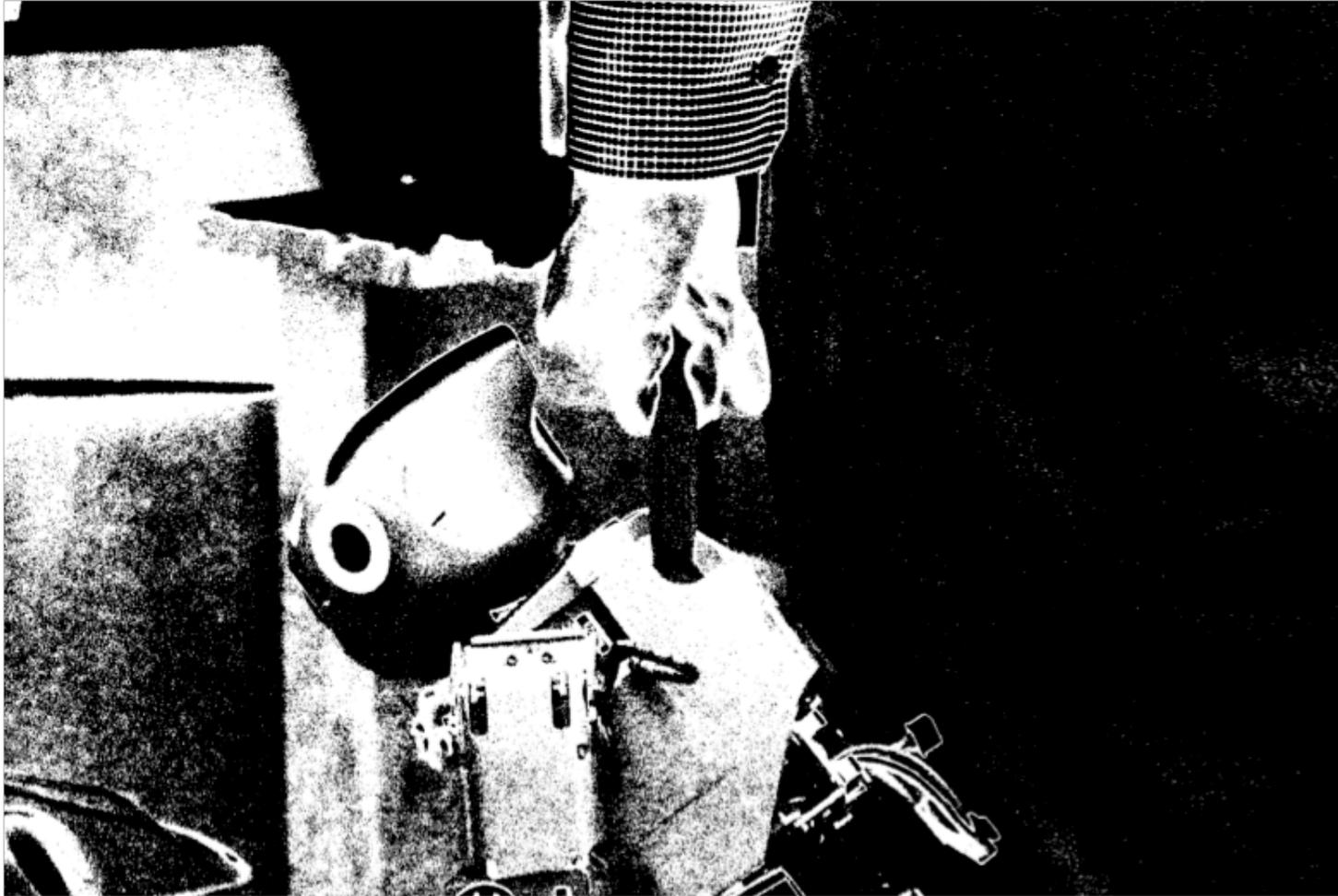


Ilustración 20- Joaquín R. Díaz (2013), *At your service...*, *Imagen Digital*.

## SERES CON UNA ESENCIA PLÁSTICA

Civiles Pakistaníes muertos en la guerra de drones de E.U.A. “en vano” – reporte // Llega Curiosity a Marte, en una proeza tecnológica sin precedente<sup>13</sup> // Implante cerebral permite a mujer con parálisis controlar a un robot con sus pensamientos<sup>14</sup> // Maquinaria militar de los Estados Unidos en Irac (2007)/Robots<sup>15</sup> // Mariposa-Espía: Israel desarrolla un insecto dronero para vigilar interiores<sup>16</sup> // Plantas Nómadas: Robot purificador de agua parte robot, parte planta<sup>17</sup> //

Los encabezados anteriores fueron tomados de periódicos de diferentes partes del mundo; con diferentes fechas y tonos, nos hablan de situaciones dramáticamente opuestas que tienen una palabra afín *robot*.

\*En el caso del primer encabezado se refiere a los Drones introducidos por el ejército de Estados Unidos en Pakistán desde el año 2004. Estos robots son tele-dirigidos y tienen múltiples funciones, entre las más importantes está la de realizar reconocimientos, pero muchos de ellos están dotados de una capacidad letal. Se ha suscitado gran polémica alrededor de estos robots teledirigidos ya que han sido los ejecutores de muchos crímenes en contra de civiles bajo el pretexto de estar en la caza de terroristas,<sup>18</sup> daño colateral dirían los voceros militares (Ackerman, 2013).

\*El segundo encabezado habla del famoso *Curiosity*, que el 6 de agosto del 2012 aterrizó en suelo marciano. Este robot fue diseñado para explorar el planeta rojo durante 6 años, analizando el suelo y el aire en búsqueda de compuestos orgánicos y agua, para proporcionar cualquier información útil que pueda ayudar a una futura terraformación en Marte.

\*El siguiente encabezado nos habla de una prótesis que permite, mediante impulsos mentales, mover un brazo robótico, el cual es probado en una mujer parapléjica.

\*La sucesiva nota habla de los 400 *drones* que hasta el 2007 habían sido enviados a Iraq. La nota menciona que muchos de éstos se han usado para reconocimiento, desactivar explosivos pero que algunos han sido dotados de una capacidad letal y su número no se conoce.

\*La consecutiva nota atañe a un artículo sobre *drones* miniatura, del tamaño de una mariposa, que se planea usar para la vigilancia en interiores.

\*Por último, tenemos el proyecto del artista Gilberto Esparza, Plantas Nómadas, las cuales son un simbiote robot-planta. La parte vegetal y la parte robótica de las Plantas Nómadas establecen una relación íntima, ya que el robot lleva a la planta a lechos de río con agua contaminada de los que se alimenta la planta; a partir de este proceso genera la energía que mueve al robot.





Este pequeño híbrido es una nota utópica de las posibilidades que hay en la robótica, de sus campos aun inexplorados. De forma crítica nos habla de cómo sería posible hacer grandes avances en materia de restauración ecológica, por ejemplo, pero no se destina presupuesto a esas áreas de investigación.

En este contexto vemos cómo los robots pueden ser utilizados para muy diversas actividades, cualquiera que sea esta actividad los envolverá de un carácter específico. Viendo a los robots desde un plano ontológico, podemos pensar que es un cuerpo sin alma, que puede ser usado como un laboratorio de comportamientos ¿qué es lo que anima al cuerpo del robot?

Bajo esta visión hay dos tipos de robots, los teledirigidos que pueden ser operados por uno o varios usuarios y desde un centro de mando controlar las acciones que el robot realiza en su entorno, como los *drones* o los exploradores que se han enviado a Marte.

<sup>13</sup> Véase, <http://www.jornada.unam.mx/2012/08/07/ciencias/a15n1cie> (Reuters & Afp, 2012).

<sup>14</sup> Véase, <http://www.guardian.co.uk/science/2012/may/16/brain-implant-paralysed-woman-robot-thoughts> (Sample, 2012).

<sup>15</sup> Véase, [http://wikileaks.org/wiki/US\\_Military\\_Equipment\\_in\\_Iraq\\_%282007%29/Robots](http://wikileaks.org/wiki/US_Military_Equipment_in_Iraq_%282007%29/Robots) (WikiLeaks, 2007).

<sup>16</sup> Véase, <http://rt.com/news/israel-drone-indoor-butterfly-672/> (Russia Today, 2012).

<sup>17</sup> Véase <http://www.greendiary.com/plantas-nomadas-water-purifying-robot-is-part-robot-part-plant.html> (Greendiary, 2010).

<sup>18</sup> Akerman Spencer habla acerca de 10 veces más bajas civiles por los drones en comparación a naves aéreas tripuladas. <http://www.theguardian.com/world/2013/jul/02/us-drone-strikes-afghan-civilians>

También existen los robots autónomos que realizan un análisis del entorno y toman decisiones en base a esto. Dependiendo el tipo de trabajo que realizará el robot se selecciona entre el paradigma clásico, reactivo o híbrido, que define el tipo de comportamiento del robot.

Para ambientes estáticos, en el que se conocen las condiciones y características del lugar, y el ambiente no se estará modificando se suele escoger para el robot un modelos clásico en el que cada acción o cambio corresponde un estado (dentro de cada estado se ejecutan cierto tipo de ordenes), este tipo de sistema se llama máquina de estados finita (FSM por sus siglas en inglés). La FSM son como un mecanismo de relojería que avanza paso a paso y un engrane activa otro. El cambio de un estado a otro (Ilustración 21) está determinado por el estado actual, en el que se encuentra, y sus entradas de datos (la información recibida por los sensores, tanto del exterior como del interior del mismo robot), la máquina de estado pregunta, en cada estado, sobre ciertas condiciones y a razón de estas selecciona el siguiente estado, esto es: si pasa *a* entonces haces 1, si pasa *b* entonces haces 2, si pasa *c* entonces haces 3...

Si el robot va a interactuar en un ambiente dinámico y cambiante se utiliza un sistema reactivo, como los *Campos Potenciales Artificiales*<sup>19</sup>, que le permiten al robot adaptarse a los obstáculos que vaya encontrando en su camino. Debido a que en ambientes muy complejos los sistemas reactivos son muy difíciles de controlar se utilizan sistemas híbridos en el que las respuestas del robot están determinados por una máquina de estados que marca entradas y salidas de diversos sistemas reactivos dependiendo de las condiciones de la tarea a la que se enfrente.

<sup>19</sup> Véase CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES pg.119

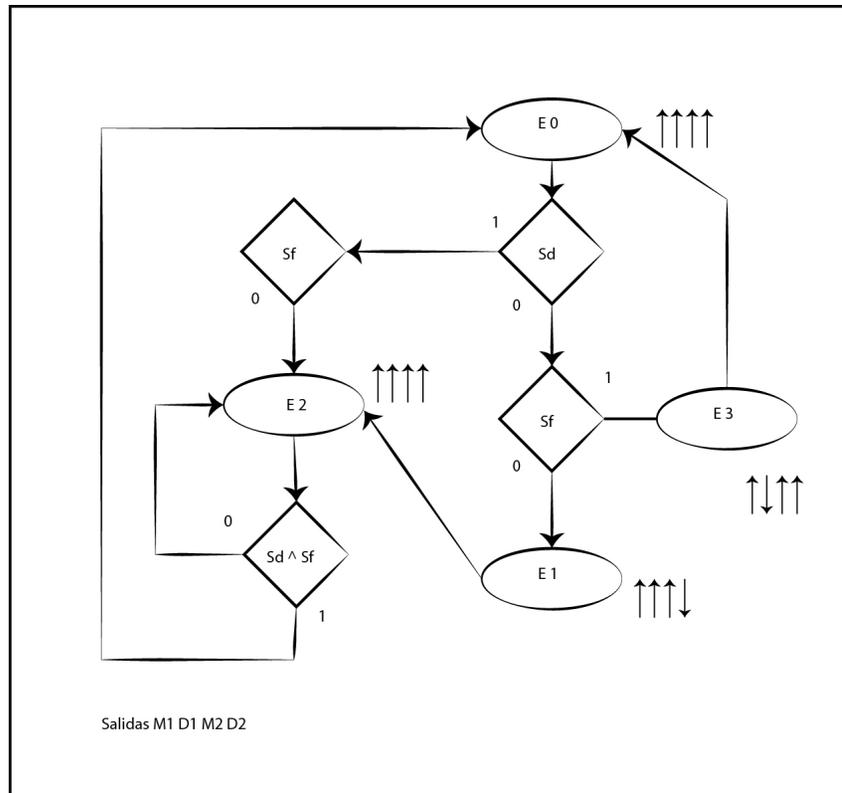


Ilustración 21. FSM de un robot de par diferencial con algoritmo de mano derecha. Este tipo de algoritmos se usan para las competencias de micromouse, donde un pequeño robot necesita salir de un laberinto en el menor tiempo posible. Las flechas representan la dirección de los motores.

La lógica del robot puede ser determinística o probabilística: En el modelo determinístico a una condición concreta siempre corresponde una misma respuesta del robot. En el probabilístico el robot evalúa las entradas, trata de determinar el problema y se decide por la acción que pueda tener mayor probabilidad de éxito.

Es decir en un entorno controlado ya se sabe y se programa de antemano la respuesta a una determinada situación, en el probabilístico no se sabe que puede suceder y no se tienen todas las entradas controladas, el robot evalúa y selecciona.

La selección entre un modelo u otro depende de las actividades que el robot deba desarrollar. Esta elección determina el tipo de comportamiento que tendrá el robot. En un plano expresivo esta decisión tiene un peso importante ya que el comportamiento del robot genera una impresión determinada en el espectador e incluso acota el tipo de interactividad que se puede tener con él. Esto puede variar desde una serie de respuestas que el robot emite al usuario pero están determinadas de ante mano, hasta una reacción imprevista por parte del robot, lo que podría dar la impresión de espontaneidad e inclusive inteligencia.

Se ha mencionado que los robots pueden ser vistos como cuerpos sin espíritu. En el momento en que ejecuta su trabajo y la forma en que lo haga definen su carácter.

Ir a:

 A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**

## TECNOLOGÍA, ARTE Y MAGIA

Contaré una brevísima historia, en forma de bucle, de la robótica; esto significa que empezaremos en un punto de la historia, luego daremos un brinco hacia atrás y después otro hacia adelante, toda esta acrobacia retórica es para extraer de la historia algunos pequeños nudos en los que han estado vinculadas la tecnología, el arte y una percepción mágica de esta.

El primer robot fue instalado en la *General Motors* en New Jersey, en 1961, con el propósito de tomar piezas de acero recién vaciadas y ponerlas en un tanque con refrigerante, para que posteriormente fueran tomadas por los trabajadores de la planta (Kumar Saha, 2008). Este robot fue pensado para realizar actividades que para una persona pueden ser peligrosas. Aunque ese fue el primer robot de la historia que se instalara en un ambiente de trabajo, como se mencionó antes, la palabra robot proviene del checo *robota*, que significa trabajos forzados. Esta palabra aparece por vez primera en la obra teatral *Rossum's Universal Robots* del checo Karel Capek (1890-1938), en la obra se llamaba así a las criaturas diseñadas para substituir a los humanos en el trabajo, que no demostraban ninguna emoción ni eran susceptibles al cansancio; basados en esta obra, hoy seguimos llamando así a estos seres cibernéticos.

Esta visión será retomada y ampliada por numerosos autores de ciencia ficción, Isaac Asimov es uno de los más destacados. Asimov planteó las *tres leyes de la robótica* que se tienen en cuenta en el desarrollo de la robótica (Asimov, 1950):

1. *Un robot no puede hacer daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño*
2. *Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la Primera Ley*
3. *Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley.*

Aunque los robots, tal como los conocemos son una proeza del siglo XX, hay pistas que nos dejan ver cómo la obsesión por animar objetos de forma mecánica y dotarlos de una apariencia de vida ha estado presente en la humanidad desde hace miles de años. Una demostración de ello son las menciones que se hacen sobre elefantes mecánicos en las leyendas hindúes, las estatuas sonoras que se utilizaban en ceremonias religiosas para asombrar a los creyentes del antiguo Egipto, el Golem de los judíos, y en la mitología griega aparece Hefestos –el dios-ingeniero que forjaba las armas de los dioses– quien creó autómatas dotados de vida mecánica e inteligencia<sup>20</sup>.

De la fragua de Hefestos, Prometeo robó el fuego que regaló al hombre, simbolizando con ello la tecnología, las artes, la ciencia y en general la posibilidad de crear. Según la leyenda, antes de que Prometeo nos hiciera este regalo, nosotros éramos como bestias desvalidas a merced de los otros animales, los elementos y los dioses, sin embargo este obsequio le resultó muy caro:

<sup>20</sup> Ver el módulo EL REGALO DE PROMETEO pg.52

una eternidad de sufrimiento, durante la cual Zeus le reclamó por haberle dado al hombre algo exclusivo de los dioses, el don de la creación o la artesanía (Esquilo, 2001).

Regresando a estos particulares objetos, y haciendo un gran brinco en la historia llegamos a los autómatas creados durante los siglos XVIII y XIX en Europa. Es muy importante mencionar que estos autómatas poseían un tipo primitivo de programación basado en un sofisticado sistema de engranajes; la función de estos autómatas era básicamente de entretenimiento, eran objetos animados de una factura muy fina, podían llegar a tal precisión que eran capaces de dibujar, escribir, tocar música y hasta podían jugar ajedrez. Lo importante de resaltar es que estos autómatas tenían una finalidad estética y eran creados por personajes que, dependiendo el caso, podríamos pensarlos como artesanos o artistas, que tenían un muy especializado conocimiento en mecánica, a tal grado que podían sistematizar y programar movimientos tan difíciles como los que se necesitan para dibujar a través de engranes, era un tipo de programación mecánica (History Channel, 1985).

Otro prototipo de autómatas de particular relevancia son los *Karakury*<sup>21</sup> del período Edo (1603-1867) en Japón, los cuales eran pequeños autómatas cuyos engranes estaban tallados en madera. Estos hacían diferentes cosas, desde tirar pequeñas flechas hasta llevar una taza de té en una ceremonia. Los japoneses ocultaban estos mecanismos, que animaban a estos pequeños autómatas, y con ello les daba una apariencia mágica (Science Channel, 2008).

En Europa este aspecto mágico se convirtió en todo un caso de ilusionismo y prodigio; estos artistas del espectáculo en el siglo XIX recurrían a todo tipo de artefactos mecánicos y juegos de óptica para realizar sus trucos. Estos creadores de autómatas, europeos y japoneses, eran artesanos y artistas, que básicamente programaban los comportamientos de sus objetos; la función de estos mecanismos era estética, poética, mágica y teatral. Bajo este contexto se podría decir que uno de los preludios de la robótica, en los inicios de la revolución industrial, estuvo protagonizado por artesanos-artistas interesados en problemas artísticos, mecánicos, de ilusionismo y estética.

Ir a:

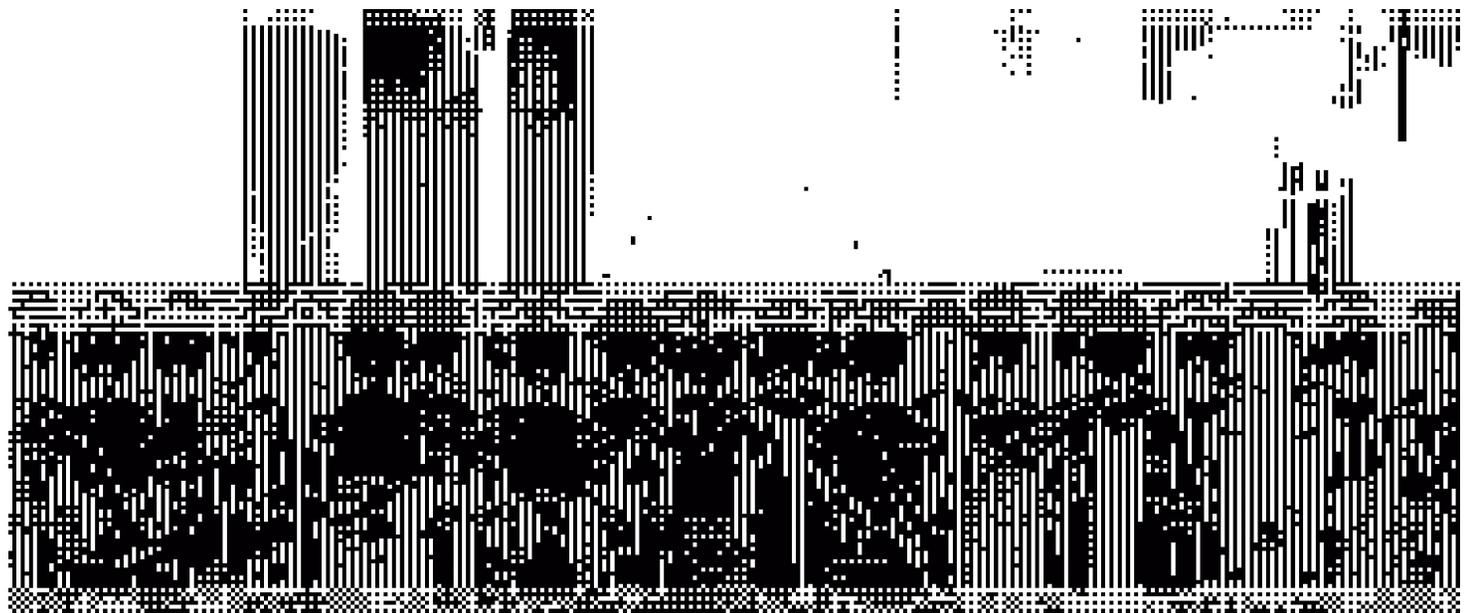


A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**  
ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA  
EL PROGRAMADOR COMO ARTISTA

<sup>21</sup> La palabra Karakury significa, pequeño truco mecánico.



## EL REGALO DE PROMETEO



*Ilustración 22. Pixelización de una escena de el SEGUNDO RENACIMIENTO de ANIMATRIX (Chung, y otros, 2003).*

A continuación se muestra una serie de 4 imágenes que reconstruyen la línea de tiempo que abre la exposición VIDA (Fundación Telefónica, 2012) comisariada por Karin Ohlenschläger. La línea de tiempo mapea las apariciones de ingenios mecánicos y literatura que hacen referencia a la vida artificial. Desde diferentes puntos de origen, como los automatas, los hombres artificiales, mecanismos de relojería antiguos, robots, conciencias artificiales y los desarrollos en la ingeniería genética hasta la clonación. La intención de mostrarlos aquí es ofrecer ese mapa histórico que se aborda en el módulo Tecnología, arte y magia. pg. 50.



# vida artificial

una cronología de mitos,  
leyendas y realidades.

# artificial life

a timeline of the myths,  
legends and realities.

**1500 a.C.**

**Estatua de Memnon / Ingenios mecánicos.** Estatua del rey de Etiopía mandada construir por Amenhotep que emitía sonidos cuando la iluminaban los rayos del sol al amanecer.

**Statue of Memnon / Mechanical devices.** Statue of the Ethiopian king commissioned by Amenhotep, which emitted sounds when struck by the sun's rays at dawn.

**1400 a.C.**

**Clepsidra de Karnak / Ingenios mecánicos.** Reloj de agua construido en el templo de Amón.

**Karnak Clepsydra / Mechanical devices.** Water clock at the Temple of Amun.

**500 a.C.**

**Urraca voladora y caballo de madera / Ingenios mecánicos.** Realizados por King-shu Tse en la China clásica.

**Flying magpie and wooden horse / Mechanical devices.** Made by King-shu Tse in Classical China.

**s. IV a.C.**

**Metafísica / Literatura.** Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.). Plantea la naturaleza de la vida y establece cuatro causas del ser: la causa formal, la causa material, la causa eficiente y la causa final.

**Metaphysics / Literature.** Aristotle (384 BC-322 BC). Examines the nature of life and establishes four causes of being: the formal cause, the material cause, the efficient cause and the final cause.

**206 a.C.**

**Hallazgo del Tesoro de Qin Shi Huang / Arqueología.** Orquesta mecánica de muñecos encontrada por Gao (Liu Bang), primer emperador Han.

**Discovery of the treasure of Qin Shi Huang / Archaeology.** Mechanical Orchestra of puppets found by Gaozu (Liu Bang), first emperor of the Han Dynasty.

**7 d.C.**

**Las Metamorfosis / Literatura.** Ovidio (43 a.C.-17 d.C.) recoge el mito de Pigmalión, quien logra dar vida a una estatua.

**Metamorphoses / Literature.** Ovid (43 BC-17 AD) narrates the myth of Pygmalion who manages to turn a statue into a human being.

**62 d.C.**

**Autómata / Literatura.** Herón de Alejandría (c.10-70 d.C.) describe en este libro múltiples juguetes mecánicos de su época.

**Automata / Literature.** Heron of Alexandria (c.10-70 AD) describes the numerous mechanical toys of his day.

**1000**

**Kitáb al-asrār fi natā'ij al-afkār / Literatura.** El libro de los secretos sobre los resultados de los pensamientos de Ibn Khalaf al-Murādi es un testimonio de los mecanismos más complejos de la Antigüedad.

**Kitáb al-asrār fi natā'ij al-afkār / Literature.** The Book of Secrets about the Result of Thought by Ibn Khalaf al-Muradi documents some of the most complex devices of Antiquity.

**1204-1282**

**Hombre de hierro / Ingenios mecánicos.** Alberto Magno construye el hombre de hierro.

**Iron man / Mechanical devices.** Albertus Magnus builds his iron man.

**1206**

**Libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos / Literatura.** Al-Jazari (1136-1206), constructor del Reloj Elefante.

**Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices / Literature.** Al-Jazari (1136-1206), inventor of the Elephant Clock.

**s. XIII**

**Cabeza parlante / Ingenios mecánicos.** Su creador, Roger Bacon (1214-1294), es el autor de *Descubrimiento de los milagros del arte y de la naturaleza*.

**Talking head / Engineering feats.** Its inventor Roger Bacon (1214-1294) wrote *Discoveries of the Miracles of Art, Nature and Magic*.

**1235**

**Cuaderno con dispositivos mecánicos antropomórficos / Literatura.** Escrito por Villard d'Honnecourt (c.1200-1250), contiene bocetos con dibujos de secciones de dispositivos mecánicos antropomórficos, como un ángel autómatas.

**Portfolio of anthropomorphic mechanical devices / Literature.** Written by Villard de Honnecourt (c.1200-1250), the portfolio contains sketches with cross sections of anthropomorphic mechanical devices, such as an angel automaton.

**1305**

**Ars generalis ultima / Literatura.** Escrita por Ramón Llull (c.1232-1315), en ella explica su estrategia matemática a través de la 'fer cambres' ['formación de compartimentos']

**Ars generalis ultima / Literature.** Written by Ramon Llull (c.1232-1315), it explains his mathematical strategy based on an operation known as 'fer cambres' ['formation of compartments'].

**1352**

**Gallo de Estrasburgo / Ingenios mecánicos.** Ubicado en la catedral de la ciudad, mueve el pico y las alas cuando da la hora. Este autómata-reloj es el más antiguo que se conserva.

**Strasbourg Rooster / Mechanical devices.** Located in the city's cathedral, it moves its beak and wings on the strike of every hour. It is the world's oldest surviving automaton clock.

**1499**

**León mecánico / Ingenios mecánicos.** Leonardo da Vinci (1452-1519) concibe este ingenio para el rey Luis XII de Francia.

**Mechanical lion / Mechanical devices.** Leonardo da Vinci (1452-1519) makes this ingenious device for King Louis XII of France.

**s.XVI**

**Papamoscas / Ingenios mecánicos.** Ubicado en la catedral de Burgos, consiste en un hombre mecánico que se mueve con los cambios horarios.

**Flycatcher / Mechanical devices.** Located in Burgos Cathedral, this mechanical man moves with the strike of every hour.

**1525**

**Hombre de Palo / Ingenios mecánicos.** Juanelo Turriano (1501-1585), relojero real de Carlos V, concibe este autómata antropomórfico de madera, un monje que anda, mueve los brazos, los ojos y la boca.

**Stick Man / Mechanical devices.** Juanelo Turriano (1501-1585), royal clockmaker to Emperor Charles V, creates this automaton monk that walks and moves its arms, eyes and mouth.

**1543**

**Escarabajo de madera / Ingenios mecánicos.** John Dee (1527-1609) presenta en Inglaterra este ingenio, capaz de levantar el vuelo.

**Wooden beetle / Mechanical devices.** John Dee (1527-1609) presents this invention, capable of taking flight, in England.

**s.XVI**

**De Humanis Corporis Fabrica / Literatura.** En esta obra Andreas Vesalius (1514-1564) concibe al hombre como una compleja estructura mecánica.

**De Humanis Corporis Fabrica / Literature.** In this work, Andreas Vesalius (1514-1564) analyses man as a complex mechanical structure.

**1624**

**Reloj calculador / Ingenios mecánicos.** Wilhelm Schickard (1592-1635) idea este ingenio capaz de realizar sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.

**Calculating clock / Mechanical devices.** Wilhelm Schickard (1592-1635) designs this device capable of adding, subtracting, multiplying and dividing.

**1640**

**Ma fille Francine / Ingenios mecánicos.** René Descartes (1596-1650) construye esta autómatas en memoria de su hija.

**Ma fille Francine / Mechanical devices.** René Descartes (1596-1650) builds this automaton in memory of his daughter.

**1650**

**Musurgia universalis / Literatura.** Athanasius Kircher (1602-1680) publica en este libro ingenios con autómatas que producen sonidos y un oído gigante conectado a una estatua parlante.

**Musurgia universalis / Literature.** Athanasius Kircher (1602-1680) publishes this ingenious book with automata that produce sounds and a giant ear attached to a talking statue.

**1651**

**Leviatán: o la materia, forma y poder de una república eclesiástica y civil / Literatura.** Thomas Hobbes (1588-1679) describe al Estado como un autómata que se pone en marcha activado por un alma artificial, regulado por las articulaciones que forman los ciudadanos y controlado por un sistema nervioso de salarios y castigos, informado todo ello por una memoria y una voluntad artificiales.

**Leviathan, or The Matter, Forme and Power of a Common-wealth, Ecclesiastical and Civil / Literature.** Thomas Hobbes (1588-1679) describes the state as an automaton which is activated by an artificial soul, regulated by the joints that are the citizens, and controlled by a nervous system of wages and punishments, all informed by an artificial memory and will.

**1666**

**Dissertatio de arte combinatoria / Ciencia.** Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) defiende el sistema binario para el cálculo automático. Al abogar por este sistema sienta las bases de la computación actual.

**Dissertatio de arte combinatoria / Science.** Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) defends the binary system of arithmetic, thus laying the foundations of all modern computer architectures.

Ilustración 23. Línea temporal Vida Artificial 1/4 (Fundación Telefónica, 2012).

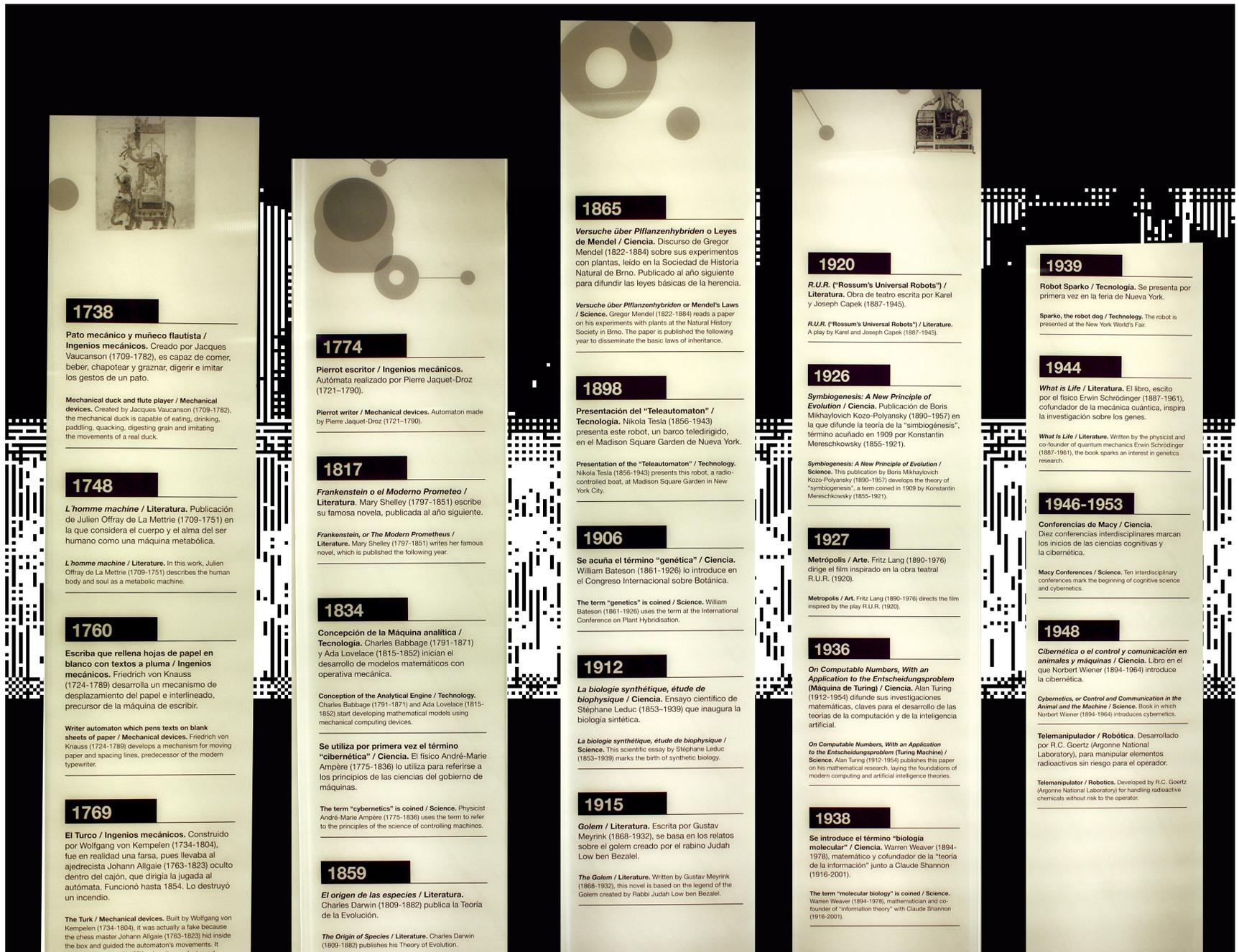


Ilustración 24. Línea temporal Vida Artificial 2/4 (Fundación Telefónica, 2012).

1949

**Teoría y organización de autómatas complejos / Ciencia.** John von Neumann (1903-1957).

**Theory and Organisation of Complicated Automata / Science.** John von Neumann (1903-1957).

1950

**I Robot (Yo robot) / Literatura.** En este libro Isaac Asimov (1920-1992) utiliza por primera vez el término "robótica" y postula las tres leyes de la robótica.

**I Robot / Literature.** In this book, Isaac Asimov (1920-1992) postulates his "Three Laws of Robotics", the first time that the term "robotics" has ever been used.

1953

**Descubrimiento de la estructura del ADN / Ciencia.** Francis Crick (1916-2004) y James Watson (1928-) introducen el modelo de la doble hélice de ADN para representar la estructura tridimensional del polímero.

**Discovery of the structure of DNA / Science.** Francis Crick (1916-2004) and James Watson (1928-) introduce the double helix model of DNA to represent the three-dimensional structure of the polymer.

**Theory of Self-Reproducing Automata / Ciencia.** John von Neumann (1903-1957) publica la Teoría de los autómatas autoreplicantes.

**Theory of Self-Reproducing Automata / Science.** John von Neumann (1903-1957) publishes his theory on self-reproducing automata.

1955

**Conferencia de Dartmouth / Ciencia.** Se debate sobre las diferencias entre las máquinas y los humanos y sobre el desarrollo de máquinas inteligentes por medio del modelado de la cognición humana y la reconstrucción de los procesos cerebrales.

**Dartmouth Conference / Science.** Participants debate the differences between machines and humans, and the development of intelligent machines by creating a model of human cognition and reconstructing cerebral processes.

1956

**CYSP 1, primera escultura cibernética / Arte.** El padre del arte cibernético, el francés de origen húngaro Nicolas Schöffer (1912-1992) realiza la primera escultura en la que hace uso de la computación.

**CYSP 1, the first cybernetic sculpture / Art.** The father of cybernetic art, the Hungarian-born Frenchman Nicolas Schöffer (1912-1992), creates the first sculpture to make use of electronic computations.

1958

**Biological Computer Laboratory en la Universidad de Illinois / Ciencia.** Heinz von Foerster dirige hasta 1975 el Biological Computer Laboratory en la Universidad de Illinois, donde ingenieros electrónicos estudian sistemas biológicos con el fin de concebir sistemas computacionales más potentes.

**Biological Computer Laboratory at the University of Illinois / Science.** Heinz von Foerster directs the Biological Computer Laboratory at the University of Illinois until 1975. The laboratory's electrical engineers study biological systems in an attempt to come up with more powerful computing systems.

1959

**Primer trasplante de corazón / Ciencia.** Logrado con éxito por Christiaan Neethling Barnard (1922-2001).

**First heart transplant / Science.** Successfully accomplished by Christiaan Neethling Barnard (1922-2001).

**Primer circuito integrado / Tecnología.** Este invento de Jack Kilby (1923-2005) se considera precedente del microchip.

**First integrated circuit / Technology.** This device, invented by Jack Kilby (1923-2005), is considered the forerunner of the microchip.

**The Two Cultures and the Scientific Revolution / Literatura.** Charles Percy Snow (1905-1980) expone la separación entre las humanidades y las ciencias para sugerir la necesidad de la emergencia de una nueva "tercera cultura".

**The Two Cultures and the Scientific Revolution / Literature.** Charles Percy Snow (1905-1980) discusses the gap separating humanities from sciences and suggests the need for a new "third culture".

1961

**Unimate / Tecnología.** UNIMATE, el primer robot industrial puesto en marcha por General Motors.

**Unimate / Technology.** UNIMATE, the first industrial robot, is launched by General Motors.

1966

**ELIZA / Ciencia.** Programa informático de inteligencia artificial diseñado en el MIT por Joseph Weizenbaum. Se trata de uno de los primeros programas en procesar lenguaje natural.

**ELIZA / Science.** Artificial Intelligence computer program written at MIT by Joseph Weizenbaum. It is one of the first programs capable of processing natural language.

1970

**Game of Life / Ciencia.** El matemático John Horton Conway (1937-) diseña un autómata celular.

**Game of Life / Science.** Mathematician John Horton Conway (1937-) invents the cellular automaton.

1972

**Scientific Institute of Paranaturalistic Research / Ciencia.** Fundado por Louis Bec.

**Scientific Institute of Paranaturalistic Research / Science.** Founded by Louis Bec.

1978

**Primera reproducción humana in vitro / Ciencia.** Louise Brown, la primera niña probeta, nació el 25 de julio. El logro científico fue realizado en Inglaterra por los doctores Robert Edwards y Patrick Steptoe.

**First in vitro fertilisation / Science.** Louise Brown, the first test tube baby, is born on 25 July. The scientific breakthrough is accomplished in England by the doctors Robert Edwards and Patrick Steptoe.

1982

**Blade Runner / Cine.** Película dirigida por Ridley Scott (1937-), basada lejanamente en la novela de Philip K. Dick, *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (1968), película de ciencia ficción precursora del género cyberpunk.

**Blade Runner / Cinema.** Science fiction film directed by Ridley Scott (1937-), loosely based on Philip K. Dick's novel *Do Androids Dream of Electric Sheep?* (1968) and a forerunner of the cyberpunk genre.

1984

**Terminator / Cine.** Dirigida por James Cameron (1954-) y protagonizada por un cyborg asesino. Fue considerada cultural y estéticamente significativa por la Biblioteca del Congreso de los EE.UU.

**The Terminator / Cinema.** Directed by James Cameron (1954-) and featuring a cyborg assassin. The US Library of Congress describes it as culturally and aesthetically significant.

**Neuromante / Literatura.** Novela pionera de la cultura cyberpunk, escrita por William Gibson (1948-).

**Neuromancer / Literature.** Pioneering novel in the cyberpunk genre written by William Gibson (1948-).

1985

**Modelo de máquina universal de Turing / Ciencia.** David Deutsch (1953-) describe el primer ordenador cuántico universal, aplicando la tesis de Church Turing ampliado.

**Model of the universal Turing machine / Science.** David Deutsch (1953-) describes the first universal quantum computer by applying and elaborating on the Church-Turing thesis.

**A Cyborgs Manifesto: Science, Technology and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century / Publicaciones.** Publicado por Donna Haraway (1944-) en *Socialist Review* nº 80.

**A Cyborg Manifesto: Science, Technology and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century / Publications.** Published by Donna Haraway (1944-) in issue 80 of *Socialist Review*.

1986

**The Society of Mind / Ciencia.** Marvin Minsky (1927-), cofundador del laboratorio de inteligencia artificial del MIT, aborda el tema de la inteligencia y el futuro de la mente humana.

**The Society of Mind / Science.** Marvin Minsky (1927-), co-founder of the artificial intelligence laboratory at MIT, explores the subject of intelligence and the future of the human mind.

**Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology / Literatura.** K. Eric Drexler (1955-) introduce la nanotecnología molecular.

**Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology / Literature.** K. Eric Drexler (1955-) popularises the potential of molecular nanotechnology.

1987

**Alife I / Ciencia.** Taller interdisciplinar Synthesis and Simulation of Living Systems, Los Alamos (septiembre), en el que Christopher Langton (1948-) introduce el término "vida artificial".

**Alife I / Science.** Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems, Los Alamos (September), in which Christopher Langton (1948-) coins the term "Artificial Life".

1988

**Mind Children: The future of Human and Robot Intelligence / Literatura.** Hans Moravec (1948-) publica este libro, editado por Harvard University Press.

**Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence / Literature.** Hans Moravec (1948-) publishes this book, courtesy of Harvard University Press.

Ilustración 25. Línea temporal Vida Artificial 3/4 (Fundación Telefónica, 2012)

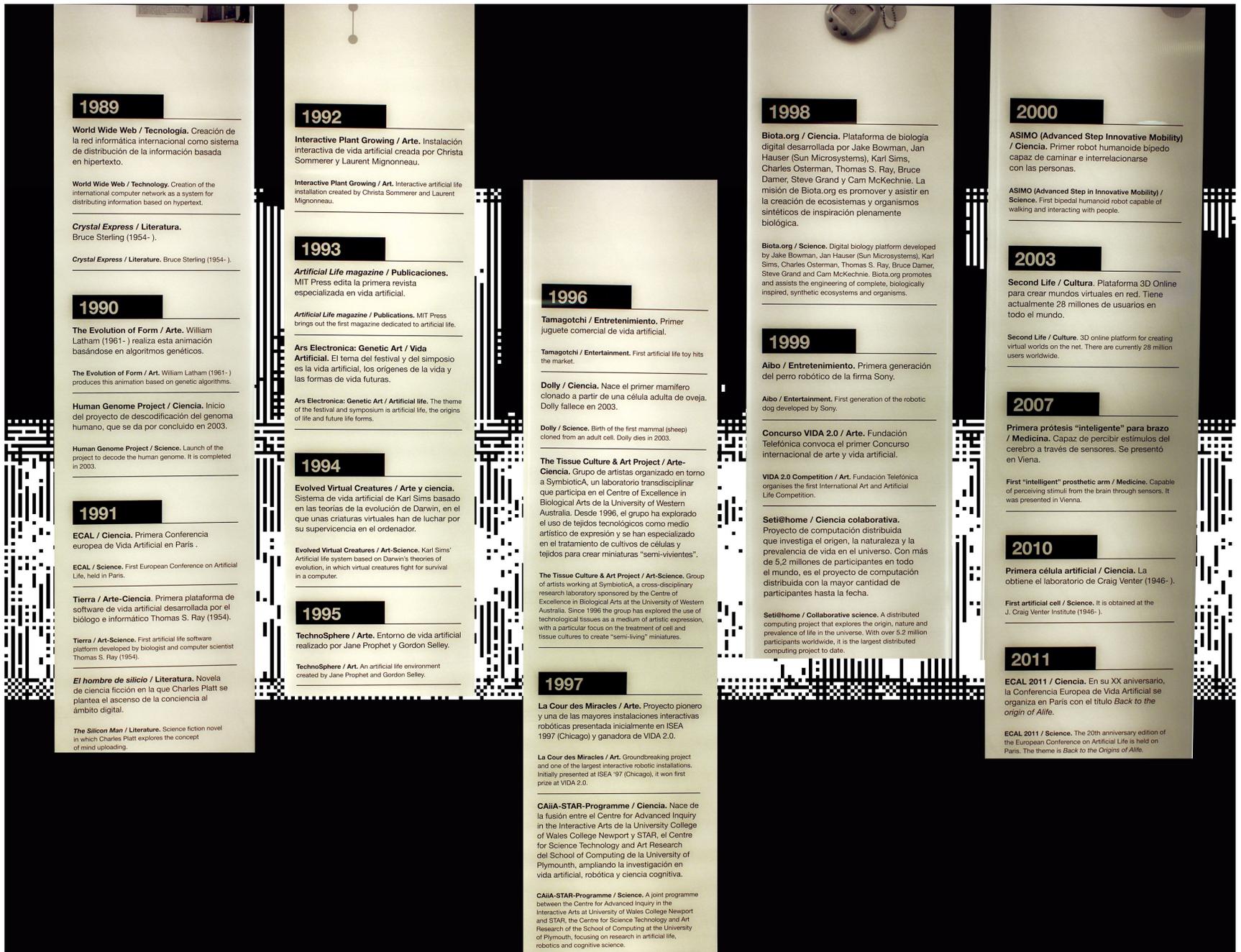


Ilustración 26. Línea temporal Vida Artificial 4/4 (Fundación Telefónica, 2012)

Ir a:



A CUALQUIERA DE ***MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE***

## TEST VOIGHT KAMPFF DE LA EMPATÍA

El *Test Voight Kampff*, es una prueba realizada en la película *Blade Runner* (Ridley, 1982), a las personas sospechosas de ser *replicantes* (cíborgs) ya que su estadía en el planeta tierra está prohibida. Este test consiste en realizar cierto tipo de preguntas al sospechoso mientras se miden sus reacciones emotivas con una máquina que observa sus ojos y analiza su respiración en busca de emociones, esta prueba se hace frente a frente el sospechoso de no ser humano y el detective. Si encuentran que el sospechoso efectivamente es un *replicante*, la sentencia es destruirlo, o como eufemísticamente mencionan en la película, retirarlo.

Este test guarda mucha similitud al *Test de Turing*<sup>22</sup>, planteado para encontrar si un robot es inteligente, pero va mas allá, aquí la inteligencia es un tema que no está en discusión ya que poseen una inteligencia conjunta de los científicos que los desarrollaron, la única forma que hay para identificarlos es buscando la carencia de empatía a las preguntas que el detective genera.

En dicho film, en la penúltima secuencia, donde desenlaza la historia, tenemos a un Deck Deckard (el detective encargado de eliminar a los cíborgs fugitivos) indefenso, atemorizado, expectante frente a un Roy Batty -el cíborg líder de una pequeña rebelión de su raza, para obtener una vida más larga- quien casi desnudo sosteniendo a una paloma blanca bajo la lluvia, en sus últimos momentos de vida mira a su verdugo (Deck Deckard) a quien acaba de salvar de una caída fatal y le dice:

*“He visto cosas que ustedes, humanos, no podrían creer.  
Naves de guerra en llamas en el hombro de Orión.  
He visto rayos iónicos brillar en la oscuridad de la puerta de Tannhäuser.  
Todos esos momentos se perderán en el tiempo, como lágrimas en la lluvia.  
Hora de morir.”*

*“I’ve seen things you people wouldn’t believe.  
Attack ships on fire off the shoulder of Orion.  
I watched C-beams glitter in the darkness at Tan Hauser Gate.  
All those moments will be lost in time like tears in rain. Time to die”.*

<sup>22</sup> El Test de Turing consiste en que un humano entreviste a una computadora vía online durante cinco minutos. La computadora pasa la prueba si engaña al interrogador durante el 30% del tiempo. En su artículo *La Maquinaria de Computación y la Inteligencia* (1959) Turing sugiere que en vez de preguntar si las máquinas pueden pensar, debemos preguntarnos si las máquinas pueden pasar la prueba de comportarse de forma inteligente (Russell & Norving, 2009).



Al terminar este monólogo suelta la paloma y muere mientras sigue lloviendo. Observamos a un individuo que enfrenta el último momento de su existencia echando una vista atrás, recordando lo vivido, repasando sus recuerdos y generando una empatía total con el detective; en esta última escena el *cíborg* pasa el *Test Voight Kampff* y vence a su verdugo al despeja cualquier duda de él. Deckard se marcha a proteger a Rachel un *cíborg* de quien se ha enamorado. Lo que construye el director Scott culmina en esta escena, en ella se condensa una empatía total hacia el *cíborg* que está muriendo, el cual fue capaz de un acto mucho más humano que el mismo detective.

Uno de los grandes esfuerzos que realiza el arte es el de dotar a sus creaciones de una carga emotiva que logre crear empatía con las personas que las ven, escuchan o leen; este era el caso con los autómatas, los *Karakury* y los robots que aparecen en las películas y relatos de ciencia ficción de autores como Isaac Asimov, William Gibson y Ridley Scott, quienes tienen una fascinación por la tecnología, y tratan de ver a futuro cómo el hombre se relacionará con estos avances. Parece ser que lo que siempre buscaron estos relatos es cómo los robots desarrollan la pulsión de vida y capacidades empáticas. Otra de las lecturas que se pueden hacer de fondo es: los robots en realidad reflejan un estado de lógica pura y una inocencia incluso a moral ante el mundo. Su inteligencia es muy alta, incluso pueden sentir pero sus habilidades sociales con muy bajas.

Hay un juego en la construcción de estos personajes, en la que son presentados de forma rígida, fría y mecánica generando un alejamiento empático, después la trama de estas historias va construyendo sobre estos seres sintéticos capacidades humanas, logrando una expresividad cálida con la que uno puede identificarse. La problemática final es convertir o hacer sentir al espectador que ese robot tiene ciertos atributos humanos reales. Muchos autores que escriben sobre seres sintéticos construyen en sus relatos la ilusión de un ser artificial que siente y desea vivir.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**





# Obra de Arte *Programable*

INTRODUCCIÓN	DE LA INGENIERÍA AL ARTE	MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE	CÓDIGO	ROOM FULL OF EMPTINESS	MATRÍZ	CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES	TRABAJO A FUTURO	CONCLUSIONES	FUENTES DE CONSULTA
--------------	--------------------------	--------------------------------	--------	------------------------	--------	---------------------------------	------------------	--------------	---------------------



**HAROLD COHEN**  
***EL PINTOR QUE ENSEÑO A PINTAR***  
***A UNA COMPUTADORA***





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HAROLD COHEN, EL PINTOR QUE ENSEÑO A PINTAR A UNA COMPUTADORA

Harold Cohen es un pionero en dotar de expresividad a una computadora, él tradujo en algoritmos sus habilidades como dibujante y pintor creando el sistema experto *Aaron*, este sistema es una inteligencia artificial (AI) que fue programado para pintar como su programador, esta inteligencia artificial es capaz de hacer dibujos 100% Cohen sin que Cohen toque el lienzo (Brown, 2006).

Cohen estudio Bellas Artes en la Universidad de Londres y se desenvolvió como un pintor de renombre en Inglaterra hasta que partió a Estados Unidos. Comenzó a investigar en los sistemas de Inteligencia Artificial en la Universidad de California, después empezó a desarrollar a *Aaron*, entre 1971 y 1973, en el laboratorio de inteligencia artificial de la Universidad de Stanford. El sistema *Aaron* está diseñado para dibujar y pintar por cuenta propia con la información que programó el pintor Harol Cohen, quien fue capaz de sistematizar y sintetizar sus habilidades como pintor y dibujante para traducirlas en algoritmos. *Aaron* sigue desarrollando sus habilidades hasta la fecha. Cabe mencionar que *Aaron* no es una impresora inteligente, sino un *sistema experto* cuya función es crear dibujos con expresividad Cohen. Desde 1973 hasta la fecha, *Aaron* realizó el mismo trayecto de “aprendizaje” que un estudiante de bellas artes, Aaron pasó de crear dibujos con trazos expresivos, dibujar un tipo de perspectiva primitiva, a sofisticar su dibujo figurativo; después, adquirió conocimientos tridimensionales y en la última etapa es capaz de dar color a sus creaciones. No podemos negar que Cohen sea un pintor pero pinta a través de su otro yo:

primero enseña a su sistema de IA a expresarse como él, y luego este realiza los dibujos. Parafraseando a Sol Lewitt:

*La idea se convierte en la maquina que crea el arte*<sup>23</sup>

Cohen creó una máquina que crea arte. La interacción de Cohen ya no es mas con el lienzo y los pigmentos, sino a través del lenguaje con el que programa a Aaron con la máquina y la forma en la que esta se expresa.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**

<sup>23</sup> En su artículo Párrafos Sobre Arte Conceptual publicado en Artforum, él habla de cómo en el arte conceptual la idea es la máquina que crea el arte, inquiriendo que esta es la parte de las obras dejando al material y a la manufactura en segundo lugar aun que en ningún momento fuera.

## ZEEB ZOB INTERFAZ ROBÓTICA DE ACTUACIÓN

Un grupo de investigadores de la Universidad de Georgia, del Departamento de Teatro y Estudios del Cine, están desarrollando una interfaz en MAX/MSP<sup>24</sup>, para trabajar de forma sencilla con un robot humanoide Darwin-OP<sup>25</sup>.

Lo que están haciendo con estos pequeños humanoides es enseñarlos a actuar. El propósito de estas experiencias es llevarlos a interactuar con actores reales en el escenario; la finalidad, es que sean integrados en clases de arte dramático y dirigirlos dentro de obras teatrales. Programar a un robot humanoide es un reto grande, tan solo la locomoción es muy compleja ya que se manejan muchas articulaciones. Mantenerlo caminando es un problema no resuelto en la robótica, esta condición junto a su costo, ha limitado su uso en áreas que no están directamente relacionadas con la ingeniería.

La forma en la que el equipo, encabezado por el Dr. David Z. Saltz, está resolviendo este problema es programando una interfaz gráfica, que simplifica mucho las cosas, hasta el punto en que una capacitación mucho más corta permitiría, a cualquiera,

<sup>24</sup> En el archivo del IRCAM almacenado en la [www.web.archive.org](http://www.web.archive.org) definen: MAX/MSP es un lenguaje de programación visual para música y multimedia, que permite procesar audio y video en tiempo real, ser utilizado como un sintetizador MIDI al mismo y utilizar recursos almacenados en el disco duro del ordenador. Este programa fue diseñado originalmente por Miller Puckette para la realización de la pieza Pluton de Philippe Manoury. El programa fue rediseñado por David Zicareli (Francois, 2009).

<sup>25</sup> DARwin-OP es el acrónimo en inglés para Robot Antropomórfico Dinámico con inteligencia - de Plataforma Abierta, producido por la compañía ROBOTIS en colaboración con el Tecnológico de Virginia, la Universidad de Purdue y la universidad de Pensylvania. Este robot es una plataforma robótica de investigación, es un robot completo con un hardware robusto en el cual se pueden probar los algoritmos o sistemas desarrollados para robótica, este robot ha tenido una gran participación en la competencia internacional RoboCup en diversas categorías y es debido a su flexibilidad que es utilizado como un proyecto teatral, en el fútbol robótico o robot asistente (Guizzo, 2010).

hacer uso de estos robots. Este sistema funciona bajo la lógica de la animación: se le da al robot la orden de grabar el movimiento, entonces un operador lo manipula con las manos, como si fuera un bailarín a quien se le describe un movimiento, y después el robot lo reproduce; si se le da la orden de agregar un movimiento este se suma a los anteriores y así se pueden sumar capas de movimiento hasta lograr la secuencia completa de una escena (Saltz, Theater, engineering to meet in UGA's 'Commedia Robotica', 2012).

Hay un pequeño clip de video en el que interactúan el Darwin-Op llamado Zeeb Zob y el Dr. Saltz dentro de un teatro. Zeeb representa un par de personajes de la commedia dell'arte, una forma clásica del teatro italiano, los movimientos del robot son muy rígidos y su expresión facial nula, aun así en una mezcla de asombro y humor al ver al robot actuando, se logra dotar de expresividad a Zeeb Zob<sup>26</sup>. Según el mismo Dr. Saltz una de las mayores limitaciones de la mayoría de los robots es su falta de expresividad en el rostro, ya que el grueso de los robots no tienen mecanismos de expresión facial y sólo pueden mover la cabeza, entonces lo que se hace con estos robots humanoides es compensar con una mayor expresión corporal, con la cual tienen muchas más posibilidades de movimiento, en algunos casos mayor que las de un cuerpo humano.

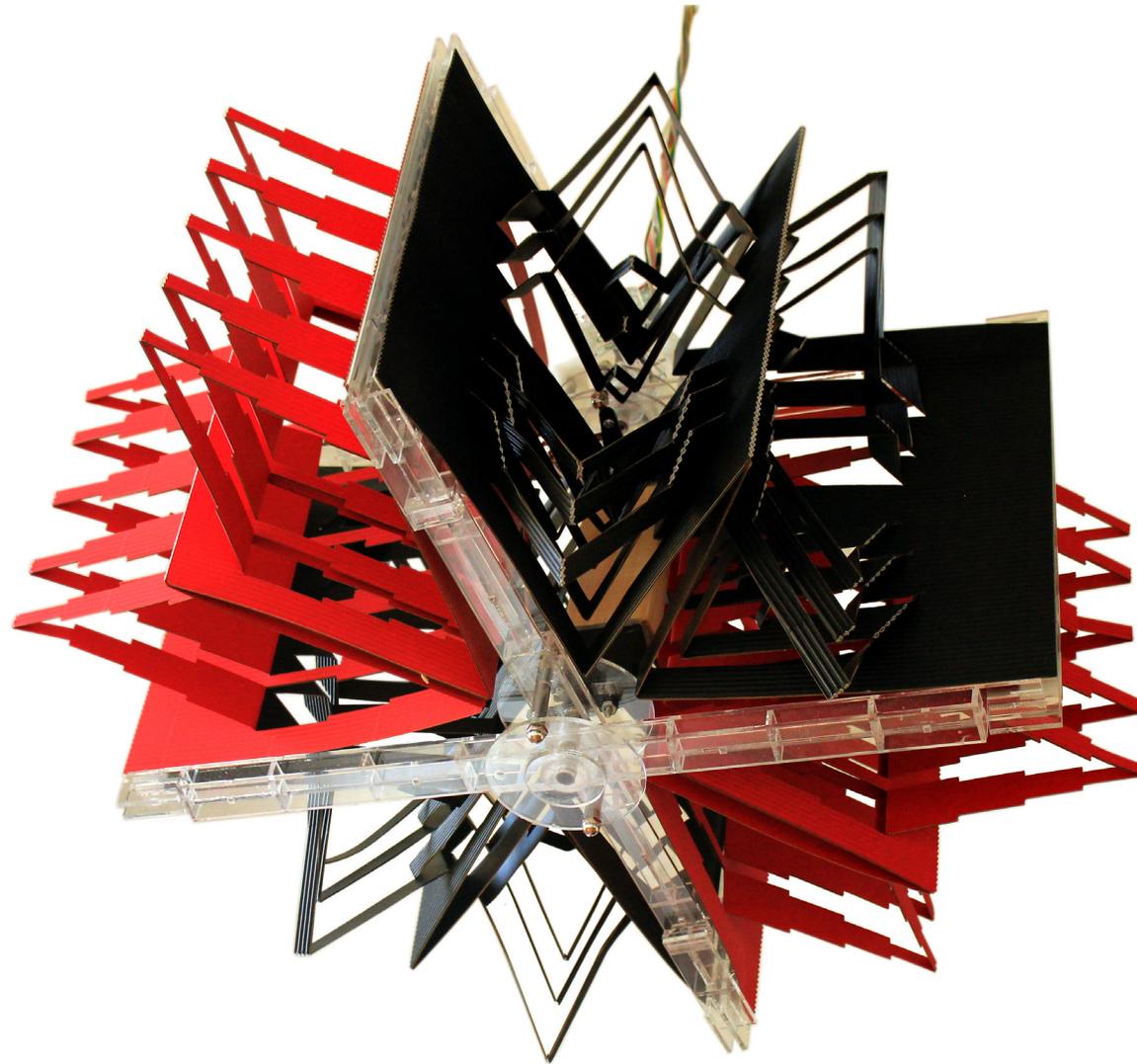
Ir a:



A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**  
INTERFAZ

<sup>26</sup> El video se puede encontrar en: <http://www.youtube.com/watch?v=gumJZEde3jg>

## BICHOS PROXÉMICOS V 1.0



*Ilustración 27- Módulo de Bicho Proxémico*

Según E. T. Hall (Hall, 1996) la proxémia: es la interrelación de observaciones y teorías acerca del uso que hace el hombre del espacio como una elaboración especializada de la cultura. La pieza la llamamos proxémica precisamente porque reaccionaba con su lenguaje corporal a la cercanía de las otras personas, que es básicamente de lo que se trata la proxémia, la forma en la que hemos estructurado el cómo nos movemos y relacionamos con el espacio social, es decir que tanto nos acercamos a la gente de qué forma y bajo qué condiciones lo hacemos.

Bichos Proxémicos V.1.0<sup>27</sup> es una instalación robótica interactiva, está pensada como unidades modulares sensibles que forman una comunidad de bichos cibernéticos que reaccionan a su entorno según lo que perciba su sistema sensorial. Este sistema está formado por un par de sensores ultrasónicos ubicados en la parte anterior y posterior del bicho. Con estos sensores el bicho puede saber si está solo, si es observado de frente, por atrás o si se encuentra rodeado. Estas condiciones detonan una de sus cuatro conductas definida por una maquina de estados (FSM por sus siglas en ingles) programada en un microcontrolador Arduino Uno.

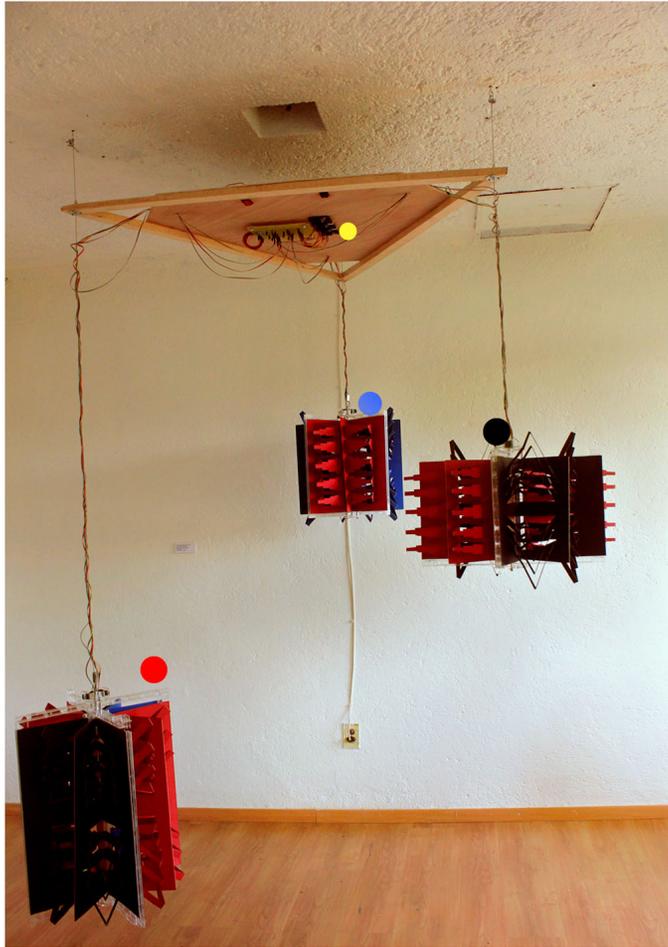
1. En ausencia de personas a su alrededor o si las personas están lejos tiene un movimiento tranquilo y rítmico como si respirara relajadamente el cual hemos llamado *homeostasis*.
2. Si los sensores encuentran a una persona de frente, el *bicho* reduce el ángulo de sus movimientos y los acelera un

poco, simulando una actitud de atención sobre el observador, a este comportamiento lo llamamos *observa*.

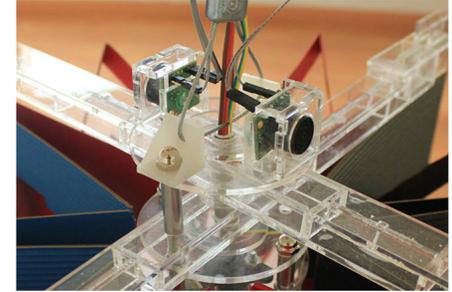
3. Si sólo el sensor trasero detecta a alguien, el *bicho* se abre de forma entrecortada, se mantiene abierto al máximo un par de segundos para después cerrarse rápidamente como si suspirara, a este comportamiento le llamamos *nervioso*.

4. La última reacción que le programamos fue la que llamamos *sobrevive*, ésta se activa cuando ambos sensores perciben la presencia de alguien, es como si el *bicho* estuviera rodeado, entonces se abre y se cierra de forma aleatoria en diferentes tiempos dando una apariencia caótica y agresiva.

<sup>27</sup> Bichos Proxemicos V. 1.0 fue diseñada y producida por el grupo artístico TentaModulor(); conformado por el diseñador industrial Ivan Acosta y el escultor Joaquín Roberto Díaz Durán.



- Individuo cibernético modular
- Sensores ultrasonicos (sentidos)



- Cubierta de carton corrugado con pop up (piel del bicho)
- Circuito y microcontroladores Arduino Uno (Sistema nervioso y cerebro)

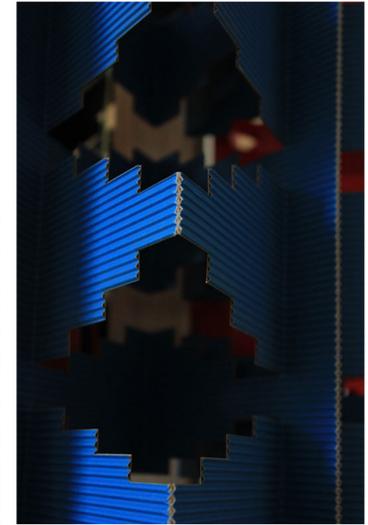
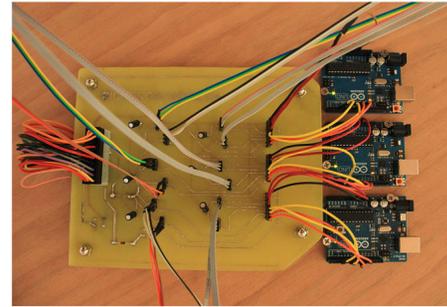


Ilustración 28- Partes que conforman la obra Bichos Proxemicos V.1.0

La forma en la que nació esta pieza es una parte esencial de la misma, ya que es la primer pieza que ambos creadores realizamos dentro del ámbito del arte robótico. Para este trabajo los integrantes de TentaModulor(); nos reunimos con el pretexto de realizar otra pieza basada en un video mapping en tiempo real sobre una hoja de madera calada la cual giraría mediante un motor sobre su propio eje, las imágenes proyectadas en la superficie se ajustarían al calado mientras este fuera cambiando de posición. Lo importante de ese trabajo preliminar fue que comenzamos a hacer bocetos y a arrojar ideas sobre lo que nos inquietaba. No sabíamos que queríamos hacer, pero teníamos claro cómo lo queríamos, que cosas queríamos utilizar y dentro de que área pretendíamos que se insertara la propuesta.

Ambos teníamos la inquietud de realizar una obra de arte electrónico y queríamos poner a prueba lo que habíamos aprendido aplicándolo a la creación de una pieza que ninguno de los dos podría haber realizado solo, ya que la idea final no se parecía a lo que cada uno había pensado individualmente de la obra. En esta obra ambos arriesgamos mucho en el sentido de que nadie trabajo en el área en la que era experto. Ivan Acosta se encargó de la parte estética-visual y la estructura mecánica de la obra, yo me encargué de la parte electrónica y la programación. Esto significo salir de nuestras zonas de confort para llegar a lugares que queríamos pero nunca habíamos transitado, al menos no por completo.

Esa obra es Bichos Proxémicos V. 1.0, hemos enumerado la obra con el número uno haciendo referencia a un programa de

cómputo o a un robot el cual es susceptible de ser mejorado, actualizado o en general transformarse en otra versión de sí mismo.

Cuando empezamos a trabajar arrojamos ideas acerca de lo que queríamos hacer y de lo que deseábamos alejarnos. En un principio pusimos sobre la mesa de trabajo los siguientes conceptos: interactividad, presencia o percepción, movimiento, escultura e instalación. Algunos de los materiales que queríamos utilizar: microcontroladores, sensores, metacrilato. Los procesos que nos interesaban: programar, modelar en 3D, cortar en láser.

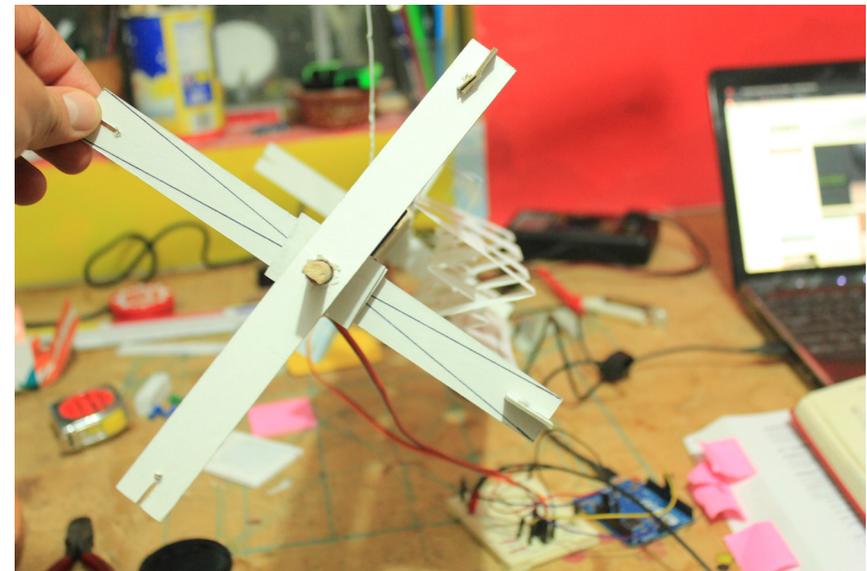
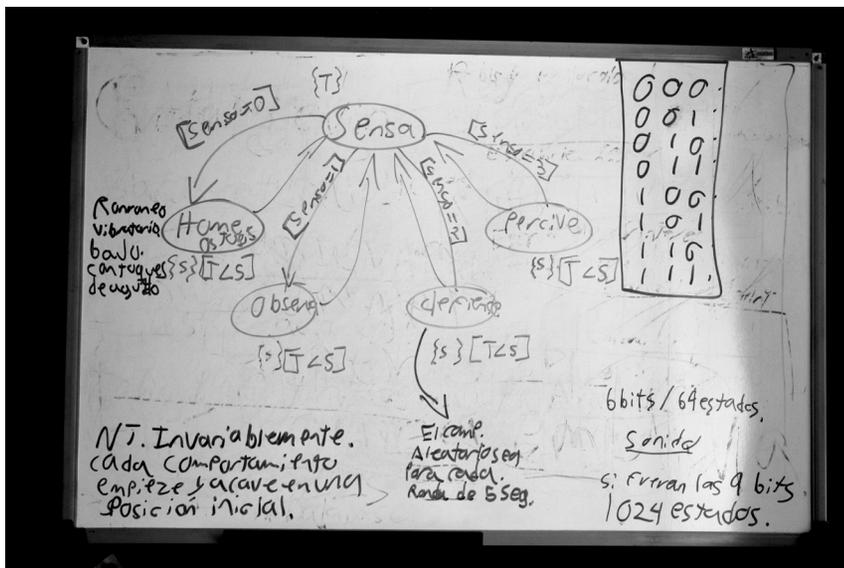


Ilustración 29- Primer boceto del bicho proxémico.

Pensamos que la idea de un pequeño animal, mínimo como un protozoo que tuviera funciones básicas como moverse y percibir su entorno nos podría servir, en vez de tratar de hacer una gran y compleja pieza, con miles de motores y sensores pensamos en atacar en esta primer obra un problema muy sencillo pero que su contenido y su forma fueran atractivas y pudiéramos hacer una buena propuesta con ello. Como íbamos a trabajar con unidades simples decidimos que fueran modulares, basadas en la misma estructura base y a partir de allí modificar diámetros, alturas, colores y diseños de las superficies. En ese punto surgió la idea de la colonia, nuestro modulo podría ser muy sencillo y su control no tan complicado (aunque fue un reto), ya que teníamos solo un grado de libertad en sus movimientos, dado por dos servomotores y solo había que revisar la lectura de dos sensores.

La idea de hacer la pieza modular le dio mucha flexibilidad a la obra, ya que se puede instalar un solo modulo o 50 o 100, dependiendo del espacio donde se presentara la obra y del presupuesto disponible. El comportamiento de un solo bicho seria individual, pero si hubiera mas se haría de forma grupal como un enjambre o un banco de peces. Cambiando el sistema individual de sensores por uno que censara el ambiente alrededor de la colonia.

Un elemento muy importante en la pieza, y una parte que le suma flexibilidad, es que los comportamientos de los individuos o la colmena cibernética se programan en los microcontroladores en esta versión pero inclusive si fuera necesario un procesamiento mucho más complejo se podría hacer en una computadora. Estas piezas son dinámicas, no hay una forma estática en la que deban ser instaladas, sus comportamientos pueden variar.



Otra de las ventajas de trabajar con tecnología en este momento histórico, es que hay una gran gama de posibilidades. Pensamos como una de las posibilidades para Bichos Proxemicos V. 1.5 que podría haber dos colmenas gemelas en diferentes galerías, que inclusive podrían estar en diferentes países. Los sensores de una disparara los movimientos de la otra y viceversa, así el movimiento de la colmena sería el reflejo de la percepción de las personas en otro sitio, de alguna forma podríamos percibir a las personas del otro lugar mediante la colmena en nuestro sitio.

Ilustración 30- Representación del algoritmo de la máquina de estados de Bichos Proxemicos V. 1.5

Vemos en esta obra que tiene un carácter modular y programable una plasticidad interior que le hace posible cambiar su forma y su concepto, la vuelve a nuestros ojos un intérprete de la obra real, escrita en código computacional y el diseño de su montaje. Es como dividir la obra en dos partes el ejecutante que en este caso es el robot que compone cada modulo y la composición, el código fuente y el diseño de instalación. Esto la asemeja a un guión de teatro o una obra musical.

En esta obra experimentamos con el medio poniéndonos a prueba para ver qué tanta expresividad podíamos alcanzar, queríamos crear una experiencia interactiva en la que usuarios exploren las reacciones de la obra. El objetivo de la obra es hacer que los observadores puedan entablar una relación con esos pequeños cíborgs mediante sus movimientos, es decir dialogar con ellos y crear una sensación de empatía.

Esto la convierte en una obra dialógica en la que se busca generar un proceso de comunicación entre el usuario (hombre) y la máquina, donde no solo es importante que el dispositivo reaccione, sino generar un proceso de interacción más profundo en el que se pueda crear cierta empatía. La producción de la pieza fue un reto, pero la interactividad es la parte más difícil de lograr ya que se ponen en juego los mecanismos internos de la pieza, su programación, y los mecanismos externos, su apariencia. Todo esto conforma la interfaz de la pieza.

Así, inclusive en el caso de montar la obra como se menciona antes, en dos sitios diferentes, hablaría de un proceso tele-proxémico,

haciendo una analogía de la telepresencia que Edauro Kac (Kac, 1999) ha explorado en muchos de sus trabajos. En los que explora los procesos de comunicación dialógica a distancia, buscando que sirva como plataforma en la que se puedan experimentar diferentes procesos de comunicación entre los usuarios.

En esta pieza además podemos ver otra de las características del trabajo artístico de nuestra época, el arte se vuelve interdisciplinario y se realiza por módulos. Nosotros creamos el concepto de la obra uno a uno, debatimos qué ideas nos gustaban, que conceptos de nuestra investigación se ponían en juego. Imaginamos el comportamiento de la pieza, su apariencia, los materiales y después nos dividimos el trabajo en las partes que nos resultaban más atractivas y éramos expertos (siempre la dinámica creativa podría ser a la inversa) Iván se encargo de diseñar toda la parte estructural y la apariencia de la pieza la cual tiene una gran importancia ya que esta capa de la obra es con la que va a interactuar el público, yo resolví la parte electrónica y de programación la cual da a la pieza sus capacidades interactivas y define sus movimientos.

Con el desarrollo de esta obra nos confrontamos con el trabajo interdisciplinario, que cada vez es más común en las artes plásticas. Esta estructura de trabajo es mucho más cercana al trabajo en el teatro, al de un laboratorio o un despacho de arquitectura que al trabajo basado en la figura del *genio creador*. El trabajo en solitario del genio-creador de autoría única, me parece a título personal, poco eficiente y anquilosado para este tipo de proyectos, ya que la misma estructura interna que componen este tipo de obras exige otros métodos. En estos proyectos se utiliza todo el tiempo



bibliotecas de códigos de programación, programadas por otros, se necesita asesoría de diversas áreas y entre más diverso sea el equipo de trabajo más orgánica podría llegar a ser la obra.

A demás está claro como se han empezado a conformar los equipos de trabajo en esta área, mas como estudios, apéndices de laboratorios, equipos de entusiastas de diferentes disciplinas, ingenieros y científicos interesados en el arte pero que asumen sus propios saberes y artistas que se ven cortos por los saberes heredados hasta ahora por la tradición y las corrientes artísticas del siglo XX.

Las formas están cambiando y un nuevo panorama creativo se está conformando.

Así cómo pasó con el cine, que conformo su propio lenguaje a partir de la experimentación y la producción fílmica. En el arte electrónico se está conformando un área propia con sus cualidades estéticas. Como muestra podemos tomar el festival *Ars Electrónica*, el concurso *Vida*, los centros de arte y nuevas tecnologías como el *ZKM*, *el IRCAM*, *el Media Lab* del *MIT* ó los programas académicos que se están implementando en muchas universidades como el *MIT*, *Carnegie Mellon University*, la *Universidad de Hong Kong* etc. Esto habla de la emergencia que ocurre entre las dos disciplinas, arte y ciencia que se ve forzada a generar una ampliación de sus áreas y generar una nueva estructura.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**

CÓDIGO

INTERFAZ

## DISERTACIÓN SOBRE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE

El esfuerzo por integrar a los robots en el teatro (Véase Zeeb zob interfaz robótica de actuación, página 62) nos habla del tipo de medios que se están desarrollando y utilizando en las artes, pero en contraste con esa visión de herramientas y técnicas que algunas veces predomina en las artes visuales y en la cual se basa parte de la expresividad y concepto de la obra. Así como la introducción de la soldadura autógena y del arco eléctrico que transformo la escultura en el siglo XX, para ser más claros, todos los procesos industriales que se han utilizado en la escultura desde los Constructivistas rusos hasta los Minimalistas Norte Americanos. En apariencia la introducción de estas técnicas industriales solo hacían más eficiente un proceso que siempre ha existido, pero en realidad no cambiaron solamente el proceso, al cambiar las formas concebidas desde la etapa de bocetos se tenía que pensar en el proceso con el que se realizaría la pieza y esto transforma conceptualmente la obra. Un ejemplo claro es Richard Serra y su lista de verbos<sup>28</sup> en la cual no solo habla de los procesos de realización de sus obras sino como estos procesos modifican de fondo el planteamiento mismo de las obras.

Un fenómeno similar pasa ahora con esta nueva actualización de saberes, pero ya no se habla sólo de un proceso, si no de adentrarse por completo en tópicos de investigación de otras disciplinas. Por ejemplo la robótica se crean proyectos híbridos que exigen del artista preparación en ambas áreas y la conformación de un equipo de trabajo integrado por gente que proviene de diferentes áreas.

El lenguaje del *arte electrónico* está más cerca de la ingeniería que del arte en cuanto a la forma cómo se produce. El uso de esta tecnología ha arrojado al arte nuevos temas, que surgen de los tópicos de investigación propios de las ciencias y otras disciplinas que son observadas por los artistas. Además de diferentes temas se han agregado por las particularidades mismas de los sistemas utilizados, nuevas características en el arte, cómo interactividad, virtualidad, comportamiento, geoposicionamiento, rastreo, visualización en tiempo real, realidad aumentada etc.

Para hacer más accesibles las aplicaciones de estas áreas y también por motivos comerciales se desarrollan interfaces que hacen mucho más accesible y amigable el manejo de estos dispositivos tecnológicos, que sin duda permitirán introducir en propuestas artísticas estos artefactos de forma fácil, casi como usando Photoshop, lo cual creará nuevas posibilidades en las propuestas artísticas.

A pesar de esta condición que a la larga hará accesibles a todos, el uso de la tecnología, me parece indispensable conocer el medio desde su interior. Esto nos permitirá, en primera instancia, conocer su funcionamiento y desvanecer esa aura mágica que muchos artistas vemos en los sistemas tecnológicos, que está causada por ignorancia. Por otro lado, al interior de estos sistemas hay elaborados modelos matemáticos, que derivan de algún paradigma científico. Podemos decir que en estos objetos se concentran decenas de líneas de investigación, cada una de ellas muy rica en su desarrollo. Este conocimiento es importante, pues si omitimos

<sup>28</sup> Véase EL PRIMER GRAN SALTO pg.39 donde se habla sobre la lista de verbos de Richard Serra.



esto seguiremos pareciendo niños asombrados por las sombras en la pared. Al mismo tiempo nos perdemos de una gran riqueza que puede ser fuente de inspiración y dar pie a lograr obras de arte más completas, que puedan entender y utilizar la información contenida en el medio así como hacer un comentario crítico de este. En pocas palabras, trabajando con un conocimiento sobre el medio y no solamente utilizándolos como herramientas, podemos aspirar a incidir en el campo de pensamientos de estas disciplinas, al menos. Lo cual puede llegar a ser significativo en la medida en que estas influyen directamente sobre temas tan importantes en el mundo como la guerra, la economía, la vigilancia, las comunicaciones, la transparencia en la información, la privacidad etc.

Estamos históricamente en un punto de inflexión, aunque el arte electrónico no está desplazando a las artes, sí están actualizando los procesos de producción, de la escultura y la pintura por ejemplo con los escaneos e impresiones 3D y la pintura digital. Además se están creando nuevas categorías en el arte que necesitan de otros conocimientos, o al menos estos se deben de tener en el panorama para saber cuáles son las rutas que se deben de seguir en el desarrollo de un proyecto. Esto generara el replanteamiento de las instituciones artísticas y la figura de los artistas que empieza a cobrar forma con la formación de programas educativos como *Arte y Ciencias* de la *Universidad Carnegie Mellon* o *Arte de Medios y Ciencias del Media Lab* del *MIT*.

¿Qué forma ha de tomar todo este flujo? Aún no está escrito. Lo que estamos viendo es la gestación de nuevas formas y categorías tanto en el arte como en las ciencias.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE**

CÓDIGO

ROOM FULL of EMPTYNESS

INTERFAZ





# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PROGRAMABLE

HAROLD COHEN

ROOM FULL OF  
EMPTINESS

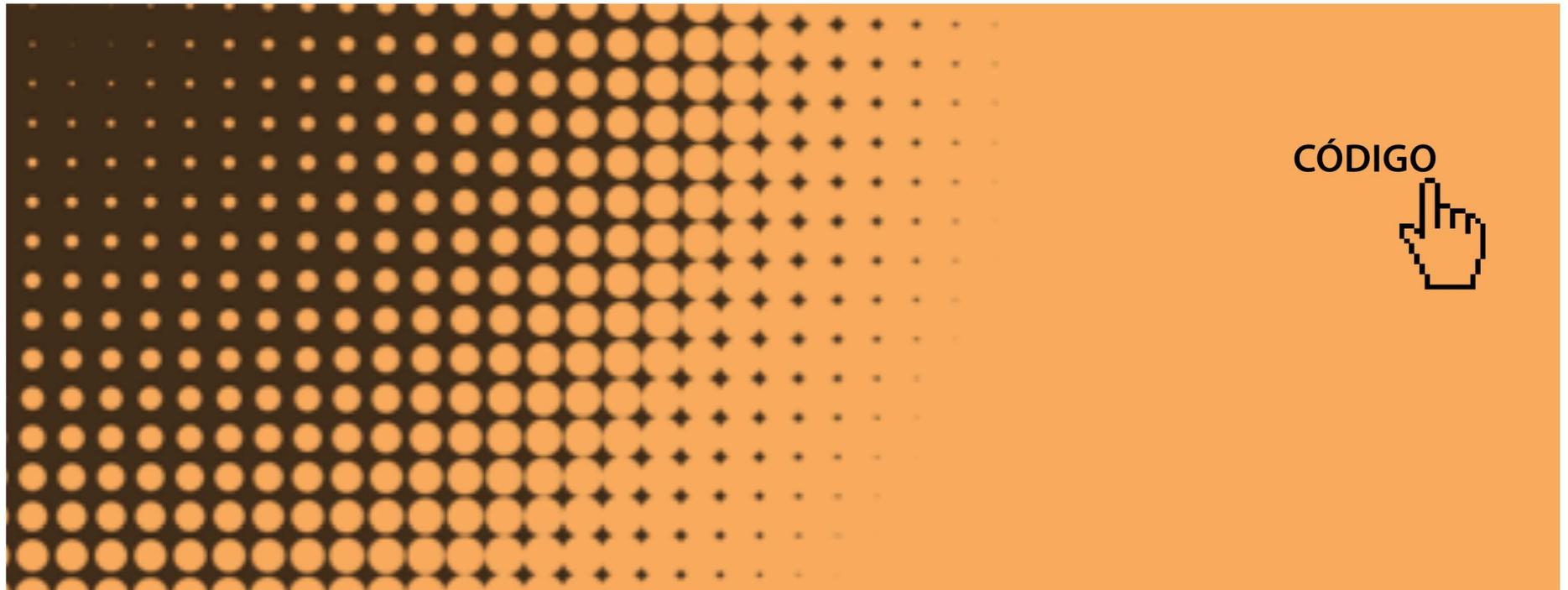
MATRÍZ

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES

TRABAJO  
A FUTURO

CONCLUSIONES

FUENTES  
DE CONSULTA





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

// Este es el  
// lenguaje  
// de los humanos

```
String a;  
String b;  
String c;  
String d;  
String e;  
String f;  
String g;
```

```
a = "Este_";  
b = "es_";  
c = "el_";  
d = "lenguaje";  
e = "de_";
```

```
f = "las_";  
G = "maquinas";  
println(a+b+c+d+e+f+G);
```



Display o doesnot exist, using the  
default display instead  
Este\_es\_el\_lenguaje\_de\_las\_  
maquina

Ilustración 31- La imagen muestra una de las maneras para escribir un mensaje en código de programación, comparado con la forma en la que se escribe para la lectura de otra persona.

## CÓDIGO

*"El código es el lenguaje que tienes para expresar tus ideas de forma en que una computadora los pueda entender."*

Casey Reas, co-creador de Processing<sup>29</sup>.

Las lenguas que hablamos están vivas, cambian de hablante en hablante, si un número suficiente de hablantes durante un tiempo determinado dicen algo de una manera, esta se convierte en una nueva palabra. Hay épocas que dejan huellas en las lenguas, por lo impactante, profundo o decisivo de las cosas que pasaron en ella, como la Segunda Guerra Mundial. Quiero exponer las definiciones de la RAE y del diccionario Cambridge sobre la palabra código:

RAE. Código: "Sistema de signos y de reglas que permite formular y comprender un mensaje" (Diccionario de la lengua española, 2009).

Cambridge. Code: "Un sistema de palabras, letras usados para representar un mensaje en forma secreta, o un sistema de números letras o signos usados para representar algo en una forma más corta o más conveniente" (Cambridge Dictionaries, Code, 2013).

Los significados en ambos diccionarios son muy parecidos, comparten la parte de "...ser un sistema de signos que permiten formular y entender un mensaje", pero hay una diferencia fundamental en la definición inglesa: "...signos usados para representar algo en una forma corta o más **conveniente**". Si ampliamos y buscamos en el Cambridge *encode* encontramos "cambiar algo a un sistema para mandar mensajes de forma secreta ó representar información complicada de forma simple o abreviada" (Cambridge Dictionaries, Encode, 2013). Esta diferencia se la debemos a un pasado no muy remoto que pudo modificar el significado de la palabra, la Segunda Guerra Mundial.

<sup>29</sup>Tomada de la película documental sobre el lenguaje de programación Processing (Ultra-Lab, 2013)

Las computadoras vivieron grandes desarrollos durante la Segunda Guerra Mundial tratando de descifrar mensajes provenientes del enemigo. La batalla entre la máquina encriptadora de los Alemanes *Enigma* y la máquina descryptadora de los ingleses *Ultra* está viva en el lenguaje.

Aunque el código de computación es demasiado esquemático y poco fluido comparado con una lengua hablada, resulta muy eficiente a la hora de hacernos entender por una computadora. Por ejemplo, aunque para nosotros es común algo como alzar el brazo, los factores que están presentes son tantos que no podrían ser descritos de forma fácil: ¿cuántos músculos del brazo, ante brazo, hombro, espalda, cuello y abdomen hacen alguna acción para lograr ese movimiento? ¿Cuántos impulsos nerviosos son mandados? ¿En qué interviene el tacto y el equilibrio? ¿Cuál es el proceso químico que activa los músculos? ¿Por cuánto tiempo? ¿Quién lleva el mensaje a los músculos? ¿Cómo saber que ya se ha hecho? ¿Cómo surgió la orden?... Eso, solo pensando en el caso hipotético de que haya sido una simple indicación, pero el caso podría ser más y más complejo ¡sólo para alzar un brazo!

Imaginemos ahora el movimiento de la brisa solar o la simulación de una colmena de abejas o el crecimiento de una planta. Comparado con esto, el código de computación de los modelos matemáticos de estas cosas no parece ya tan complejo. Aunque se busca tomar en cuenta tantos factores relevantes como sea posible en las representaciones matemáticas que se modelan, siempre será una realidad sesgada.

Estos códigos de computación empezaron siendo cilindros dentados en los autómatas y las pianolas; cables, resistencias, capacitores, transistores y relevadores en las primeras computadoras; terminaron formando un lenguaje, que se convirtió en decenas de ellos, unos más familiares para las maquinas otros más familiares para los humanos<sup>30</sup>.

Con el *Arte Electrónico*, especialmente con las obras que se programan, ya sean robots, interactivos, visuales generativos, arte sonoro o cualquier otra área; podemos decir que su código fuente es la pieza, ya que sin el código del programa esas obras no podrían ni siquiera moverse. Es en el código, ese lenguaje mitad máquina mitad hombre, en el que radican todos los parámetros ante los cuales reaccionarán. Este código es donde reside la obra en potencia ya que al ser ejecutado por el dispositivo y después al entrar en contacto con el usuario es donde el código, como si fueran engranes de una maquinaria se moviliza dándole a la obra su verdadero sentido.

Pienso en los ordenadores, microcontroladores, microcomputadoras y demás artilugios lógicos como actores o instrumentos musicales que interpretan piezas escritas en código computacional como si fuesen partituras o guiones.

<sup>30</sup> Se habla de lenguajes de bajo y alto nivel. Los lenguajes de bajo nivel son más cercanos al lenguaje de las maquinas, basados en operaciones y direcciones de memoria como el lenguaje ensamblador. Los lenguajes de alto nivel son mas familiares al lenguaje que usamos las personas y esto les permite ser más versátiles (González Bustamante, 2007).

Estas obras, entre más digitales se vuelven se convierten en objetos que por ser *programables* no tienen un carácter ni una función tan rígida como una escultura cuya forma está definida de una vez y cuyo tema aunque depende en gran parte de la apreciación de los espectadores está acotado a las formas y colores de la obra. Podemos decir que el espíritu de los dispositivos programables es bastante plástico, por ejemplo el *T-800*: el robot de la película *Terminator I* (Cameron, 1984) está programado para matar a Sara Connor y en las secuelas el mismo modelo de robot fue reprogramado para proteger a John Connor (su hijo) de otros robots –una máquina que es un asesino se transforma en un protector–. Lo mismo pasa con la obra *Apostasis* de Rafael Lozano-Hemmer en la que el sistema de rastreo e iluminación utilizado para vigilancia se niega a cumplir con su papel. Cómo apostatas estos reflectores lo que hacen es negar su sentido original que es el de vigilar y señalar, evitando esta antigua función a toda costa. Estas máquinas carecen de una personalidad rígida, pueden utilizarse para prácticamente cualquier cosa y dependiendo de esto adquieren su carga simbólica. Todo esto es definido por su código de programación.

Mi postura, ante el *arte electrónico*, es que su código representa la esencia de estas obras. En el caso de las obras cuyo soporte final es una pantalla o una proyección, es evidente que el monitor o la pared donde se proyecta no es la obra, inclusive no lo es la computadora. La esencia de la obra está en el código y la computadora es simplemente quien lo ejecuta. En el caso en que haya un objeto realizado explícitamente para ese código, como un robot, el objeto también cobra un valor dentro de la obra.

Esta visión representa un cambio importante en el plano del arte. En una escultura de Alexander Calder no podemos prescindir de su materialidad o separar su valor de las formas metálicas de estas. A diferencia de esto, una partitura musical, o un guión de teatro, donde es muy claro que ese tipo de texto es un código que solo en el momento de ser ejecutado se vuelve arte.

Para traducir una idea en un código lo que necesitamos es separarla en una secuencia de pasos que describan a la máquina lo que esta debe hacer, paso a paso sin olvidar nada. Si esa descripción de acciones omitiera un paso, por insignificante que este pueda parecer, nuestro programa se ejecutara mal. A esta serie de pasos se les llama algoritmo, estos pasos deben de ser tan precisos que su secuencia se realice de forma inequívoca. Pondré un ejemplo ‘cómo desvestir a una cómplice de amores’, ¿cuál sería la serie de pasos lógicos para cumplir con esa tarea?

Este ejemplo podrá sonar raro, pero no es nada vanal, ya que de una situación así se puede esperar que estén implicadas algunas emociones e ideas; todo esto viviría un proceso de excitación, modificación-actualización en términos de que una expectativa se convertiría en una realidad, y todas estas mínimas cualidades podría tenerlas una obra de arte.

// Programa desnudadores

DesnudadorLentamenteAPeticion();

- Respirar profundo
- tronarse los dedos
- sentarse bien (para tener margen de movimiento)
- mirar a la cara a quien este enfrente
- sonreír en complicidad
- Si hay una respuesta afirmativa, aproximarse a la mejilla procurando rosar la piel con los labios
- sentir el calor de la persona
- mientras se da un beso tocar las costillas rosando sutilmente el costado del pecho
- bajar las manos a la cintura sin dejar de tocar
- sentir la textura de la piel sobre la tela
- bajar un poco más las manos hasta encontrar el borde de la ropa
- cortar en beso y permanecer cerca
- si las manos no están frías meterlas debajo de la ropa para tocar la cintura
- Ir subiendo por los costados mientras se toca con la punta de los dedos
- Si la ropa va subiendo, continuar
- Sino intentar de nuevo
- Mientras la tela no llegue a la altura de las axilas seguir subiéndola
- Si la tela llego a la altura de las axilas, pedir que suba los brazos
- Continuar subiendo hasta sacar la ropa
- Tomar la ropa con las manos y bajar los brazos

-Olerla profundamente

- Seleccionar un lugar aleatoriamente y arrojar la ropa
- Espera, hasta que aparezca una confirmación de cualquier tipo, verbal, gestual, táctil o una mirada
- si se recibe la señal continuar con la función

¿Cómo traducir un acto expresivo a código para que pueda ser ejecutado por una computadora y pueda producir una reacción en alguien, tanto el autor como el usuario?

Según Marius Wats, en el filme Hello World! Processing (Ultra-Lab, 2013):

*El código es un lenguaje poco elegante, no muy humano y poco amigable. Lo que uno ve son líneas y líneas de instrucciones, pero cuando son visualizadas es cuando sucede la magia. Tal vez haya algo de elegancia en el orden que presenta el código*<sup>31</sup>.

Lo mismo podríamos decir de una partitura si no supiéramos leerla, o un Hamlet, que aun traducido, si la traducción no es accesible a nosotros no podríamos entenderlo. Toda la complejidad, expresividad, e ingenio se extingue si las maquinas no ejecutan su código y si no somos capaces de ver como es traducido.

Lo que para mí se ha convertido en una verdadera inquietud es como el acto de programar se ha vuelto una actividad creativa, utilizada para expresar posturas, emociones, cosmogonías y para provocar fenómenos estéticos.

<sup>31</sup> Transcripción y traducción del video.

La programación es una forma de hacer arte, según David Bolter y Diane Gromala (Bolter & Gromala, 2006) hay dos formas en la estética computacional, el código y la interfaz. El código es una forma expresiva estéticamente en la que, por un lado, muchas obras hacen uso de él involuntariamente – como mucha de la producción de imagen digital estática ó en movimiento, ya que son imágenes numéricas pero para su manipulación se utiliza alguna interfaz que deja oculta la parte del código– y el código queda muy en el fondo: no tiene un peso real. Por otro lado hay otras obras en las que el trabajo con el código, aunque podría resultar invisible como en Bichos Proxémicos o Autopoiesis de Ken Rinaldo, es un elemento central ya que en el fondo es lo que da vida a esas obras. Es cómo en los videojuegos, que son obras orgánicas, ya que hay un modelado de los personajes, los entornos y los efectos sonoros pero la parte que lo cohesiona todo es la programación. Todos estos elementos quedan subordinados a un nuevo valor, la interactividad de la obra. Es esta la que cobra mayor peso, si esta falla aunque el modelado de las obras este muy cuidado y pueda ser muy atractivo se pierde la potencia del conjunto.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **CÓDIGO**

TEST VOIGHT KAMPPF DE LA EMPATÍA



## ESTÉTICA COMPUTACIONAL

*La clásica definición platónica de la estética matemática describe un placer mental asociado con teoremas específicos y pruebas derivadas. De forma más general los matemáticos relacionan los conceptos estéticos como regularidad, simetría, parsimonia, proporción y armonía. Paul Fishwick (Fishwick, 2006).*

La estética computacional se vale de una visión estética, podríamos decir, mucho más sensorial que la abstracción matemática. Es una visión estética de la computación que no busca la creación de obras de arte sino el diseño de interfaces, modelos de interacción hombre-máquina, visualizaciones de datos y simulaciones gráficas.

Para el arte los afectos, las percepciones y las sensaciones son su materia de trabajo común. Áreas como el diseño de interactividad y las interfaces ergonómicas, buscan usar un lenguaje más natural e intuitivo, para acercar los diferentes sistemas computacionales a la forma en la que percibimos, nos movemos y actuamos. Para esta actividad el arte es particularmente un gran aliado, ya que por un lado una gran parte del arte apunta a los sentidos. Por otra parte incluso el arte conceptual que en algunos casos puede no ser tan sensorial, busca crear una impresión en el espectador o una fisura en su forma de pensar el mundo. Busca ampliar la visión de la realidad de una forma muy particular.

Las visualizaciones y/o simulaciones son una parte importante de la estética computacional. En la medida en que una visualización da forma a una gran cantidad de datos, ya sea generada o capturada del mundo y procesada, nos hace más fácil comprender las relaciones y significados de toda esa información.

Estas prácticas han sido incluidas dentro de las prácticas artísticas como en *The Annual Report* de Nicholas Felton<sup>32</sup>. Es la visualización de los datos de la vida cotidiana de una persona durante todo un año.

La obra *They Rule* de Josh On<sup>33</sup> muestra de forma visual a los directores de los corporativos más grandes de Estados Unidos, dejando visualizar su nivel de riqueza de forma sarcástica, asignando a estos el icono de un hombre de negocios, que entre mayor riqueza posea aparece más obseso. La obra también muestra las interconexiones entre las mesas directivas de todos estos corporativos, desplegando un gran mapa donde se puede observar las diferentes mesas directivas de las que forma parte cada personaje. Mostrando así de forma gráfica y con toda claridad el pequeño puñado de gente que controla el mundo.

En el momento en que se crea alguna visualización u simulación (soporte sensorial) para algún tema de trabajo de la ciencia (cualquiera que esta sea) se crea un vínculo con las artes, para decir esto me baso en que se codifica información de manera sensible, se llena de significado a una imagen o un producto que será recibido por los sentidos. Generar soportes sensoriales para conceptos, creencias e ideas ha sido una actividad del arte desde hace mucho tiempo.

A diferencia del arte donde la parte sensorial construye el concepto de trabajo y hay una gran carga subjetiva, en la ciencia

<sup>32</sup> La obra puede consultarse en: [www.feltron.com](http://www.feltron.com)

<sup>33</sup>La obra puede ser consultada en la página [www.theyrule.net](http://www.theyrule.net)

se busca la objetividad por sobre todo, tratando de dar un orden lógico a la información obtenida del mundo para crear algo que esté relacionado con una realidad entendida desde ese ámbito. Las visualizaciones en este caso se vuelven una representación de la información y su principal objetivo es hacerla más clara y manejable. En el arte no siempre se busca la claridad, muchas veces el concepto de la obra está codificado y se entiende de forma difusa e incluso se busca una multiplicidad de interpretaciones de él.

La estética computacional y el arte están vinculados por esta forma de crear un vínculo sensorial con el objeto. En la medida en que el arte ha incursionado en la interactividad ambas disciplinas crean puentes de comunicación basados en la soportes sensibles, la interactividad y la comunicación.

En un artículo publicado por Fishwick (Fishwick, 2006) propone respecto al diseño de interfaces:

*...acerca de las futuras interfaces deben pensar en jugabilidad, soltura y seducción*

¡Me parece genial! El enfocarse hacia la sensualidad, lo cual lleva a un terreno íntimo el problema del diseño de una interface. La interfaz es uno de los terrenos más fértiles en el encuentro de la computación y el arte.

Ir a:



A CUALQUIERA DE **CÓDIGO**  
INTERFAZ

## ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA

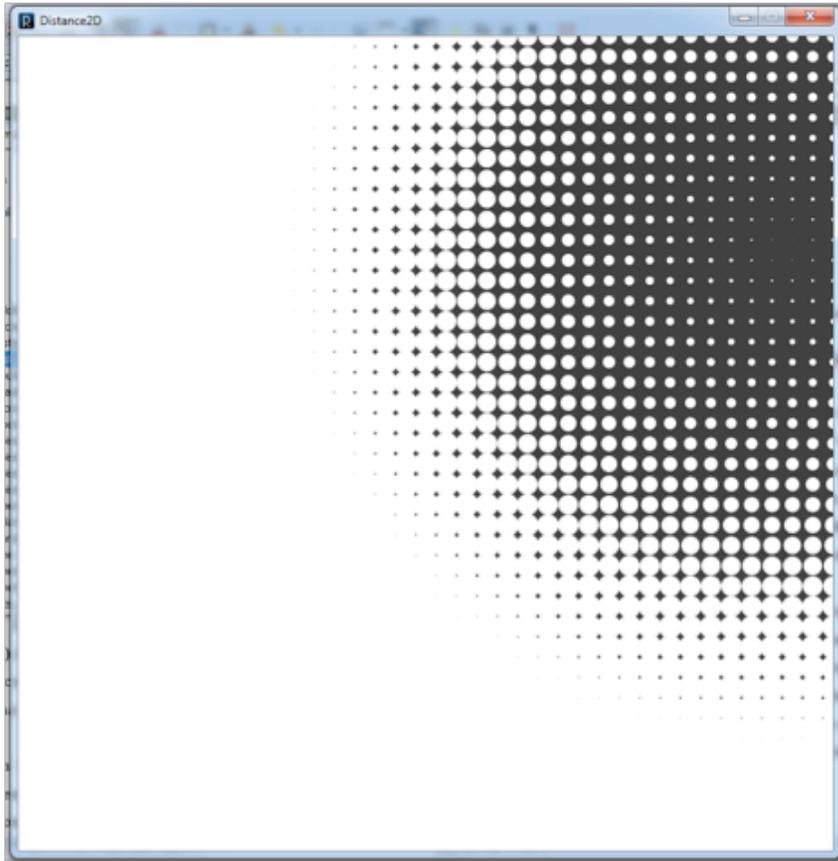


Ilustración 32- Distance2D, captura de pantalla ejecutando el código en processing. 2013.

En Processing por ejemplo la computación es un medio, una herramienta y el tema. Por ejemplo en *distance\_2d* se representa una estructura computacional, *Surface* es la esencia de lo que es una matriz y al mismo tiempo es el tema de la pieza.

El arte siempre ha representado ó visualizado la realidad y la subjetividad; el arte, casi siempre, ha servido a un amo –el estado, el clero, la corona...– y siempre se ha dirigido a diferentes audiencias. Al visualizar a la ciencia, se le da cara a este personaje y es posible pensarlo desde diferentes puntos de vista no previstos: el poder de la visualización nos da la posibilidad de abarcar una más amplia gama de información.

El contacto del arte con la tecnología de ahora no es el de siempre. No es la tecnología en si, es la visión que ha creado del mundo la *cibernética*<sup>34</sup>. Que, como dice Roy Ascott (Ascott, *Behaviourist Art and the Cybernetic Vision*, 2001) es el espíritu de esta época. La cibernética concibe al mundo como un flujo de información, entonces toda esta maquinaria: la ciencia computacional, los ordenadores y las redes se vuelven uno de los personajes principales de nuestra época así como una de las herramientas más poderosas y difundidas. Era obvio que la computadora pasaría al terreno de la representación y lo que estamos viendo es la forma que este nuevo medio, herramienta, lenguaje y poder, ha tomado en nuestra sociedad.

<sup>34</sup> Gordon Pask de la The Cybernetics Society (Pask, 2005) define a los principios básicos de cibernética como: *la ciencia de construir, manipular y aplicar modelos cibernéticos que representan la organización de las entidades físicas (tales como animales, el cerebro, las sociedades, las plantas industriales y máquinas) o entidades simbólicas (como los sistemas de información, los idiomas y los procesos cognitivos)*. La cibernética concibe esos modelos como una lectura del mundo con un sistema que tiene un ciclo repetitivo puede ser manipulado en algunas de sus elementos, observar cómo

Así como cada época genera cánones e interpretaciones de sí misma a través del arte, vemos el nacimiento de las representaciones que genera de sus personajes, su voz, el ruido, su aroma y la forma que cobra en ambos sitios, el de la tecnología que se representa así misma (la estética computacional), el del arte que la representa (arte de los nuevos medios) y los hijos que nacen de este encuentro los cuales todavía no tienen nombre y cuya expresividad todavía balbucea.

Así el código que es el medio con el que nos comunicamos con los ordenadores se está volviendo un nuevo soporte artístico desde el que una obra vive y solo existe en él, vive cuando es ejecutada por un ordenador y en las complejas interacciones que se pueden lograr con el sistema ya sea entre la interacción de un robot y un humano; entre un sistema que administra sistemas de defensa como los drones y los objetivos de sus ataques; entre un usuario de internet que visualiza la obra de net art *They Rule* que nos deja visualizar de forma lúdica la riqueza monetaria de los directivos de las grandes transnacionales de Norteamérica; o el código oculto en los programas de modelado 3D, render y edición de cine que permitieron realizar la súper producción de James Cameron: *Avatar*, una película que con la construcción de una imaginaria magistral que también sirve de vehículo para la transmisión de el discurso político imperialista norteamericano.

Teniendo esta duda acerca de si el código de un programa computacional podía producir una sensación estética le pregunte al

reacciona a esta manipulación, medir los errores en el control y corregirlos para lograr controlar el sistema.

científico computacional Mauricio Matamoros<sup>35</sup> quien me contestó que hay ciertos códigos, escritos de tal manera que permiten ver cómo se desplaza la información de un sitio a otro, y esto realmente le generaba una sensación estética.

Uno de los descubrimientos de esta investigación es que el código de programación se ha vuelto un elemento importante, no sólo como herramienta, sino con sus propios valores estéticos al menos al nivel de la notación musical, la cual es también un código para traducir órdenes que se ejecutan en un instrumento por un músico.

Según Fishwick (Fishwick, 2006) las metas de la estética computacional y el arte electrónico son diferentes. Para él la estética computacional trabaja sobre los componentes centrales de la misma ciencia de la computación a través de una visión tomada del arte para ampliar sus propias posibilidades. El arte electrónico trabaja según él sobre los postulados de la computación utilizándola como medio.

Difiero, ya que las obras de arte electrónico no tienden a retomar temas que históricamente han sido parte de arte sino que se apropian literalmente de ideas surgidas, por ejemplo, de la ciencia computacional para su representación y reflexión. Un

<sup>35</sup> Mauricio Matamoros trabaja en el laboratorio de Biorrobótica de la UNAM y es encargado de programar la plataforma central del robot humanoide Justina, que realiza la comunicación entre todos los módulos del robot.

artista que quiera abordar estos temas y medios no puede quedarse al margen, también deberá incursionar en áreas científicas. En este tipo de trabajos las fronteras se adelgazan y en ciertos momentos no es tan claro definir quienes son artistas y quienes científicos.

Ir a:

- 
-  A CUALQUIERA DE **CÓDIGO**
  -  MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE
  -  TEST VOIGHT KAMPFF DE LA EMPATÍA
  -  HAROLD COHEN, EL PINTOR QUE ENSEÑO A PINTAR A UNA COMPUTADORA
  -  ZEEB ZOB INTERFAZ ROBÓTICA DE ACTUACIÓN
  -  MATRIZ
  -  CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES
  -  MÓDULO DE VISIÓN DE RoFuE
  -  INTERFAZ
  -  VISIÓN COMPUTACIONAL

## EL PROGRAMADOR COMO ARTISTA

*Para mí los videojuegos son la forma de arte última. Es solo el medio más sofisticado, es la suma total de cada medio que ha existido hecha interactiva... ¡eso es increíble!*

<sup>36</sup>  
Phil Fish creador de FEZ

Para hablar del código, como una forma de expresión estética, hablare sobre los llamados *Indie Games* o juegos independientes, partiendo del documental *IndieGame the movie* (Pajot & Swirsky, 2012). En este documental se explora el mundo de los juegos independientes, a través de tres video-juegos –*FEZ*, *Super Meat Boy*, y *Braid*–. Lo que me inspiró de este documental es que mientras escuchaba a los diseñadores y programadores de videojuegos hablar sobre su trabajo me parecía que estaba escuchando a un artista hablar sobre su obra, y todo coincide; ellos elaboran una obra eminentemente visual y sonora; crean las imágenes, diseñan la interactividad, se relacionan íntimamente con su creación, vierten sus vivencias y reflexiones en el video juego, que termina por entretenerse con su vida; hablan de programar como una forma de expresión personal, inclusive están libres -de cierta forma- de trabas temáticas, ya que al no formar parte de una compañía y no ser empleados no están sujetos a las políticas de estas, esto contrasta con muchos artistas y las políticas a las que son ceñidos por sus curadores y galeristas. Hacer un videojuego independiente es una decisión de crear algo en lo que se cree, algo que se ve más

como una forma de placer. Los videojuegos terminados (o casi terminados) se colocan en línea donde pueden ser descargados. Su éxito depende directamente de la aceptación de los jugadores, no hay un gran aparato comercial tras ellos y tampoco un gran aparato de producción.

Ron Carmel (Pajot & Swirsky, 2012), desarrollador de juegos, define a los *Indie Games* como:

*... son cualquier juego creado por un pequeño equipo o una sola persona que trabaja fielmente a su propia visión personal, muchas veces solo hacen algo que deseaban hacer lo programan y terminan.*

De alguna forma son como una compañía de teatro ambulante, expuestos a lo que el público opine de su trabajo, incluidos los tomates podridos digitales arrojados en forma de comentarios en los foros. La comunidad digital puede llegar a ser un poco burda al momento de externar su crítica, pero generan una retroalimentación directa y algunas veces estos comentarios son realmente especializados.

Los videojuegos han formado parte de toda una generación y ahora son parte del imaginario de las personas que pertenecemos a esas generaciones. Sus primeras apariciones fueron como productos comerciales de entretenimiento, que tenían un valor experimental, ya que eran un producto nuevo. En un inicio se dio

<sup>36</sup> Fez es un video juego independiente que utiliza la estética del pixel art, con mundos híbridos 2D-3D, creado por Phil Fish y producido por la compañía Polytro. (Pajot & Swirsky, 2012).



una gran innovación ya que a pesar de ser productos creados para el entretenimiento, conservaban ciertos rasgos distintivos, como en *Super Mario Bros* y *Space Invaders* donde el arte de los juegos era diferente a todos los demás de la época. Tenían su propia producción gráfica, sonora y se programaba su interactividad de forma particular. Con el tiempo estos productos se fueron generalizando y su producción empezó a ser absorbida por el sistema de producción *fordista*. Entonces ese toque particular se fue perdiendo, cómo en cualquier línea ensambladora donde los objetos que se producen no guardan ningún rasgo del obrero o en este caso del programador que lo realizó.

En los video juegos independientes se crea una fisura, se vierte todo un bagaje personal que no podemos hallar en los videojuegos producidos de manera industrial, y se recupera la individualidad del autor, que se hace evidente en todos los niveles de producción del videojuego, desde al arte, el diseño de su jugabilidad y su programación.

En los videojuegos independientes que nos sirven como ejemplo para hablar de cómo una obra de arte se crea desde la programación usamos los argumentos que se han construido aquí. La expresividad personal, el verter ideas propias e ideales en la obra creada y ser una obra que tenga una expresividad particular.

Este fenómeno muestra como se ha dado una emergencia en el plano de la creación de arte, ahora los videojuegos que son obras que no pueden existir sin un programador forman parte del mundo del arte.

Inclusive museos de arte moderno en Estados Unidos como el MOMA han empezado a crear una colección de videojuegos clásicos y artísticos. Según el MOMA estos forman parte del arte, sin ningún cuestionamiento (Russia Today, 2012) .

Veo una gran pasión en los *tecnomantes* que trabajan con maquinas, artefacto y computadoras, tal como no la veo ya muy a menudo entre los artistas, o al menos entre los estudiantes de arte.

En las imágenes (Ilustración 33, Ilustración 34) vemos a John Cage y a Tommy Refenes. Lo que insinuo con estas imágenes es que el lugar que señalo Cage en el arte, cómo el artista que opera una máquina, puede verse en Refenes, cómo el artista que programa un código.



Ilustración 33. John Cage, operando una máquina grabadora de audio, 1981.



Ilustración 34. Tommy Refenes, programando Super Meat Boy. Escena de la película Indie Game: The Movie (Pajot & Swirsky, 2012).

Ir a:

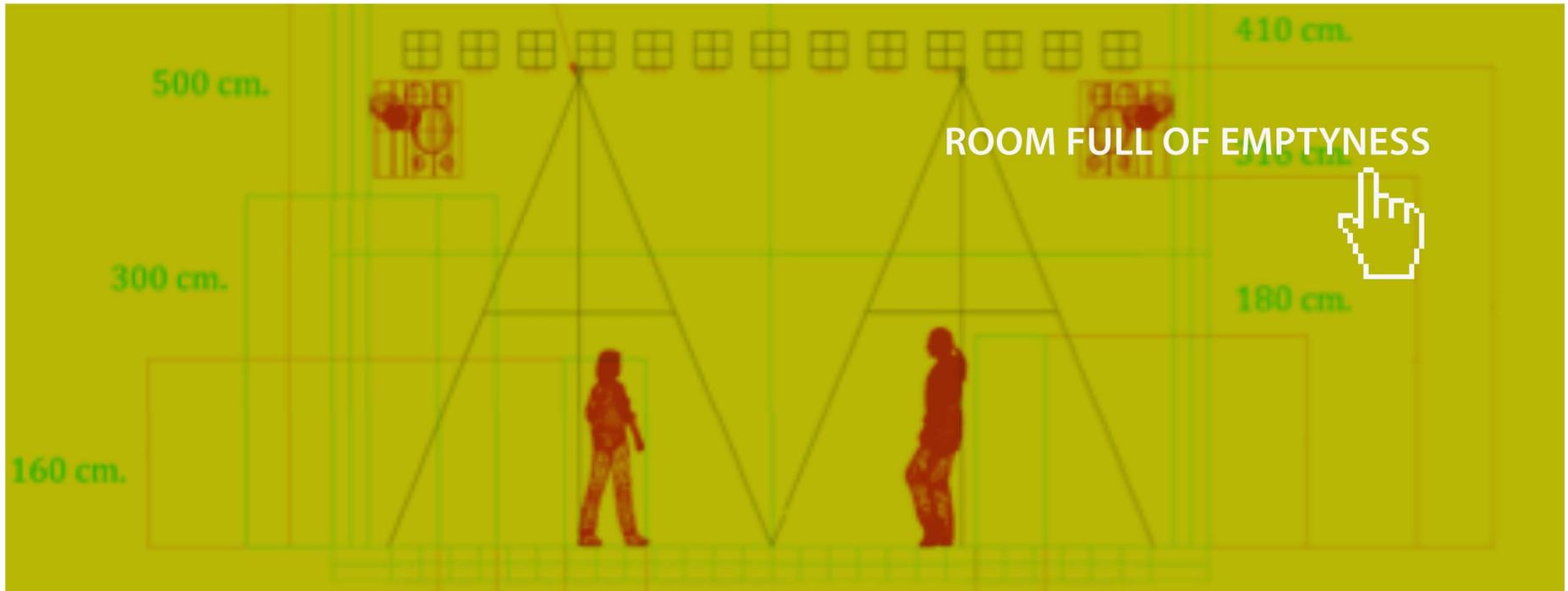


- A CUALQUIERA DE **CÓDIGO**
- EL REGALO DE PROMETEO
- TEST VOIGHT KAMPFF DE LA EMPATÍA
- HAROLD COHEN, EL PINTOR QUE ENSEÑO A PINTAR A UNA COMPUTADORA
- ZEEB ZOB INTERFAZ ROBÓTICA DE ACTUACIÓN
- BICHOS PROXÉMICOS V 1.0
- DISERTACIÓN SOBRE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE
- ROOM FULL of EMPTYNESS
- CONCLUSIONES



# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN	DE LA INGENIERÍA AL ARTE	MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE	HAROLD COHEN	CÓDIGO	MATRÍZ	CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES	TRABAJO A FUTURO	CONCLUSIONES	FUENTES DE CONSULTA
--------------	--------------------------	--------------------------------	--------------	--------	--------	---------------------------------	------------------	--------------	---------------------





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## ROOM FULL OF EMPTYNESS

Al entrar en la habitación la persona encontrara una ligera penumbra y se encontrara rodeada por nada más que paredes negras. Podría ser que la persona solo se asomara y al no ver nada pierda el interés y se marche. Otra persona más curiosa o despistada entraría y andaría por allí sin detenerse y al final saldría. La habitación permanece vacía y silenciosa, hasta que alguien más inquisitivo entra, anda y pregunta que pasa que no pasa nada. En el momento en que él o ella se detienen el espacio reacciona e inicia una secuencia de luces que se prenden por donde paso la persona que esta dentro, mientras diferentes samplers de audio van tejiéndose uno tras otro siguiendo la secuencia de las luces. El recorrido inicia por donde entro la persona y termina cuando llega a su actual posición.

Room Full of Emptyness (RoFuE) es una instalación interactiva híbrida (virtual-real) dentro de un espacio vacío y oscuro, sensibilizado por un sistema de rastreo con cámaras RGB-D<sup>37</sup>, sonorizado e iluminado por una matriz de luces. La instalación se plantea para un espacio de 6 x 4 x 5 Mts.

Está conformada por dos partes esencialmente: el espacio físico de la instalación (la habitación oscura y vacía, con las cámaras, bocinas y luces) y el espacio virtual de la instalación. Este espacio tiene la misma proporción que el espacio real, con la diferencia de que este no tiene cámaras ni bocinas sino una retícula virtual sensible que registra el paso de las personas, memoriza su recorrido, el tiempo en el que lo hicieron y con quienes se cruzaron, reproduciendo el recorrido de las personas con sonidos.

La retícula virtual de RoFuE está formada por células virtuales que contienen diferentes estratos sonoros a los que se puede acceder dependiendo de la altura de la persona y el recorrido que haga en el espacio.

Las cámaras RGB-D arrojan la información visual de la escena en un sistema de visión computacional llamado nube de puntos, la cual no registra la escena como una imagen sino como conjunto de datos que nos da la profundidad de cada uno de los puntos que conforman la superficie de la persona. Esta nube de puntos es la proyección digital de los usuarios en el espacio virtual. Mientras el usuario transita por el espacio físico de RoFuE las cámaras lo transforman en un ser virtual hecho a partir de puntos en el espacio. Estas nubes se procesaran con dos algoritmos K-Medias (K-Means) y Kalman, que forman el sistema de rastreo, los algoritmos se usan para identificar cada cúmulo de puntos como un usuario y no perderle ni confundirlo con otro mientras este en la instalación. Mientras el usuario va cruzando la retícula virtual esta registra cuanto tiempo permaneció en ella, su altura y todas las células de la retícula que fue activando a su paso.

Para entender esta pieza hay muchas formas de abordarla, desde su concepción técnica, los planos de instalación, el lenguaje de programación seleccionado, los algoritmos de rastreo, el módulo de sonido, la retícula virtual, la matriz de luces y el proceso de desarrollo conceptual de la obra.

Durante el desarrollo del proyecto se descartaron soluciones técnicas, modelos de interacción inspirados en arquitecturas de inteligencia artificial y tipos de sonidos.

En un plano técnico se pasó de un sistema de sensores infrarrojos a ultrasónicos, de ultrasónicos a una matriz de sensores

<sup>37</sup> Véase VISIÓN COMPUTACIONAL pg. 156

Láser y finalmente de la matriz Láser a las cámaras RGB-D (Ilustración 75).

En los modelos de interactividad se decidió entre uno inspirado en una arquitectura reactiva la cual no representa en sí misma una inteligencia pero reacciona a ciertos estímulos constantemente, adaptándose a las condiciones cambiantes del espacio y sus componentes, y una arquitectura clásica la cual representa de alguna forma una inteligencia artificial de tipo determinista, lo que significa que las respuestas están definidas de antemano.

Estas decisiones llevan consigo cambios técnicos y por supuesto cambios estéticos que delinear las características del software de la pieza y su hardware constituido por sus sensores (sentidos) y actuadores (sus músculos y órganos de expresión), todos estos componen la forma, su diseño de interactividad y por ende su potencial expresivo y el vehículo de su temática.

El cambiar de sensores altero en primer lugar la capacidad de información que entra en el núcleo de RoFuE y también alteró la expresividad de la instalación. Los sensores infrarrojos y de ultrasonido decían que tan cerca estaba el usuario de las paredes y su altura; la matriz de láseres proporcionaba coordenadas cartesianas, un cuadrante concreto donde estaba el usuario, estos láseres también proveían una matriz de haces de luz que hubieran atravesado la habitación con líneas rojas incorpóreas (este es un elemento expresivo que se descartó por el riesgo que implicaba a los ojos de los usuarios).

Las cámaras Kinect, seleccionadas al final para la pieza, proporcionan una gran gama de información como posición, color, distancias, dirección del usuario... Aunque no se usan para RoFuE de forma expresiva las cámaras Kinect trabajan con diferentes sistemas de captura de imagen los cuales tienen cada uno sus propias características expresivas, el mapa de profundidad (que

registra en gama de grises la distancia a la que se encuentran los objetos de la cámara), la nube de puntos (que utiliza la información del mapa de profundidad para crear una imagen a base de puntos en 3d) y los esqueletos (que son capas de reconocer los miembros y articulaciones en un cuerpo humano inclusive en movimiento). Cada una de ellas comprende un potencial visual y de interactividad diferente.

Decidir entre la arquitectura clásica y la reactiva, que constituirán el núcleo del comportamiento de RoFuE, fue seleccionar de entre dos visiones del mundo:

Las arquitecturas clásicas están pensadas para un entorno controlado en el que las respuestas a los posibles estados del sistema están previstas de ante mano. Esta arquitectura fue escogida porque era más eficaz para representar el concepto de Phantasmata, manejado por Platón en el *Mito de la Caverna* (De Azcarte, 1872). Así como Phantasmata es la imagen del mundo reflejada en el fondo de la caverna, en RoFuE el mundo es representado por la retícula sonora completa, esta se activa solo al ser transitada por el usuario, quien al final solo escuchara una porción de la totalidad de los sonidos, compuesta por su andar y la cual representara el reflejo de este mundo sonoro en su conciencia.

RoFuE arroja al usuario información predefinida pero invocada por la caminata del usuario que puede darle la ilusión de dialogo dependiendo de la complejidad de la retícula virtual la cual es la médula de la obra.

La arquitectura reactiva representa el constante cambio de ese flujo de información y la capacidad de una respuesta en tiempo real. Se estudio el modelo de Campos Potenciales Artificiales en el cual hay tres actores, el robot-individuo, el atractor y el repulsor, la interacción entre ellos modifica continuamente los valores del campo potencial lo que se traduce en un sonido continuo que varía su ritmo, intensidad y tono dependiendo de la interacción entre los usuarios en la habitación.

RoFuE se pensó desde su primera etapa como una obra con muchas capas de significados, apreciando estas capas era evidente que cada una tenía su peso: Estratos sonoros, matriz de luz, retícula virtual, espacio sonoro, arquitectura clásica o reactiva, fluido de información, sonidos de las tecnología, recorrido, imagen del mundo, espacio interactivo...

En vez de limpiar la obra decidí dejarla con todas sus capas, como si fueran pliegues de un drapeo Barroco y conseguir en vez de una obra ideal una imperfecta con muchas capas de información, estas capas pueden no encajar perfectamente unas con otras de forma que se pierde la elegancia, pero esta obra es el principio de trabajo a futuro.

## CONCEPTO CENTRAL DE RoFuE

RoFuE desarrolla el concepto de una visión sesgada del mundo, creada por el recorrido que se hace mientras lo transitamos, observamos y vivimos. Está relacionada con el Mito de la Caverna de Platón. En el mito de la caverna los habitantes de esta solo conocen el mundo por las phantasmatas (imágenes reflejadas en las paredes de la caverna provenientes del mundo exterior), estas imágenes son una realidad a medias las cuales son tomadas como ciertas por los habitantes de las caverna. En el momento en que uno de ellos logra salir de la caverna al mundo exterior se da cuenta de que lo que conocían como realidad no era más que una realidad enfermiza, es decir incompleta, comparada con el mundo exterior.

Al llamar al mito de la caverna quiero hablar de que nuestros sentidos limitados no pueden aprehender la totalidad de las cosas, sino solamente la totalidad de las cosas que percibimos, que experimentamos, por eso en RoFuE solo es posible experimentar los sonidos que están contenidos en la parte de la matriz que activamos a nuestro paso. Mientras se transita en RoFuE y se activan las células virtuales de la matriz, el sistema almacena los datos del recorrido del usuario y al final de este los arroja como una secuencia de sonidos, traduciendo el recorrido del usuario en una secuencia sonora.

La matriz está completamente llena de sonidos pero solo se pueden escuchar por los que se pasa. Esta es una metáfora

acerca de nuestra imposibilidad de conocer el mundo en su totalidad, inclusive pensando solamente en el periodo de tiempo que vivimos solo podemos conocer lo que nuestra experiencia nos permite. La postura de esta pieza (que quedará a consideración de los usuarios que la experimenten una vez que esté terminada) es que esta posibilidad de comprender solamente lo que vivimos es la mejor opción que tenemos, llevo a esta conclusión de la siguiente manera: si RoFuE funciona como metáfora del mundo y solo escuchamos los sonidos por los que transitamos, podemos tener una secuencia sonora capaz de comprender, pero si escucháramos todos los sonidos contenidos en la matriz al mismo tiempo sería completamente ininteligible y apenas distinguible de un ruido.

Hay dos elementos fundamentales para la interactividad de esta pieza:

1-El sistema de rastreo, del que depende la identificación y seguimiento de los usuarios para obtener sus coordenadas (x, y) y su altura (valor en z). Con esos tres datos se alimenta todo el sistema, se puede saber sobre que célula está parado, cuánto tiempo permanece allí y dependiendo de su altura el estrato sonoro al que tiene acceso. Estos tres valores obtenidos por el sistema de visión son la información de entrada con la que trabaja todo el sistema de RoFuE.

2-El algoritmo de la retícula virtual, mediante este algoritmo el sistema decide el tiempo que tendrán los audios contenidos en las células virtuales, que dimensión de sonido será detonada, la secuencia de la matriz de luz y como se comportará ante la presencia de más personas en las diferentes combinaciones

posibles: si caminan juntas, si se cruzan sus caminos, si empiezan juntas pero terminan separadas, si coinciden en el destino final etc.

RoFuE es un *fluido informático* que representa la totalidad de lo que es, la totalidad imposible de aprehender y entender. Solo es posible para un individuo apropiarse de la parte que el mismo recorre teniendo así una visión sesgada. Esta visión es la huella de la voluntad del usuario sobre el mundo. La visión sesgada puede ser complementada con el recorrido de otros, si es que el usuario es capaz de escucharlos y verlos.

RoFuE es una metáfora del mundo que se crea interiormente en cada individuo mientras este lo recorre y de la huella que dejamos mientras lo atravesamos.

RoFuE es también la coincidencia, el encuentro inesperado, se escucha la ruta propia y las de otros, pero si esas rutas se cruzan se modifica el sonido del trayecto y si las rutas convergen en un destino final estas pueden tocar una dimensión vedada para los recorridos en solitario, el bonus track. Si la pieza estuviera llena, con una persona por cada una de las células, no se podría entender nada, sería como escuchar todas las notas de la *Sarabande* de Haendel al mismo tiempo.

Ir a:



- PLANOS
- MATRIZ
- RETÍCULA VIRTUAL
- CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES
- MODULO DE VISION DE RoFuE

# PLANOS

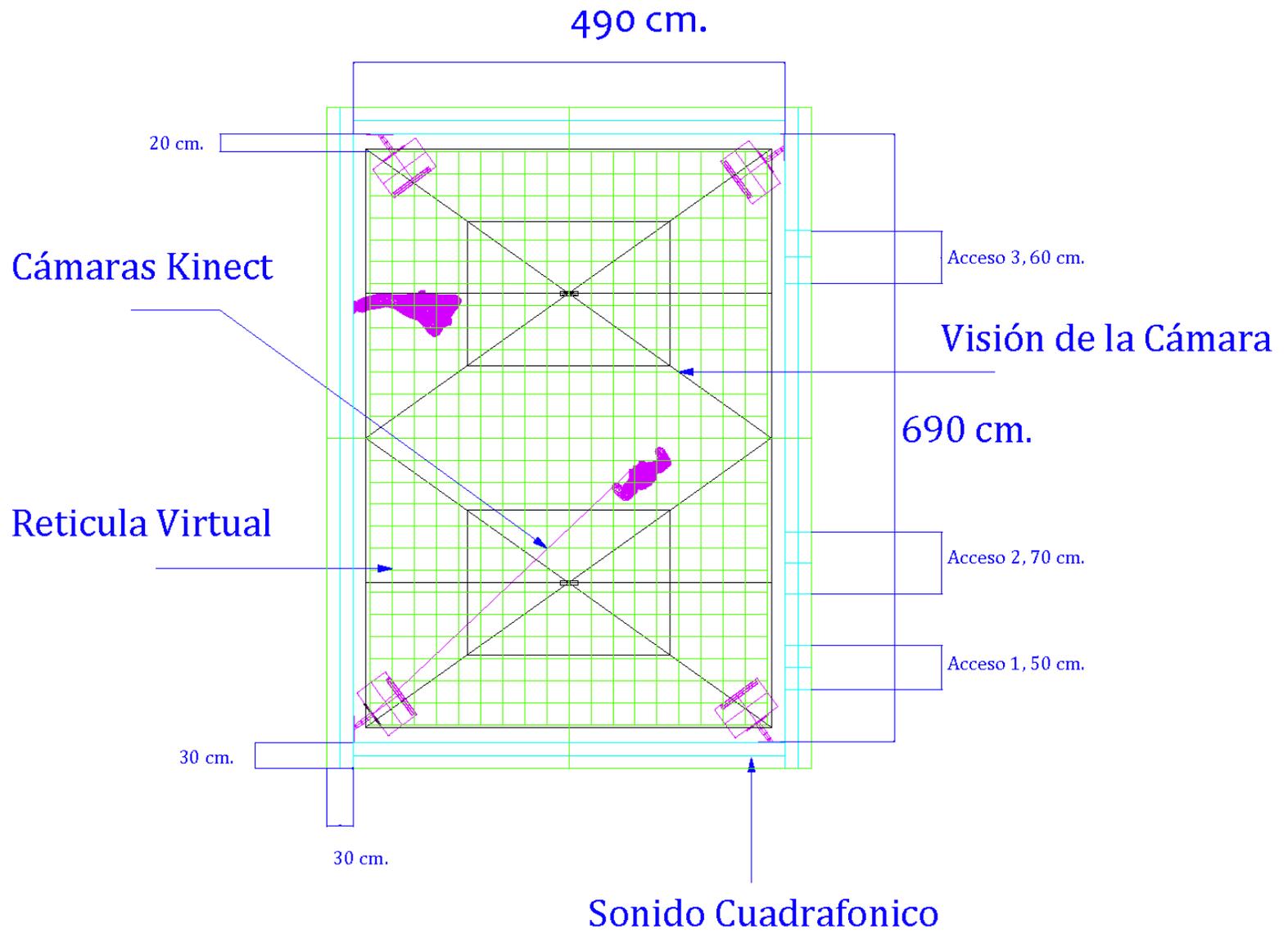


Ilustración 35- Planta, en dibujo de líneas, de la instalación RoFuE.

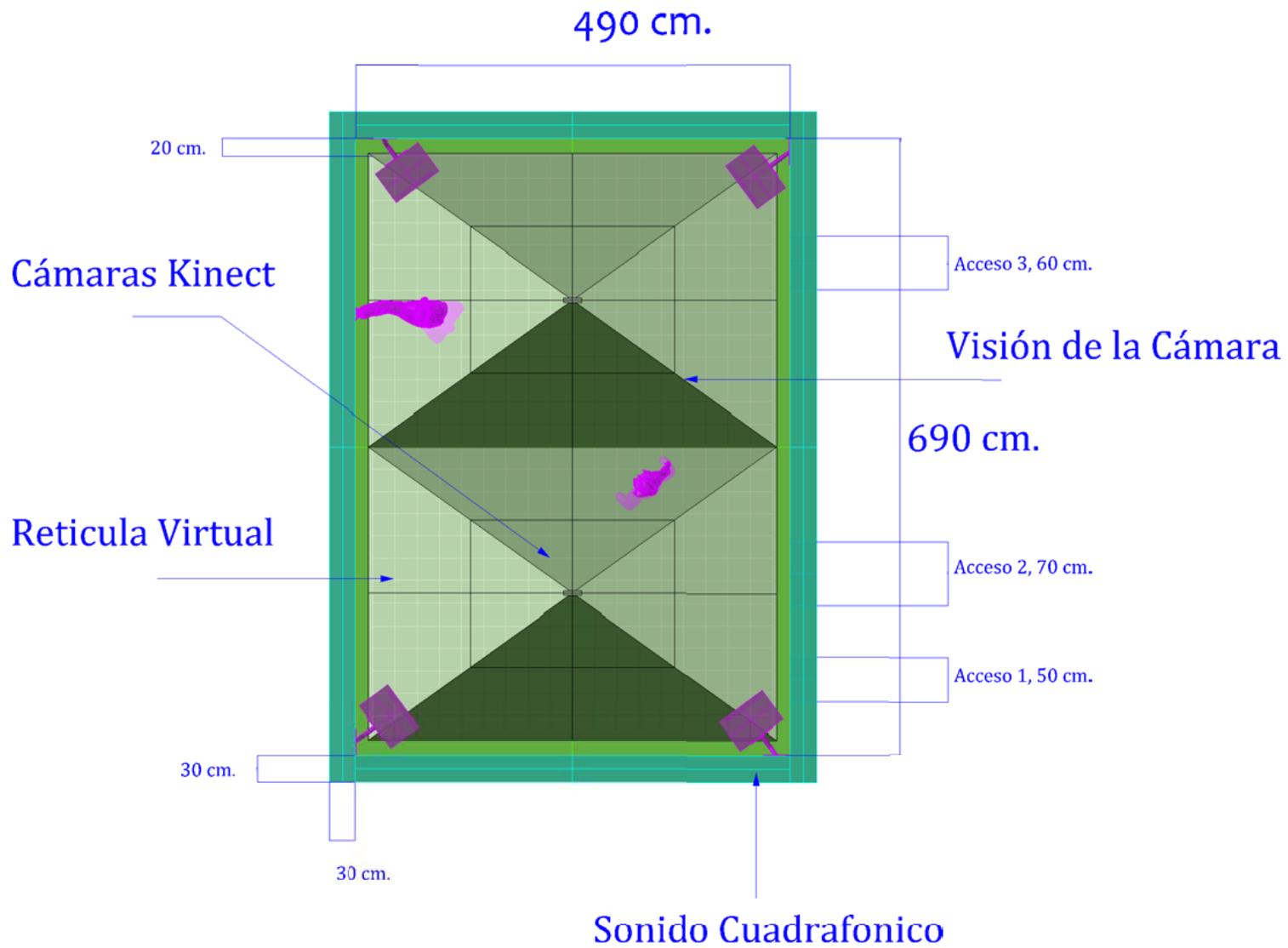
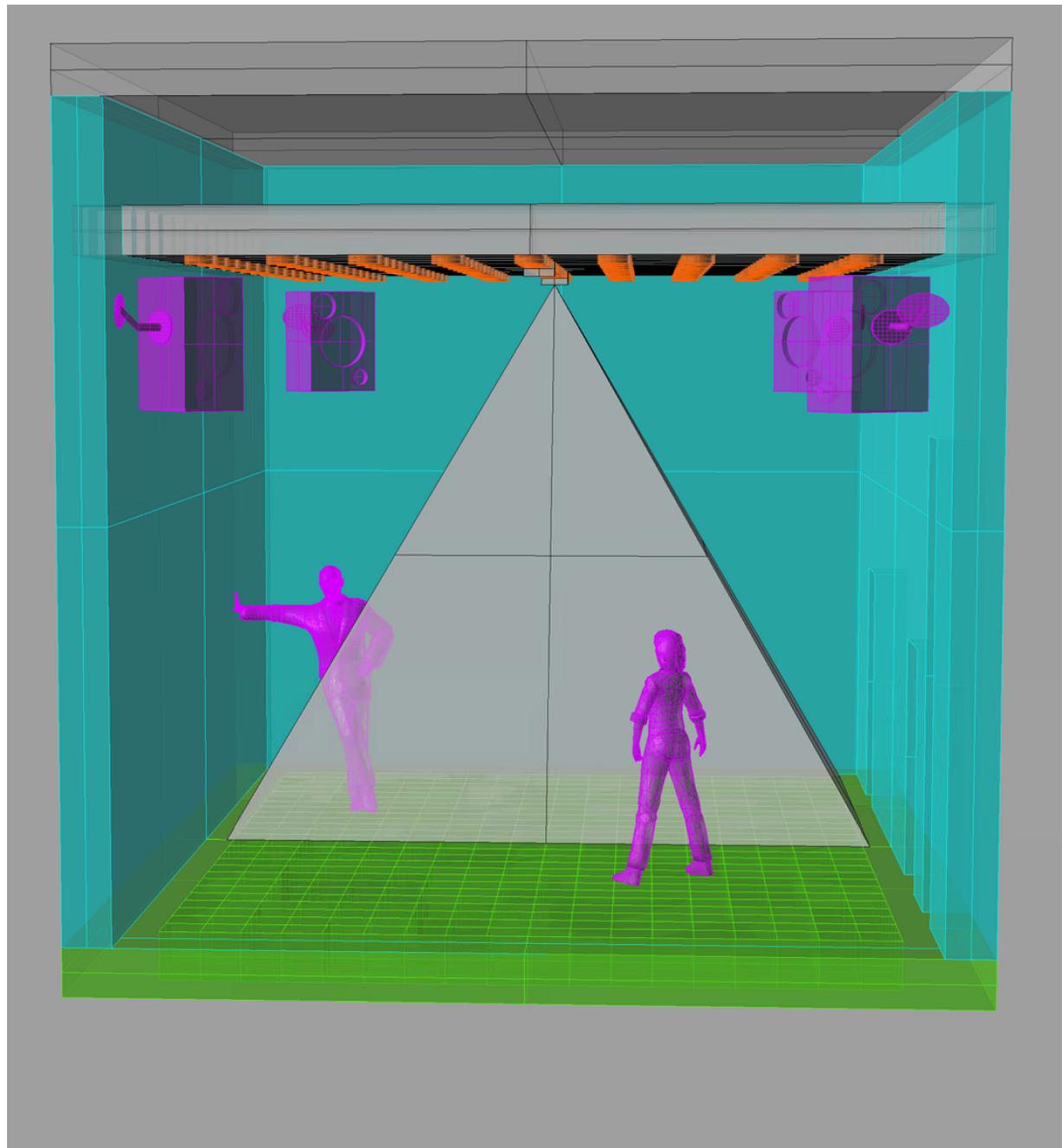
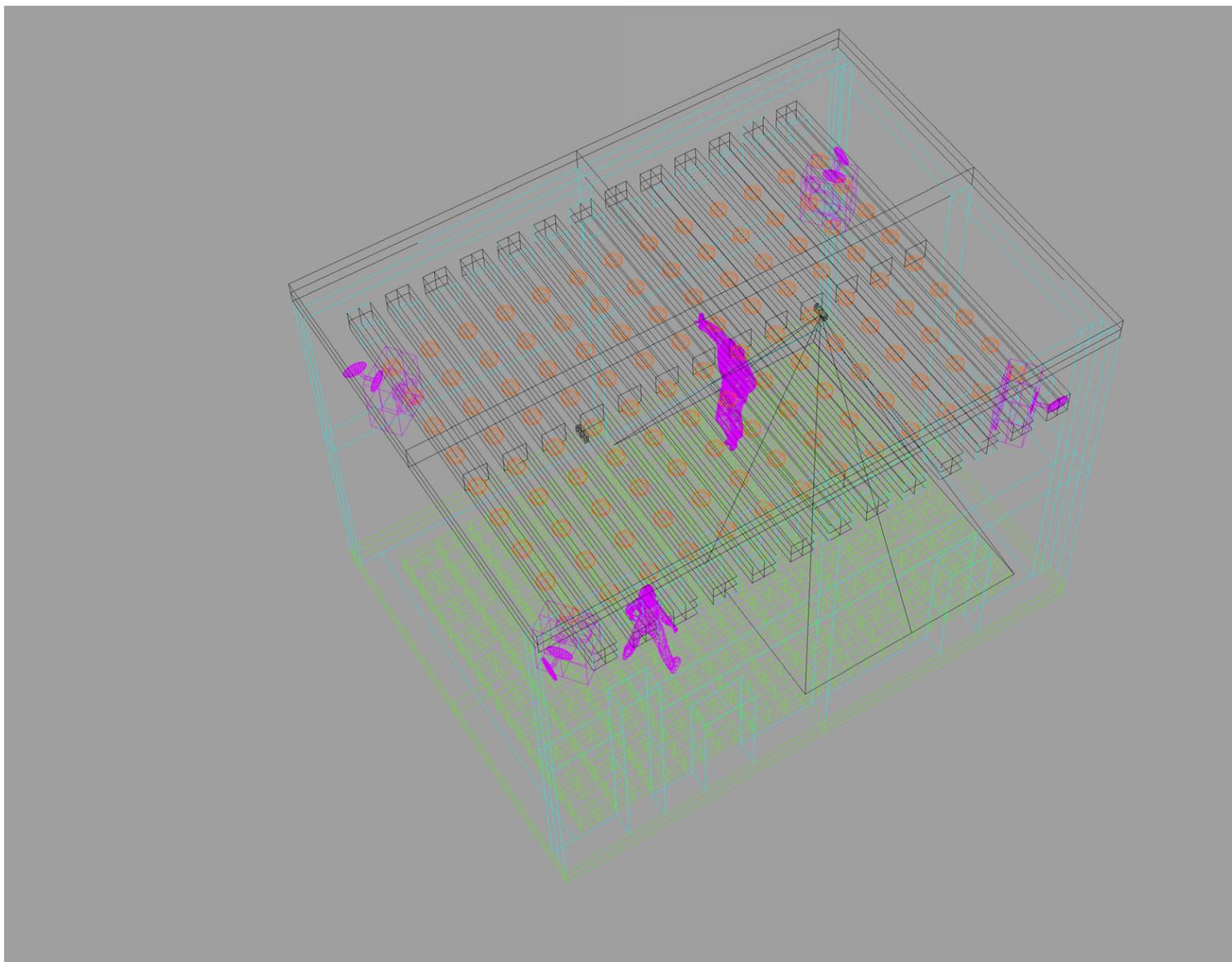


Ilustración 36- Planta, en render, de la instalación RoFuE.



*Ilustración 37- Vista Frontal, en render, de la instalación RoFuE.*



*Ilustración 38- Vista Isométrica, en dibujo de líneas, de la instalación RoFuE.*

Ir a:



ROOM FULL of EMPTYNESS



MATRIZ



RETÍCULA VIRTUAL



CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES



MODULO DE VISION DE RoFuE





# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PROGRAMABLE

HAROLD COHEN

CÓDIGO

ROOM FULL OF  
EMPTINESS

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES

TRABAJO  
A FUTURO

CONCLUSIONES

FUENTES  
DE CONSULTA





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## MATRÍZ



*Ilustración 39- Matriz de trabajo. Imagen compuesta a partir del espacio que porta bocetos y maquetas en su cambio durante la investigación.*

RoFuE se basa en que la habitación donde se instala está vacía, al transitarla se desplaza al aire y se crean relaciones espaciales entre la persona, las paredes, el piso y el techo. Si hay más personas también se crean relaciones entre éstas.

En RoFuE se necesita digitalizar a las personas que transitan por la habitación para llevarlas al espacio virtual en el cual desplazarán el Flujo de datos, en ese espacio virtual las relaciones que se generan son numéricas y con ellas podemos hacer todo tipo de relaciones basadas en modelos matemáticos como el de Campos Potenciales Artificiales (pg.119).

Para lograr ese manejo de la espacialidad era necesario sensibilizar el espacio de tal forma que pudiera producir una interacción sonora más compleja con más posibilidades que las de los primeros bocetos (Ilustración 40) en los que la propuesta solo tenía unos cuantos sensores infrarrojos. Necesitaba más precisión y saber donde se encontraba la persona en la instalación y no solo si estaba cerca de la pared.

La primera opción fue utilizar algunos sensores de proximidad infrarrojos. Después pensé en sensores ultrasónicos que tienen mayor rango y de esa forma RoFuE se fue haciendo mucho más grande. Aparecieron muchos inconvenientes en esta solución, el primero es que se necesitaría una gran cantidad de ellos y son sensores bastante caros, además que podrían interferir entre ellos, la otra solución era hacer manualmente los sensores, lo cual estaba bien pero estos sensores tienen muy poco rango.

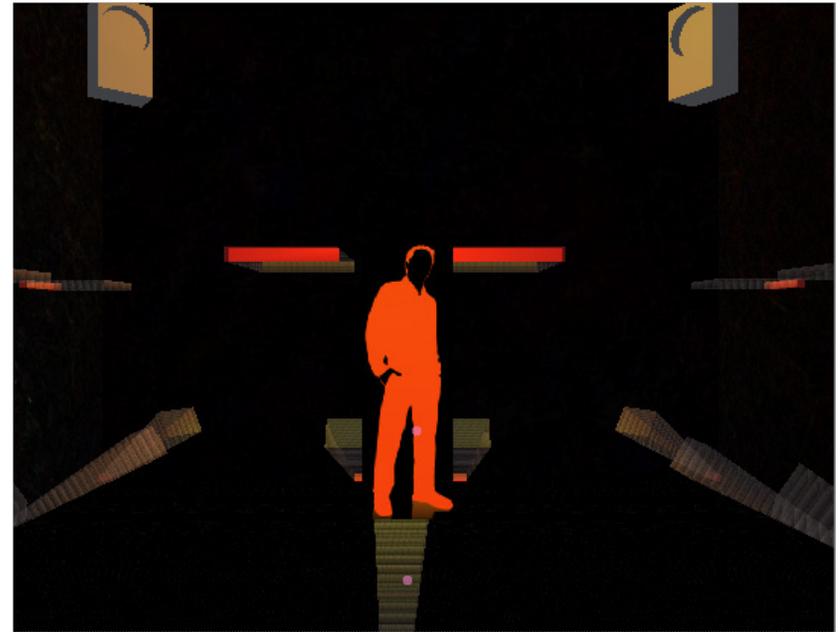


Ilustración 40. Primer propuesta de RoFuE con sensores infra rojos.

Este proceso sucedió mientras me encontraba dando clases en la Facultad de Bellas Artes de Cuenca, España, esta parte resultará anecdótica pero estas fueron las situaciones que me hicieron pensar en la matriz que se terminaría en transformar en la Retícula Virtual (pg.111).

En esta etapa del proyecto me encontraba fuera de México realizando mi estancia de investigación en España. La opinión de quienes veían mi proyecto es que yo necesitaría a un programador para que resolviera ese modelo de interacción para la pieza y si hubiese estado en México habría sabido inmediatamente a quién recurrir (tengo que aclarar que me sentía intimidado ante la magnitud del proyecto, ya durante casi toda la investigación había

sido necesario programar para otras piezas y me gustaba la idea pero se me hacia una empresa colosal, quería hacerlo pero tenía mis dudas). Entre un encuentro con la gente del MediaLab Prado que se postergo por un fuerte momento de transición de esta institución y los recursos en continuo recorte de la UCLM que era mi universidad anfitriona. Sumado a que empecé a obsesionarme con aprender más sobre programación y otros conocimientos de ingeniería, decidí que aunque fuera difícil yo programaría el núcleo de la pieza. El objetivo con esta pieza no era solo imaginarla y que alguien más la programara sino crearla en su nivel más esencial. Pienso que ese núcleo de programación es parte fundamental de la creación de la pieza, si la construcción de la pieza implicaba escribir cientos de líneas de código, que así fuera.

Como yo iba a programar la pieza necesitaba pensar en algo que estuviera a mi alcance, aunque no fuese tan sofisticado como una inteligencia artificial, así que la solución fueron las matrices, que me servirían tanto para registrar los recorridos como para controlar el sistema de luces.

RoFuE tiene tres componentes angulares hasta este momento, la retícula virtual, el sistema de rastreo y las células sonoras (Ilustración 41).

La Matriz es un concepto recurrente en RoFuE. Una matriz es una forma en la que se plantean problemas de álgebra lineal los cuales contienen muchos elementos, se representan en

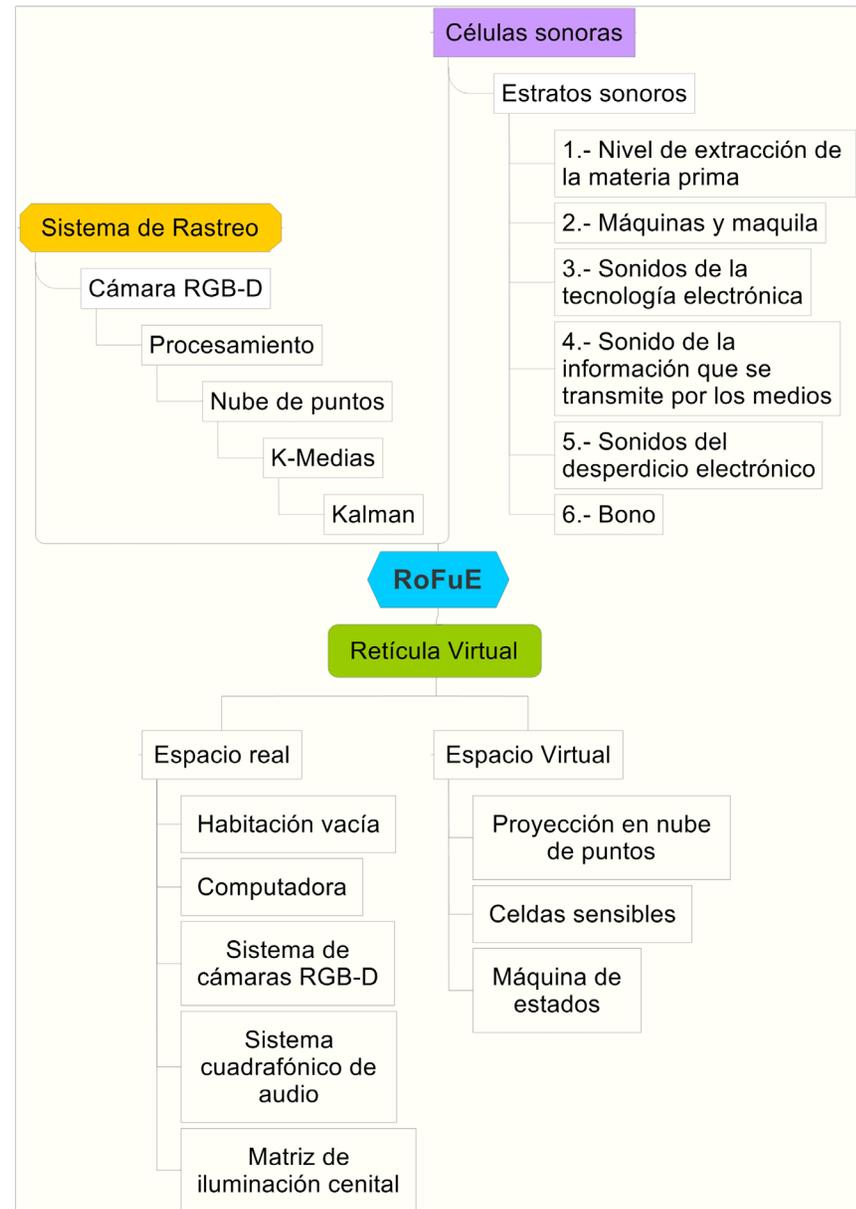


Ilustración 41. Diagrama de módulos de RoFuE.

forma de una matriz constituida de columnas y filas. Al visualizar los elementos de esta manera se hace mucho más fácil analizar y resolver el problema, es como llevar de un lenguaje unidimensional a un lenguaje bidimensional.

Recurrí a la matriz electrónica en un principio por su capacidad para manejar una gran cantidad de elementos con pocas salidas o pines de un micro controlador. Cuando se requiere controlar, por ejemplo, el comportamiento de un LED con un micro controlador se necesita de una línea de activación, pero si quieres controlar 10, 100, 1000 o 10,000 LED's aparentemente necesitarías de 10, 100, 1000 y 10,000 líneas de activación, en principio ese tipo de micro controladores no deben de ser comunes y si existen su costo sería muy elevado. Con una matriz solamente necesitas la cantidad de líneas de activación que suman el numero de columnas mas el numero de filas de la matriz, es decir si necesitamos controlar 100 LED's solo necesitamos 20 líneas de activación (10 filas + 10 columnas) y para 10,000 LED's solo necesitamos 200 líneas de activación (100 filas + 100 columnas) etc.

Partí de esta idea para generar una matriz de sensores (ya que sirve para mandar señales como para recibirlas). Al principio la matriz también resolvía el sistema de rastreo así que quedaba el sonido. Tengo poca experiencia en arte sonoro y RoFuE se hacía cada vez mas y mas grande, además me había propuesto ya no trabajar más de forma individual, entonces decidí no realizar yo mismo la parte sonora. Esta quedara a cargo del músico Julio Sanz.

Para programarla -retomo el punto de cómo surgió la matriz- sabía que el sistema de rastreo se podía hacer con cámaras

pero era muy complicado ya que se requiere de un sistema de visión artificial, así que la forma más practica era con una matriz de sensores que solo arrojarán un ON-OFF. Con eso yo podría saber en qué sitio estaba el usuario e inclusive por donde había pasado. A partir de eso sabía que podía programar un rastreador ya que una

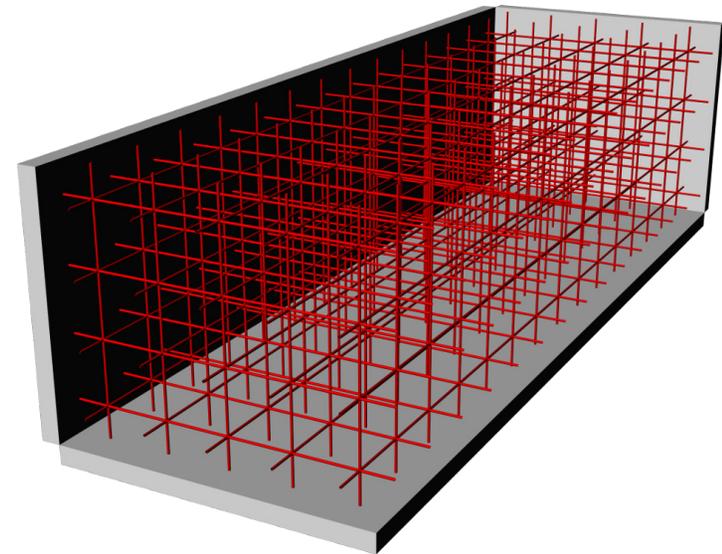


Ilustración 42. Boceto de la matriz con láser.

persona al entrar en RoFuE tendría que activar una célula tras otra y así se podría grabar una secuencia del recorrido, dependiendo de cuánto tiempo estuviese activado el botón se podría cronometrar el tiempo. Conceptualmente era muy fácil solo era como pensar en un piso lleno de botones, que se irían activando mientras el usuario pasara por ellos -de esa forma surgió la idea de la matriz-. En ese punto nació también el concepto de Célula, la cual es la unidad virtual-real que conforma la matriz.



Las opciones para la matriz eran: Botones, LDR (foto resistencias), Sensores infra rojos y Láseres.

Todos estos tipos de sensores irían dentro de un falso piso. Entonces esa célula y esa matriz hubieran sido realmente una unidad virtual-real, del lado real tendría la capa receptora y del lado virtual la capa sonora.

De estas opciones la que me parecía más interesante eran los sensores láser. La primera propuesta fue hacer una matriz 3D, dividir en pequeños cubos espaciales el lugar (Ilustración 42). Además la imagen de llenar la sala con luz de láser, vapor de hielo seco y ver ese espacio atravesado por las luces era muy atractiva. Solo había un problema con esa propuesta, los ojos de los usuarios. Se pusieran donde se pusieran los láseres, en el techo, piso, o paredes, eran un riesgo para los ojos de las personas.

Esta matriz al final se volcó en el rastreo mediante cámaras (Ilustración 43), por sugerencia del MediaLab Prado y el Laboratorio de Biorobótica de la UNAM. Me decidí por el sistema de visión artificial, -una vez más estaba en la situación entre resolverlo de forma conocida y la inquietud por abordar los sistemas de visión, nuevamente estuve indeciso un tiempo y sólo me faltó un empujón para decidirme a usarlos.

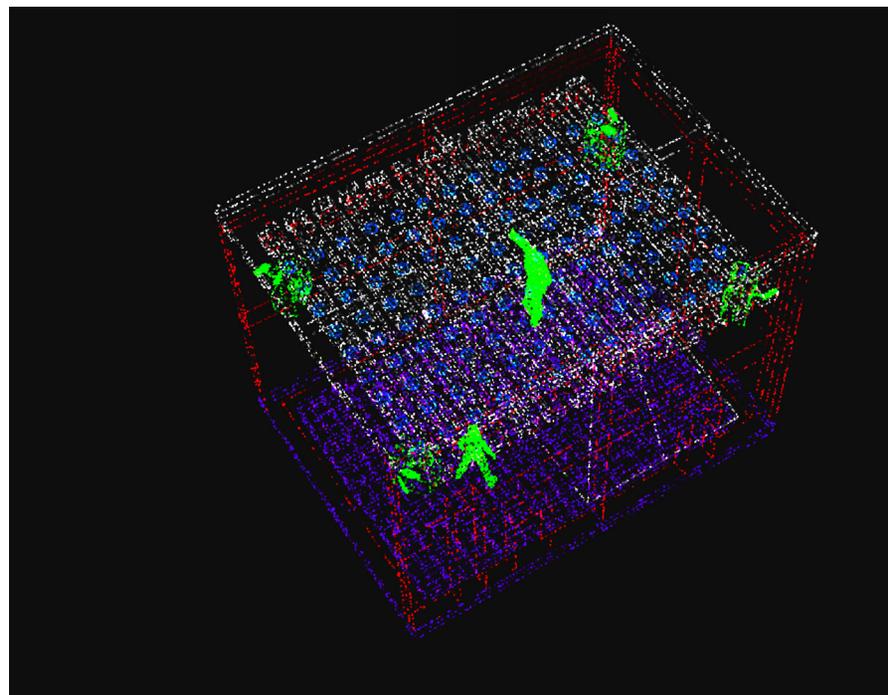


Ilustración 43. Boceto de la matriz con la nube de puntos.

Ir a:



- ROOM FULL of EMPTINESS
- PLANOS
- MATRIZ
- RETÍCULA VIRTUAL
- ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA

## RETÍCULA VIRTUAL

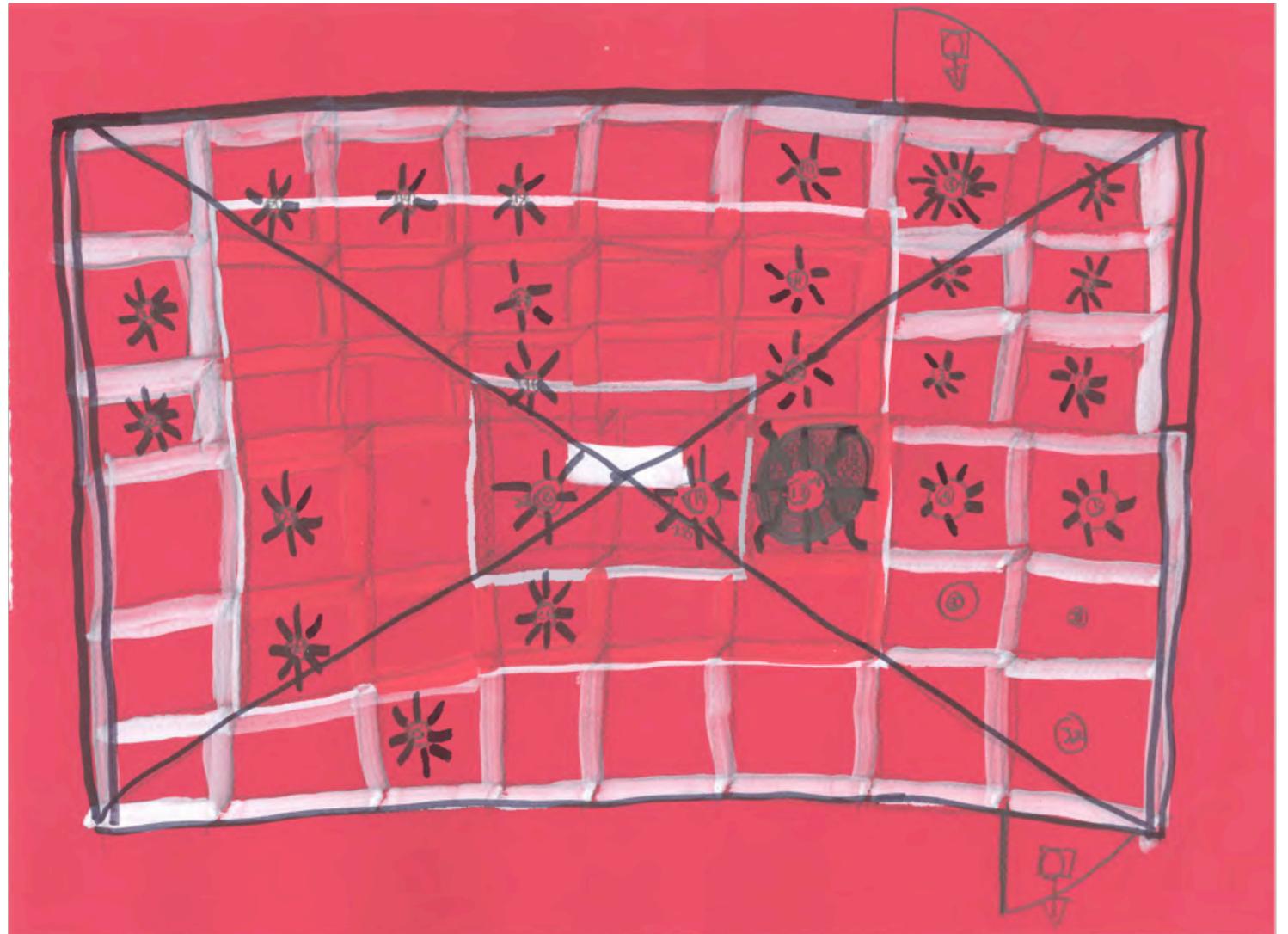


Ilustración 44- Boceto de cuadros activados en la retícula virtual por el paso de las personas en la instalación.

La Réticula Virtual es un arreglo de objetos (programados), células-sensibles-sonoras, que forman un tapiz de cuadros que se ciñe al piso dentro del espacio virtual. La retícula se propone ser programada en el lenguaje y la IDE (Ambiente de Desarrollo Integrado, por sus siglas en inglés) de *Processing* utilizando las bibliotecas de *OpenNI*, *SimpleOpenNI*, *MidiBuss*, *OpenCV* y *Arduino*.

La retícula virtual se ciñe al espacio real como una piel invisible, guarda la misma proporción que el espacio real, por lo tanto a cada centímetro de la sala le corresponderá una porción idéntica de bits y pixeles dentro del mundo virtual. La retícula se puede adaptar a prácticamente cualquier lugar ya que se modela dentro del programa y modificando la variable que define el número de filas, de columnas, o el tamaño de las células, se podría hacer que la retícula virtual ocupará fácilmente cualquier espacio cuadrangular si se tienen las dimensiones y proporciones del sitio. Eso es porque en la retícula es virtual, el único límite es el campo de visión de las cámaras Kinect.

Estos espacios gemelos, el real y el virtual, se plantean en un espacio hipotético de 4 x 6 x 5 metros. Ambos espacios se sincronizan mediante el sistema de rastreo que digitaliza a los usuarios. Estos activarán las células en el espacio virtual las cuales reaccionaran mandando la orden de activar la secuencia de la matriz de luces y la secuencia de sonido del espacio real. La instalación crea un ambiente que es en parte real y en parte virtual, ambos están ubicados en el mismo sitio pero en dimensiones diferentes.

La comunicación de entrada al espacio virtual es mediante dos cámaras Kinect que están suspendidas a 4.1 metros de altura.

Desde esta altura el ángulo de visión de las cámaras abarca los 4 x 6 Mrs. de superficie del sitio. La comunicación de salida del espacio virtual al real es mediante un sistema de sonido cuadrafónico ubicado en las esquinas de la habitación y la matriz de luz que representa de forma lumínica a la matriz virtual.

La retícula virtual divide al espacio real en células virtuales sensibles con 8 estratos de sonido, con una dimensión de un metro cuadrado cada una (Ilustración 45). Son activadas en el espacio virtual por el recorrido de los usuarios ya digitalizados. La retícula virtual guarda en su memoria que células fueron activadas, en qué orden y cuanto tiempo permaneció el usuario dentro de esa célula.

Mientras la retícula virtual no registra a nadie en el espacio, y nadie la ha transitado desde su activación, está en un estado latente no reacciona excepto por un ocasional cambio en la intensidad de la iluminación ambiental de la habitación vacía, como si respirara a través de las luces, cuando el usuario o los usuarios entran en la habitación el sistema detiene esos sutiles cambios en la iluminación y se activa el sistema de rastreo.

Cuando el usuario ha rebasado el umbral<sup>38</sup> de estancia en una célula, RoFuE responde:

<sup>38</sup>El umbral que dispara la interactividad de la pieza esta basado en el tiempo de estancia de la persona en la habitación. Este umbral deberá variar y ajustarse durante la instalación del proyecto ya terminado. Se propone que el tiempo de reacción de la pieza no sea inmediato sino que se haga esperar a las personas dentro de la instalación durante al menos un minuto. El tiempo tendría que reflejar el momento en que la persona se pregunta si es que va a pasar algo y en qué momento ha de pasar. El proponer un umbral de reacción retardado lo proponemos como una crítica a los sistemas interactivos actuales en los que la respuesta es inmediata cada vez. Con el retardo en la respuesta también se busca provocar la curiosidad de las personas ya que estarían conviviendo con un sistema interactivo poco habitual o que parece descompuesto. Pero este efecto es buscado de forma intencional.



Ilustración 45. Célula sonora. Se marcan los 6 estratos de sonido, los márgenes y la ubicación de la iluminación.

Las luces ambientales se apagan, y después de unos segundos la matriz de luces responde reproduciendo el recorrido de el o los usuarios, iluminando la zona por la que paso el usuario durante el mismo tiempo que estuvo en ella; los audios contenidos en las células virtuales se activarán también durante el mismo tiempo que paso el usuario en esa célula virtual. Esto creara una reconstrucción del recorrido interpretado por RoFuE como un recorrido de luz y una secuencia de sonido que llegará al lugar donde se encuentra parada la persona que se detuvo en su recorrido.

RoFuE tiene memoria, no es solo una máquina que registra y responde, como una calculadora, RoFuE tiene una memoria en la que va almacenando los recorridos de los usuarios. Esa memoria se activa cuando RoFuE no ha percibido la presencia de nadie durante algún tiempo, reproduciendo parte de los recorridos de las personas que la han visitado, como toda memoria tiene la habilidad de olvidar y conforme va pasando el tiempo la huella de esos recorridos se va haciendo más sombría, más corta, mas queda, hasta que esos recorridos fantasma se convierten solo en un rumor sonoro-lumínico.

La retícula virtual encaja más bien en una arquitectura clásica. Decidimos utilizar este sistema, mas determinista, por sobre los campos potenciales porque representa de forma más fiel el concepto central de la obra de una visión sesgada (Véase CONCEPTO CENTRAL DE RoFuE, página 138).

Otro de los elementos que se tomaron en cuenta a la hora de decidir entre el sistema clásico y el reactivo, fue que el sistema

reactivo al proporcionar una respuesta continua convertía a la interfaz en el elemento expresivo central de la obra. En el sistema clásico, la retícula virtual no responde inmediatamente a las acciones del usuario, va preparando la combinación de sonidos y en el momento de la pausa responde con una secuencia de sucesos, luminosos y sonoros, esta forma de interacción representa de forma más clara el concepto de *La visión sesgada del mundo*.

Esto mantiene, según Myron Krueger (Krueger, 1977), a RoFuE en el mundo de las obras que se contemplan. La obra es el resultado de la reacción que esta devuelve al usuario interpretando su recorrido: la secuencia de luces acompasadas con los sonidos creados para la obra. No es la interacción en si misma, la cual hubiera sido el caso de RoFuE si se hubiera optado por los campos potenciales artificiales.

La Retícula Virtual podría tener tantas combinaciones que creara la apariencia de un sistema dinámico con el que se puede dialogar, es un sistema secuencial y determinista no hay una combinación que no esté prevista y hay pautas de diseño que restringen el acceso del usuario a la información del sistema, como su estatura, que es utilizada por el sistema de RoFuE para definir que estrato sonoro escuchara el usuario. Esto parece contradictorio ¿por qué hacer un sistema limitado que no empalma con el ritmo de vida actual y que a demás es restrictivo en un plano tan contundente como las dimensiones del cuerpo? Repito, en este caso se dio mayor valor a conservar el concepto de una mirada sesgada, y esta es la opción que mejor representaba ese concepto.

La retícula Virtual de RoFuE es una división del espacio físico en un cuadrícula, donde cada elemento de dicha cuadrícula le corresponde una celda sensible en el espacio virtual. Cada una de estas celdas sensibles reaccionara a la presencia de una persona en su homologo físico. RoFuE relaciona la altura y el tiempo de permanencia de la persona en cada celda con un sonido o estímulo visual predeterminado.

Cuando entras en RoFuE descubres su funcionamiento a través de la interacción con la pieza. RoFuE propone un tipo de relación diferente a la que habitualmente se establece con los dispositivos tecnológicos. Esta relación es de un ritmo más lento: un intercambio de datos en el que tú insertas un recorrido y RoFuE responde con sonidos y luces. Un dialogo lento en el que hay que esperar y escuchar la respuesta del lugar.

Uno de los puntos fuertes de RoFuE es que la pieza no se activa hasta que el usuario ha pasado determinado tiempo dentro de ella, recorriéndola o simplemente esperando. Ante la sorpresa, de cualquier visitante, de encontrar simplemente una habitación vacía en la que no pase nada podría ocasionar que este no entrara en la sala o que inmediatamente después de entrar en ella saliera. Este sencillo elemento, un umbral de tiempo para activar la respuesta de la pieza, deja reflexionar a través de él, sobre los sistemas de interactividad y la inmediatez que se espera de ellos, el cual es un ritmo general de la producción audiovisual<sup>39</sup>.

Los modelos de interacción definen la forma en la que nos relacionamos con las computadoras, mediante que sentidos la percibimos, que gestos entienden ellas y el ritmo de intercambio entre la maquina y el hombre.

Así como un estilo pictórico refleja valores de la cultura que lo vio desarrollarse, como en el renacimiento el concepto de ventana utilizado en la boca escena del teatro y en la pintura. En el renacimiento la ventana divide nuestra realidad de la realidad que se ve a través de ella, hacia dentro de la obra de teatro o hacia dentro del cuadro, donde hay un mundo entero, una realidad virtual.

El ritmo al que responden los dispositivos electrónicos y la forma en la que diseña su interactividad reflejan el ritmo de vida de nuestra época. Donde se anda aprisa sin tiempo para detenerse a pensar o contemplar, donde se produce y desecha todo el tiempo, donde no hay espacio para un tempo lento.

Así RoFuE habla de la complejidad del ambiente tecnológico en el que vivimos y como se entreteje con nuestra vida; de la forma en la entendemos el mundo (siempre de forma parcial) mientras lo vamos recorriendo; toca el tema de cómo el espacio real y el espacio virtual están fusionándose y lo que se efectúa en uno afecta al otro y viceversa. Como se mencionó en la introducción RoFuE se decidió por conservar todos los conceptos que aparecieron al plantear el proyecto en vez de limpiarlos y dejar uno solo. Esos conceptos están representados en la *retícula virtual*.

<sup>39</sup> El proyecto se ha alimentado a parte de experiencias, lecturas y reflexiones, de los comentarios de amigos, compañeros y colegas, esta característica fue puntualmente sugerida por Sylvia Molina, uno de los integrantes de if... then...

Ir a:



ROOM FULL of EMPTYNESS

PLANOS

MATRIZ

RETÍCULA VIRTUAL

CONCLUSIONES







# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PROGRAMABLE

HAROLD COHEN

CÓDIGO

ROOM FULL OF  
EMPTINESS

MATRIZ

TRABAJO  
A FUTURO

CONCLUSIONES

FUENTES  
DE CONSULTA

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



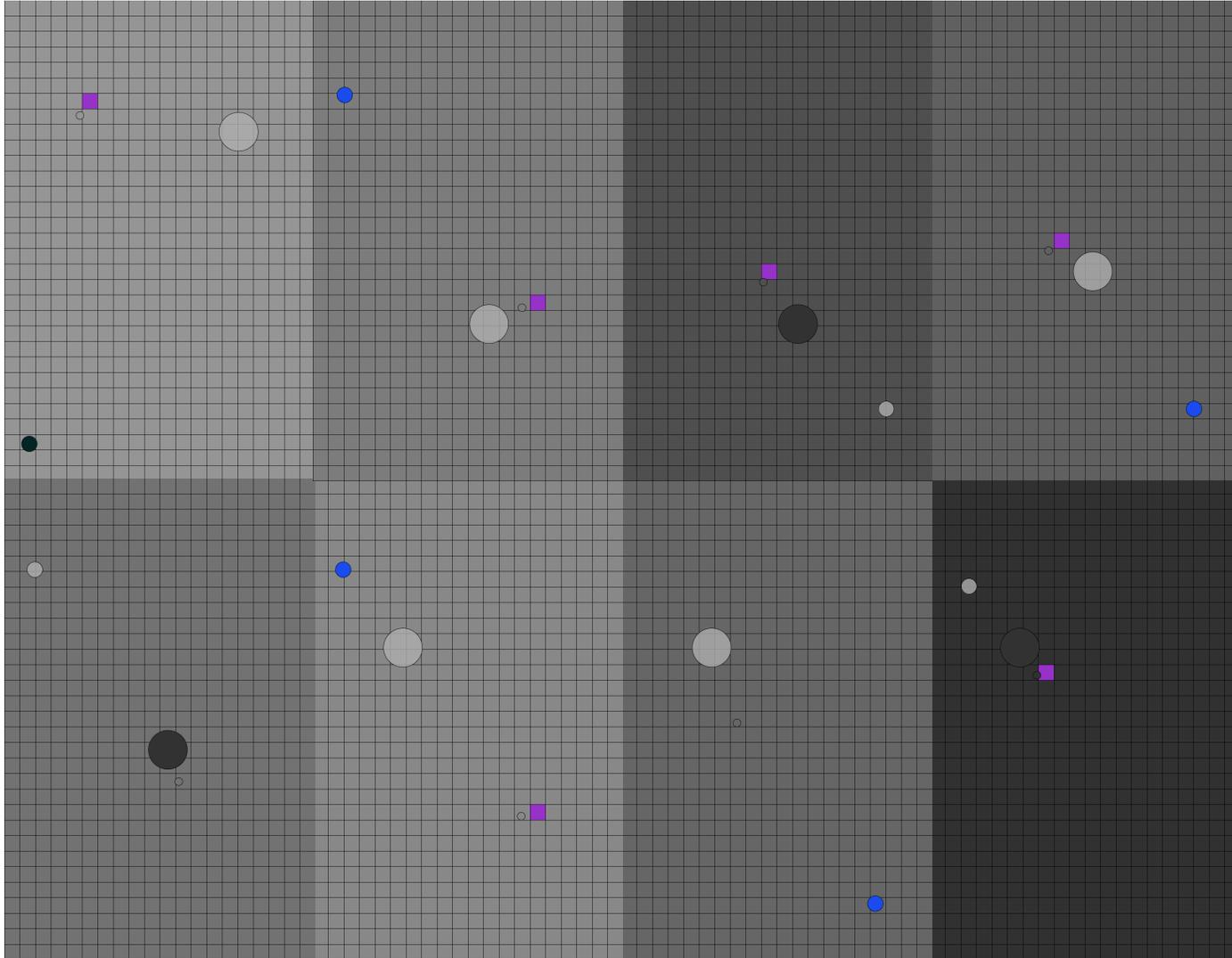
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES



*Ilustración 46- Secuencia de imágenes del campo potencial programado en Processing. El círculo grande representa el obstáculo, el mediano el objeto de atracción y el mas pequeño, siempre acompañado de un cuadro, el robot o l objeto que es atraído, el cuadro va marcando los cuadros que el robot va pisando.*

Durante la investigación se trabajó con el modelo de Campos Potenciales Artificiales y se propuso en un inicio como modelo de interactividad para el proyecto RoFuE. Finalmente se descartó por la *Red Virtual* que en esencia representara más claramente el concepto de la *visión sesgada del mundo*.

Presento los campos potenciales artificiales aquí como parte del proceso de trabajo en el que entendí, que es en el modelo matemático y el código de programación donde radica uno de los núcleos más importantes de las obras de arte electrónico.

Entender cómo funciona nos da la posibilidad de modificar la forma en que reacciona, esto significa básicamente modificar su discurso.

Un artista electrónico al poseer conocimiento en ambas áreas, arte-ciencia, puede ver las relaciones entre ambas. Percibiendo los atributos expresivos en el desarrollo de un modelo matemático que se use para la realización de una obra, así como visualizar la interactividad de un sistema y pensar en cómo implementarla mediante algún modelo que sea útil.

Los campos potenciales artificiales son un modelo matemático que se utiliza en la robótica para la cinemática inversa de brazos manipuladores, como los que hay en las fábricas. Así como en la navegación de robots móviles que se desplazan mediante un sistema de ruedas o piernas (Khatib, 1986).

El modelo matemático de los campos potenciales me parece poético, visto como una representación matemática del deseo y la atracción. El destino ejerce una fuerza que atrae ineludiblemente al robot hacia él, pero en el camino hay obstáculos que dependiendo sus características provocarán que el robot los rodee, atravesase o simplemente lo paralicen en un mínimo local<sup>40</sup> del que el robot no podrá salir. Todos los elementos en ese espacio componen el campo potencial, modifican con cada movimiento las fuerzas que están en juego. La danza de fuerzas contenida en el campo potencial traza la ruta que seguirá el robot para alcanzar su destino.

Este modelo se pensó como una estrategia para hacer más eficiente y robustos (en ingeniería se utiliza el término robustez para decir que un sistema es estable ante los cambios) el desplazamiento de los robots que no se encuentran en un ambiente controlado, sobre entendiendo que el robot necesita alcanzar su destino de forma eficiente sin chocar con ningún obstáculo en su trayecto, pero ¿qué pasaría si modificáramos el modelo del campo potencial para que no trazara rutas eficientes?

Por ejemplo mostrando un comportamiento errático, temeroso ante el destino, inmune a los obstáculos, o inclusive inmune a la atracción del destino. Esto podría convertir al robot en un laboratorio de comportamientos. Las reacciones y rutas trazadas pueden relacionarse de forma metafórica a un reflejo completamente vivo y humano, por ejemplo el de la atracción que genera un deseo de ser consumado (Ilustración 47).

<sup>40</sup> El mínimo local es una situación que aparece cuando el robot no puede calcular la ruta debido a la forma del obstáculo.



El entender el modelo abre la posibilidad de cuestionarlo con situaciones hipotéticas<sup>41</sup> y permite modificarlo para hacer que un robot pueda reaccionar de formas poco eficientes pero discursivamente potentes representando así una idea (incluso desarrollándola), en vez de ser solo un sistema de desplazamiento.

A continuación se presenta un extracto del código programado en Processing, que muestra una de las clases principales del código, la clase Cell, que es donde se llevan a cabo la mayor parte de los cálculos del campo potencial y donde se concentran los datos de la posición de cada uno de los elementos presentes. El texto que va entre “/\* ..... \*/ “ y el que sigue después de // o más, son comentarios dentro del programa que explican a que responden los valores de las variables, las constantes y las funciones dentro del programa, también, encabezando el código esta la descripción del mismo y los autores.

La intención de mostrar este fragmento del código (la clase Cell) es presentar esa capa oculta donde descansa la interactividad que puede ofrecer este modelo matemático. Esta Clase contiene todas fórmulas del modelo matemático (Véase EL MODELO MATEMÁTICO DE LOS CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES pag. 123) y se ejecutan en cada movimiento que haga el robot.

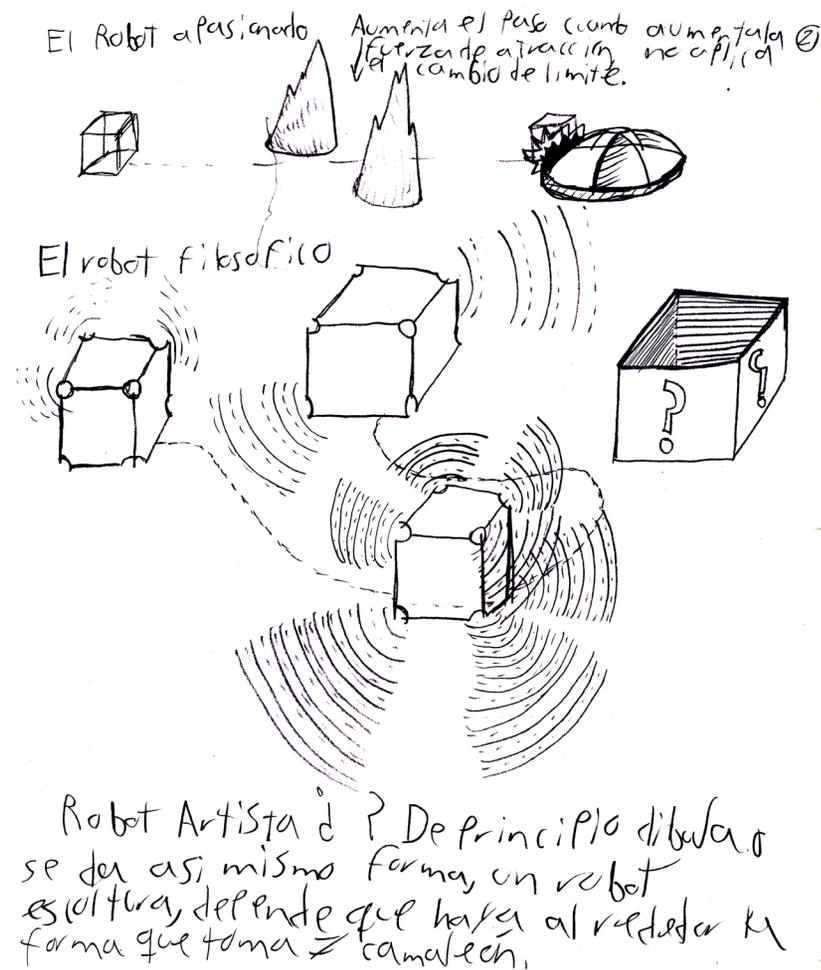


Ilustración 47- Bocetos de los campos potenciales pensados como un laboratorio de comportamientos. Aquí el robot se representa como un laboratorio de comportamientos en el que lo que importa es denotar conductas de un ente atraído sobre su objeto de atracción a diferencia de la habitual visión en la que el robot debe realizar su trabajo de la forma más eficiente posible.

<sup>41</sup> Me refiero a cuestionarlo desde un punto de vista artístico, es decir viendo las capacidades expresivas y discursivas que tiene y como se modifican al cambiar la forma en la que reaccionaría el robot.

```

/*
 *CAMPOS POTENCIALES
 *Por: Joaku de sotavento, Baruch y Ernesto Huerta
 *Los campos potenciales son un modelo matemático
 *utilizado en la planeación de trayectorias para sistemas
 *dinámicos.
 *Aquí se plantean los campos potenciales para el uso en sistemas
 *de representación expresiva para fines artísticos
 *A continuación se presenta la Clase Cell que es donde se calculan
 *las fuerzas que dan movimiento a los elementos dentro del campo
 *potencial.
 */

```

```

class Cell {
float x, y;
////////// componest of attractor field
float fatx;
float faty;
////////// componets of resulsive field
float d0; // distance between the obstacle's and the robot
float rep; // the vector between the robot and the obstacle
float frepx; // repulsion force on x
float frepy; // repulsion force on y
//////////
float fTotalx;
float fTotaly;
color col;

```

```

/// constructor of grid
Cell(float ex, float why, float fTotx, float fToty) {
x = ex * _cellSize;
y = why * _cellSize;
fTotalx = fTotx;
fTotaly = fToty;
col = 100;
}
////////// Este método calcula la fuerza de atracción entre el
robot
//y su destino dependiendo de la razón de cambio Delta I (interés
del //robot)
PVector attraccion(Robot r, Attractor att) {
float d = dist(r.loc.x, r.loc.y, att.loc.x, att.loc.y);
//println(d);
if (d <= r.deI) {
fatx = (att.E) * (r.loc.x - att.loc.x);
faty = (att.E) * (r.loc.y - att.loc.y);
}
else {
fatx = (att.E) * (r.loc.x - att.loc.x);
faty = (att.E) * (r.loc.y - att.loc.y);
}
return new PVector(fatx, faty);
}

```



```

PVector repulsion(Robot r, Obstacle[] obs) {
for ( int i = 0; i < obs.length; i++) {
d0 = dist(r.loc.x, r.loc.y, obs[i].loc.x, obs[i].loc.y);
if ( d0 <= obs[i].rangoO) {
rep = ((-1*obs[i].N) * (1/d0 - 1/obs[i].rangoO)) * (pow(((pow((r.
loc.x - obs[i].loc.x), 2)) + pow((r.loc.y - obs[i].loc.y), 2)), 3/2));
    }
else {
rep = 0;
    }
frepx = rep * (r.loc.x - obs[i].loc.x);
frepy = rep * (r.loc.y - obs[i].loc.y);
    }
return new PVector (frepx, frepy);
    }
//////***** Este es el vector unitario de la fuerza de repulsión y
////la fuerza de atracción
PVector fuerzaT () {
fTotalx = (fatx + frepx) / sqrt(pow(fatx, 2)+ pow(frepx, 2));
fTotaly = (faty + frepy) / sqrt(pow(faty, 2)+ pow(frepy, 2));
return new PVector (fTotalx, fTotaly);
    }

```

```

void drawMe(Robot rob, Attractor att) {
float colorCamb = dist(rob.loc.x, rob.loc.y, x, y);
stroke(0);
float colorCamb2 = dist(rob.loc.x, rob.loc.y, att.loc.x, att.loc.y);
fill(map(colorCamb2, 0, dist(0, 0, width, height), 0, 255));
if (colorCamb < _cellSize/2) fill(150, 50, 200);
rect(x, y, _cellSize, _cellSize);
    }

```

Ir a:

-  ROOM FULL OF EMPTYNESS
-  EL MODELO MATEMÁTICO
-  PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMPOS
-  POTENCIALES ARTIFICIALES
-  ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA
-  INTERFAZ
-  VISIÓN COMPUTACIONAL

## EL MODELO MATEMÁTICO

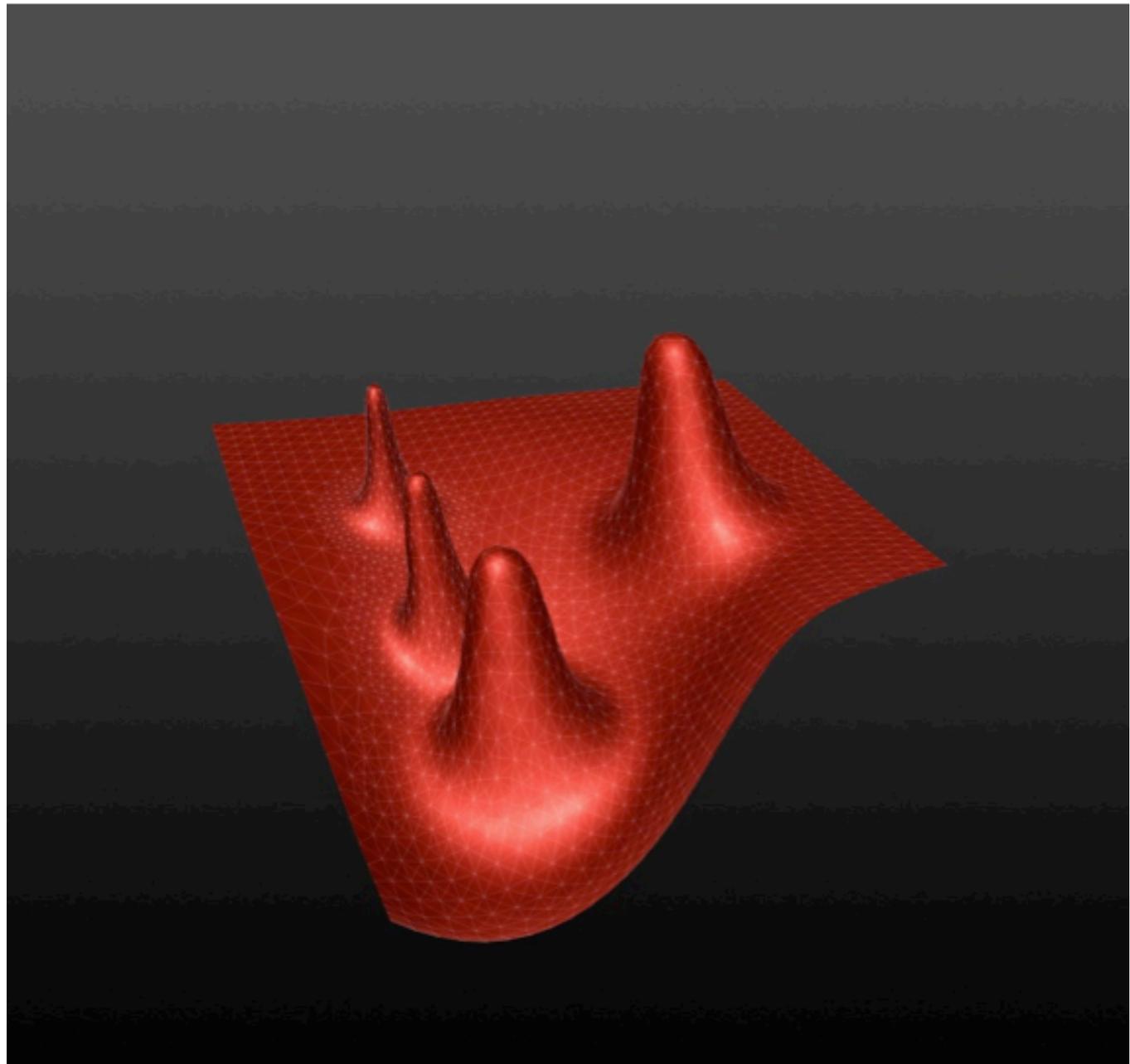
Este sistema comprende la operación de robots en tiempo real en ambientes complejos donde las condiciones del entorno no son controladas y pueden estar cambiando constantemente. El modelo de los campos potenciales artificiales depende de una constante retro alimentación a través de los sensores del robot que le digan en qué punto del mapa se encuentra y si hay obstáculos cerca, a partir de estos datos el robot calcula su trayectoria paso a paso esquivando los obstáculos que va percibiendo en su ruta.

Por ejemplo en un brazo manipulador, que fue en el primer caso en el que se aplico este enfoque de planeación de trayectorias, se plantea “...como un control directo sobre el movimiento del manipulador en el espacio operacional que es el lugar donde se describe originalmente la tarea, en contraste con un control de acciones correspondiente al espacio de movimiento de las articulaciones que se obtienen a partir de la transformaciones cinemáticas” (Khatib, 1986). Es decir se concibe la planeación de los movimientos del robot tomando en cuenta la relación espacial del entorno con él, a diferencia del otro enfoque en el que se hace esta planeación pensando en los movimientos angulares que debe hacer el robot para alcanzar una posición final, es un cambio de concepción del espacio que concibe en un caso al robot como centro y en el otro se percibe al robot como otro elemento del ambiente.

Este enfoque en el artículo de Khatib aunque concibe su aplicación para robots móviles se enfoca en brazos manipuladores (Khatib, 1986). Para un enfoque en robots móviles citare a Arambula Cosío, F. y Padilla Castañeda, M. A. quienes lo definen de la siguiente manera:

“La idea central es generar fuerzas de atracción y repulsión en el entorno de trabajo del robot para guiarlo hacia su objetivo. El objetivo ejerce una fuerza de atracción en el robot y cada obstáculo tiende a alejar al robot de si para evitar una colisión”(Arambula Cosío & Padilla Castañeda, 2003).





*Ilustración 48- Representación 3d de un campo potencial, donde el valle representa el punto de mayor atracción y las cimas los campos de repulsión.*

El campo potencial se modela como una licra tensada de forma horizontal y es jalada en algún punto hacia abajo, este representa el destino. Hay protuberancias en la licra que representan los obstáculos, entre mayor sea la protuberancia mayor es su campo de repulsión. Entonces el robot es representado como una bola de billar que se suelta sobre la licra e ira librando los obstáculos hasta llegar a la parte más baja.

A continuación se expone el modelo de campos potenciales que posteriormente fue programado en el lenguaje de programación de Processing.

$$\bar{F}(\bar{q}) = F_{attr}(\bar{q}) + \sum_{i=1}^N F_{rep_i}(\bar{q}) \quad (1)$$

En esta fórmula (Eq. 1) se explica cómo: las fuerzas que se ejercen sobre el robot  $F(q)$  son la suma de la fuerza de atracción  $F_{atr}$  mas la fuerza de repulsión  $F_{rep}$  de todos los obstáculos en el campo.

Para modelar esta malla de fuerzas se toma en cuenta al menos un robot  $q$  sobre el que se ejerce una fuerza de atracción por parte del destino  $q_{dest}$  y uno o varios obstáculos  $q_{obst}$  que ejercen fuerzas de repulsión que alejan al robot de estos.

La fuerza de atracción se obtiene multiplicando una constante ajustable de atracción, del destino,  $E$  que multiplica a la distancia entre el robot y su destino (Eq. 2). Como la fuerza de atracción puede llegar a ser muy grande dependiendo de la distancia, y esto

podría ocasionar que la velocidad del robot fuera tal que atravesara los obstáculos, ya que la fuerza de atracción sería superior que la de repulsión, o inclusive que se estrellara con el destino, se aplica una condición en la que si la distancia es mayor que un parámetro establecido  $d_{ref}$  la fuerza de atracción es la constante de atracción multiplicada por la normal de la distancia entre el robot y el destino, es decir se multiplica por uno (Eq. 3).

$$F_{attr}(\bar{q}) = \begin{cases} E(\bar{q} - \bar{q}_{dest}) & |\bar{q} - \bar{q}_{dest}| \leq d_{ref} \quad (2) \\ E \frac{(\bar{q} - \bar{q}_{dest})}{|\bar{q} - \bar{q}_{dest}|} & |\bar{q} - \bar{q}_{dest}| > d_{ref} \quad (3) \end{cases}$$

También se puede entender de forma sintética a la fuerza de atracción  $F_{atr}$  (Eq. 4 y 5) como:

$$F_{attr}(\bar{q}) = E\hat{q}_a \quad (4)$$

Donde

$$\hat{q}_a = \frac{(\bar{q} - \bar{q}_{dest})}{|\bar{q} - \bar{q}_{dest}|} \quad (5)$$

La fuerza de repulsión (Eq. 6) se calcula por cada uno de los obstáculos  $q_{obs}$  solo si el rango de repulsión del obstáculo está en la trayectoria del robot. Esta fuerza se calcula multiplicando la constante ajustable de la repulsión del obstáculo  $-N$  multiplicado por 1 que es dividido entre la magnitud del robot y el obstáculo, menos 1 entre la amplitud del campo de repulsión, todo esto multiplicado por la distancia entre el robot y el obstáculo, dividido entre la magnitud al cubo del robot y el obstáculo. Si el obstáculo no está en la trayectoria del robot la fuerza de repulsión es 0.

$$F_{rep}(\bar{q}) = \begin{cases} -N \left( \frac{1}{|\bar{q} - \bar{q}_{obs}|} - \frac{1}{d_o} \right) \frac{\bar{q} - \bar{q}_{obs}}{|\bar{q} - \bar{q}_{obs}|^3} & \text{si } |\bar{q} - \bar{q}_{obs}| \leq d_o \\ 0 & \text{cc.} \end{cases} \quad (6)$$

Una vez calculadas la fuerza de atracción y la de repulsión se obtiene el vector unitario<sup>42</sup> (Eq. 7) que es utilizado para ir calculando las coordenadas a las que se desplazara el robot a cada movimiento.

$$f(\bar{q}i) = \frac{F_{atr} + F_{rep}}{\sqrt{F_{atr}^2 + F_{rep}^2}} \quad (7)$$

La siguiente formula (Eq. 8) es utilizada para calcular los pasos del robot,  $q_{i+1}$  es la posición siguiente del robot que es igual a la posición del robot  $q_i$  menos  $d_i$  que es el impulso del robot multiplicado por el vector unitario  $f(q_i)$  el cual está formado por las fuerzas de atracción y repulsión en el campo.

$$\bar{q}_{i+1} = \bar{q}_i - d_i * f(\bar{q}_i) \quad (8)$$

Estos cálculos se hacen para cada uno de los movimientos del robot, se pueden hacer cientos de veces por segundo, dependiendo de la velocidad del procesador, de la capacidad de los sensores y de la cantidad de obstáculos en el campo. Por eso es posible que el robot vaya adaptándose a un lugar con condiciones cambiantes y así re-planear su ruta.

<sup>42</sup> El vector unitario es un vector cuya longitud es igual a 1. Este se obtiene de dividir el vector entre su longitud (Poole, David., 2011).

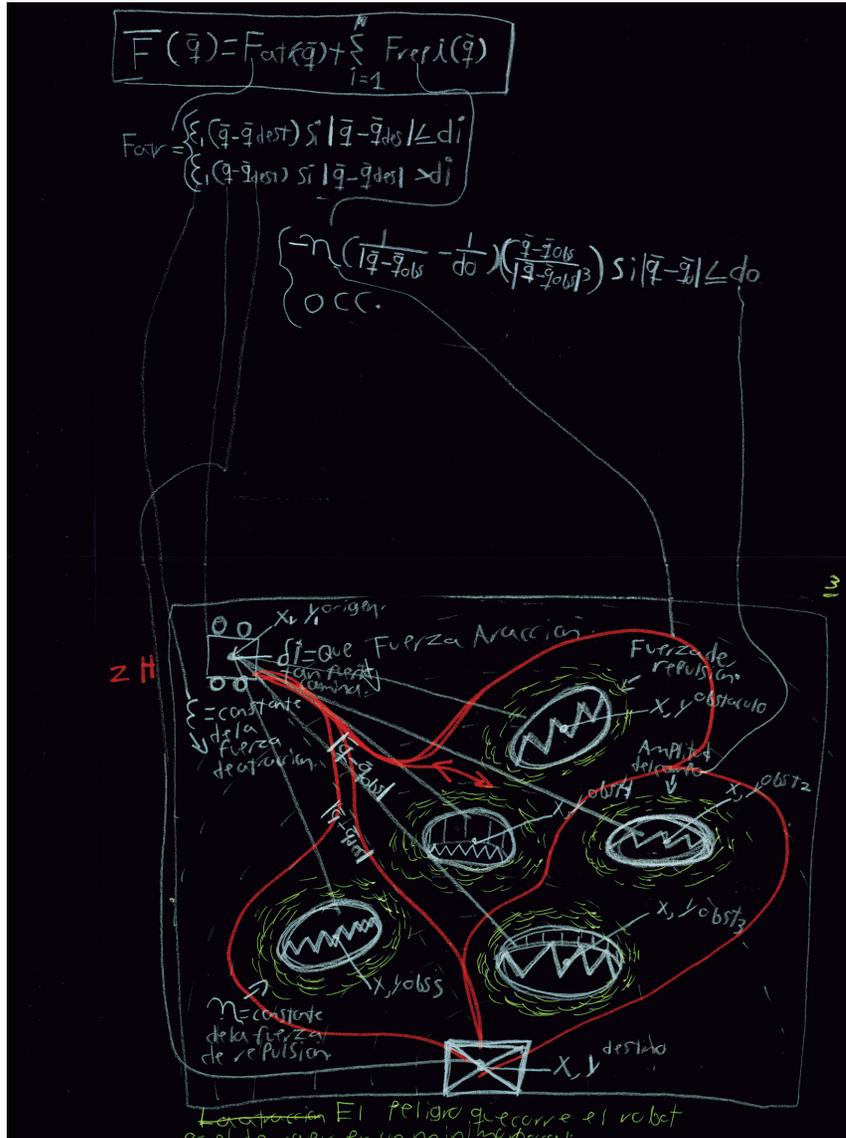


Ilustración 49. Boceto de los Campos Potenciales, con las fórmulas que hacen funcionar cada una de las partes del campo potencial y señalando que datos provee cada actor del campo potencial. Las líneas que trazan curvas entre los campos de repulsión son las posibles rutas que tomaría el robot para alcanzar su destino.

Ir a:



CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMPOS

POTENCIALES ARTIFICIALES

MODULO DE VISION DE RoFuE

K-MEDIAS [K- MEANS]



## PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES

Se pensó la posibilidad de adaptar los campos potenciales artificiales como sistema de interacción de la instalación, asignando aleatoriamente a cada uno de los usuarios que entren uno de los elementos del modelo, robots, obstáculos o destinos.

Se vincularía la activación de los sonidos, el paneo y volumen a las variables que actualiza el sistema en tiempo real: distancia entre el robot y el destino, distancia entre el robot y el obstáculo, la fuerza de atracción actual, la fuerza de repulsión y la posición del robot. Vinculando estas variables con las luces y sonido de la instalación se podría haber generado una interacción en tiempo real, generando una constante retroalimentación del usuario con la instalación y viceversa.

Este modelo de interacción crea un ambiente reactivo el cual es muy diferente a un ambiente determinista que sin embargo es por el que se optó al final.

Un modelo determinista, según la definición de Stuart Russell (Russell & Norving, 2009) es:

*...un modelo en el cual el siguiente estado (es decir la siguiente acción del sistema) está completamente determinada por el estado actual y la acción que está ejecutando en este caso el robot.*

Un modelo determinista dependiendo de la complejidad de sus respuestas y la multiplicidad de combinaciones que sea capaz de ofrecer puede crear la ilusión de diálogo entre el usuario y la obra, sin embargo esta interacción está predefinida de antemano y todas

las opciones han sido revisadas y programadas sus respuestas.

Los campos potenciales por el contrario no tienen respuestas pre-programadas, modelan el espacio en tiempo real y calculan el sistema reactivo de fuerzas con los elementos que son percibidos, determinando un robot, obstáculos y un destino, no prevé las respuestas sino que analiza a cada instante el espacio, las relaciones de atracción y repulsión que se generan en el campo y en base a eso modifica las variables del sistema.

El modelo reactivo responde tomando en cuenta las condiciones actuales del ambiente y sus personajes, y el determinista activa una respuesta pre-programada que corresponde a una posibilidad de estar en ese lugar, en ese momento y de esa forma lo cual genera la ilusión de una respuesta natural, pero es solo ilusoria.

El modelo reactivo presenta el atractivo de la respuesta inmediata. En la instalación RoFuE se proponía que relacionara los sonidos de los estratos sonoros con las distancias entre el usuario y el destino cambiando su paneo dependiendo su ubicación en relación al centro de la habitación, y su volumen a razón de su cercanía con el destino.

El modelo reactivo es más parecido a la forma en la que circula la información en nuestra época donde tenemos una percepción simultánea de los sucesos, por ejemplo en el terremoto del 11 de marzo del 2011 en Tokio en el que en menos de 10 minutos de haber sucedido, había videos en youtube (el portal de video en Internet de

nuestra época) desde el punto de vista de personas que vivieron ese suceso. Tenemos una sensación de simultaneidad en la que gracias a los medios de comunicación y los diferentes dispositivos como celulares inteligentes tenemos una imagen de como se sincronizan sucesos de diferentes partes del mundo en el mismo momento.

Myron Krueger (Krueger, 1977) apuesta a que la obra de arte (hablando por supuesto del arte electrónico) no está en ninguno de los elementos que componen la obra y por supuesto no está basada en la *contemplación* de imágenes, sonidos o formas sino en la manera en la que el usuario se relacionan con la obra, es decir en la *interactividad* de la pieza, Krueger se plantea esto mientras realizaba la parte tecnológica de una instalación artística llamada *Glow Flow*, él explica:

*“Mientras Glow Flow fue visualmente muy exitosa, se logró más bien como una escultura cinética que como un entorno responsivo. Sin embargo, Glow Flow me dejó ante una serie de decisiones:*

*1 -. El arte interactivo es un rico medio de composición muy distinto de lo que concierne a la escultura, las artes gráficas o la música.*

*2 -. Para responder de manera inteligente, la computadora debe percibir lo más posible sobre el comportamiento de los participantes.*

*3 -. Con el fin de concentrarse sobre la relación entre el medio ambiente y los participantes en lugar de solo enfocarse en*

*los participantes, sólo un pequeño número de personas debe estar involucrado al mismo tiempo.*

*4 -. Los participantes deben ser conscientes de cómo el ambiente está respondiendo a ellos.*

*5 -. La elección del sonido y el sistema de respuesta visual debe ser decidido por la capacidad de transmitir una amplia variedad de relaciones conceptuales.*

*6 -. Las respuestas visuales no deben ser juzgadas como arte ni el sonido como música. La única preocupación estética es la calidad de la interacción.*

Tomando como referencia a Krueger el sistema determinista puede generar en la Instalación de RoFuE un comportamiento en el que el usuario establece más una relación de contemplación, ya que él realiza su trayecto, el sistema lo analiza y compone para el usuario una respuesta puede apreciar y tratar de relacionar con su recorrido. En el caso del sistema reactivo, se establece una relación donde la experiencia más fuerte no es la de la contemplación sino la interacción, donde lo que pasa está sucediendo todo el tiempo y no hay que detenerse a observar cómo reacciona la instalación, ya que todo el tiempo está reaccionando.

El problema con los campos potenciales, aunque responden al ideal de Krueger sobre lo que ha de ser un sistema interactivo, es más actual y se adapta más a las formas de circulación de la información, se habría sacrificado el concepto central de la pieza, el

de la mirada sesgada, que se presenta de forma más narrativa en ese dialogo de transitar y esperar la respuesta del sistema.

El modelo de interactividad basado en los campos potenciales se puede pensar como una IUI [Interfase de Usuario Intangible], parafraseando el modelos de TUI [Interfase de Usuario Tangible] propuesto por el Media Lab de MIT (Ishii, Lakatos, Bonanni, & Labrune, 2012). En las interfaces tangibles, a diferencia de las interfaces gráficas, se interactúa con objetos reales que sirven de vínculo o mando dentro del mundo virtual. En las interfaces intangibles se interactúa con el cuerpo como vehículo presionando botones virtuales que no ves, dándole mayor peso a elementos como el sonido que igualmente es intangible.

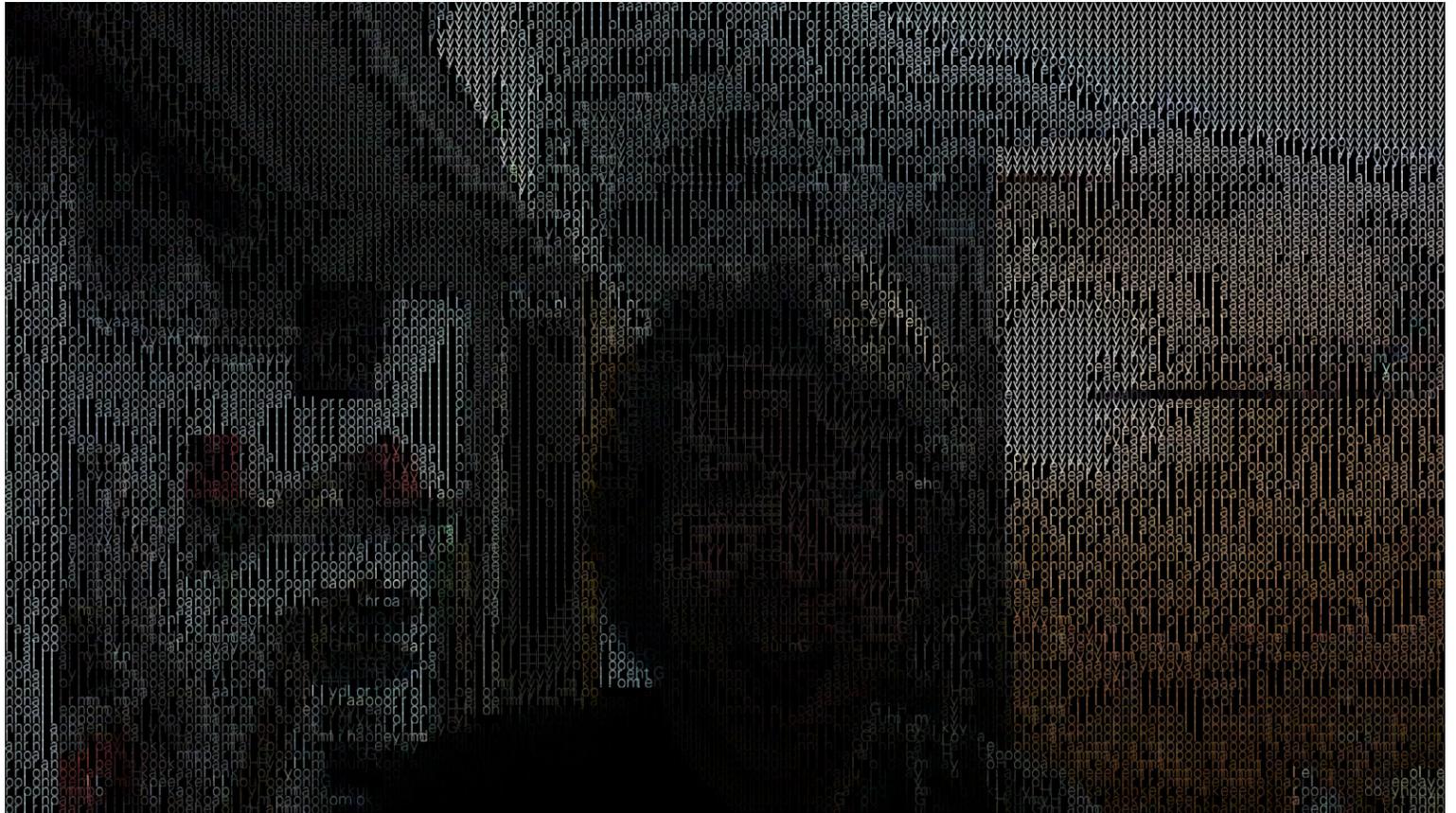
Ir a:



CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES	EL SEL
EL MODELO MATEMÁTICO	
MODULO DE VISION DE RoFuE	
CÓDIGO	
MÁQUINA AUTOMATICA PROGRAMABLE	
CONCLUSIONES	



## MODULO DE VISION DE RoFuE



*Ilustración 50- Captura de imagen del código ASCII Video de Ben Fry, tomado de la biblioteca de video para Processing GSVideo. 2013.GSVideo. 2013.*

Se optó por un sistema de visión<sup>43</sup> en vez de una matriz de sensores porque los sistemas de visión tienen la ventaja de poder trabajar con casi toda la información que entre en el campo visual de la cámara. En vez de ubicar y calibrar 300 sensores, solo se hace para 2 cámaras, lo cual además hace más fácil detectar fallos en el sistema, ya que el cableado se reduce dramáticamente, permitiendo localizar el problema en hardware de manera más eficiente.

Las cámaras que se usarán para el rastreo en RoFuE son cámaras RGB-D (del tipo Kinect). La cámara Kinect entrega información de RGB y de profundidad. Con esa información mediante la librería de OpenNI y SimpleOpenNI podemos visualizar en *Processing* el *mapa de profundidad*, la *nube de puntos* rastrear a una persona frente a la cámara, entregar su silueta recortada y localizar 24 puntos de su anatomía con sus coordenadas X, Y, Z (entre ellos cabeza, cuello, torso, cintura, y hombros, codos, manos, muñecas, cuello, puntas de los dedos, cadera, rodillas, tobillos y pies, tanto izquierdo como derecho)(Borestein, 2012).

Con toda esta información se puede hacer lo que sea (Ilustración 51), aplicarles un algoritmo, utilizarlos para ponerles un sistema de partículas cambiarlos de color, moverlos al tocar un punto virtual etc.

La forma que se elijo para hacer el rastreo de la persona es por medio de la nube de puntos o point cloud<sup>44</sup> combinada con

<sup>43</sup> Para ahondar en los que es la visión computacional Véase VISION COMPUTACIONAL pag. 161

<sup>44</sup> En el portal de Point Cloud Library (PCL, 2013) se describe la nube de puntos de la siguiente forma: "La nube de puntos (point cloud) es una estructura de datos usada para representar una colección multidimensional de puntos y es comúnmente usada para representar información 3D. En una nube de puntos 3D los puntos suelen representar sus coordenadas geométricas X, Y y Z resaltando las superficies muestreadas. Cuando hay información de color presente la nube de puntos se vuelve 4D.

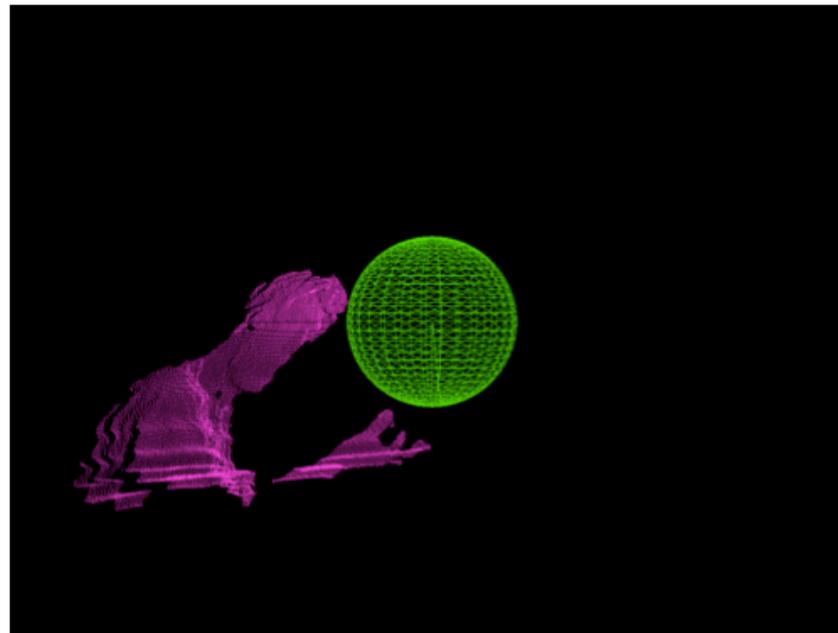


Ilustración 51. Captura, nube de puntos con ruido de perlin en Processing. 2013.2013.

un procesamiento K-Medias (K-Means) y un rastreador Kalman. Por lo regular en muchos proyectos de Arte Electrónico se adaptan bibliotecas ya programadas a las necesidades del proyecto lo cual es lo mas practico<sup>45</sup>, y habría sido maravilloso poder hacerlo así, de hecho se utilizaron las bibliotecas de OpenNI que nos sirven para usar todas las funciones ya descritas de la Kinect, se planeaba utilizar la librería de OpenCV para el filtro de K-Medias y Kalman. Las bibliotecas de OpenNI y OpenCV no están especialmente diseñadas para proyectos artísticos, más bien son utilizadas en entornos científicos e industriales. Los lenguajes más usados para

<sup>45</sup> Esto del código se ponía más y más intrincado, casi siempre está toda la información en Internet y si estas librerías hubieran estado completas solamente se habría tenido que ir haciendo las llamadas a las librerías para incluirlas en el código, que podría haber salido mal.

programar con estas bibliotecas son C, C#, C++, Java y Python por mencionar algunos.

El lenguaje de programación que he estado usando hasta ahora para el proyecto es un lenguaje basado en Java llamado Processing, que hasta ese punto de la investigación había sido suficiente. En Processing junto con la versión de C utilizada para Arduino programe todos los proyectos que desarrolle en la maestría. Para implementar el sistema de rastreo en RoFuE hay un inconveniente: los algoritmos de Kalman y K-medias de la biblioteca de OpenCV no están disponibles para Processing. Este lenguaje es muy popular entre estudiantes de ingeniería, diseñadores y artistas electrónicos, está diseñado a un nivel más alto y no es tan poderoso como otros lenguajes. Esto es para hacerlo accesible a públicos menos especializados y por lo regular depende de bibliotecas que hacen de intermediario como JavaCVPro y SimpleOpenNI que sirven para utilizar en Processing OpenCV y OpenNI.

Después de instalar estas bibliotecas exitosamente logré obtener la nube de puntos y programar un filtro que dividiera por colores los objetos que se encontraran a diferentes distancias (Ilustración 52). Hacía falta implementar K-medias para identificar cada cumulo de puntos como sujetos y Kalman para el seguimiento, pero JavaCVPro no tiene implementado ninguno de los dos. Estuve buscando alguna biblioteca para Processing que tuviera estas funciones programadas pero no la encontré. Lo más que fueron códigos que visualizaban en abstracto los algoritmos, pero ninguno estaba implementado para su aplicación en visión.



Ilustración 52- Captura, nube de puntos con un filtro de distancias, programado en Processing, 2013.

La opción era programarlos yo mismo con ayuda de los expertos de visión del laboratorio de Biorobotica del Posgrado de Ingeniería de la UNAM. Surgió otro problema, ellos programan en C++, donde las bibliotecas de OpenCV se pueden usar plenamente. Esta era la segunda vez que buscaba una biblioteca para Processing que no estaba implementada, la primera vez fue con los campos potenciales artificiales.

La oportunidad perfecta había llegado, tenía que programar un filtro desde cero.

Ir a:



ROOM FULL of EMPTYNES

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES

K-MEDIAS [K- MEANS]

ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA

VISIÓN COMPUTACIONAL



## K-MEDIAS [K- MEANS]

El closterizado de *k-Medias* (k-Means) es un método de análisis de clusters<sup>46</sup> que tiene como objetivo particionar  $n$  observaciones en  $k$  clusters, en la que cada observación pertenece al cluster con la distancia más cercana, esto da lugar a una partición del espacio en células de Voronoi (Kanungo, Mount, Netanyahu, Piatko, Silverman, & Wu, 2002).

k-Medias es un sistema basado en los diagramas de Voronoi (Ilustración 53). Estos dividen un espacio en grupos definidos por una serie de semillas repartidas en el plano. Se calcula la distancia euclidiana de cada punto en el plano a la semilla y así se busca cual de las semillas es la que está más cerca, asignando ese punto a esa región. Esto logra una división del plano donde cada parte de él corresponde a una de las semillas (Miu, 2001).

k-Medias es un método estocástico que no garantiza encontrar la mejor solución pero encuentra de forma rápida una solución que sea suficiente.

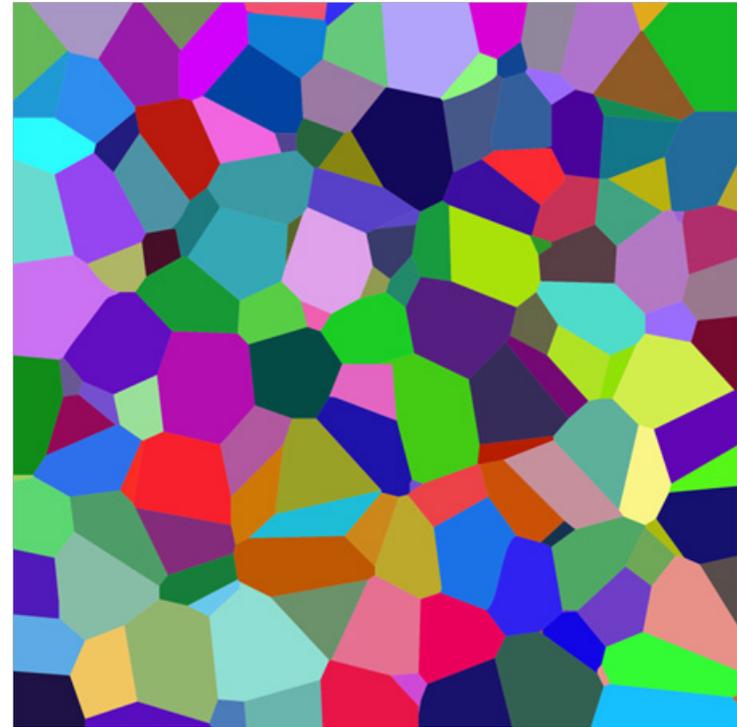


Ilustración 53. Capa a color de una diagrama de Voronoi 3D. Imagen tomada de Wikipedia.

<sup>46</sup> Una clusterización es una segmentación de una población heterogénea en cierto número de subgrupos más homogéneos o ubicar ciertos grupos en un conjunto de datos basados en ciertos criterios de similitud (Estivill-Castro).

A continuación se expone el modelo de k-Medias y como se visualiza cada parte programada en Processing.

Dado un cumulo de puntos que pueden ser: los pixeles de una imagen, puntos en el espacio, localizaciones geográficas, personas en un lugar... (Eq. 9).

$$D = (x_1, \dots, x_n) \quad x_i \in \mathbb{R}^d \quad (\text{Eq. 9})$$

Donde  $D$  es un conjunto de datos que pertenecen a un espacio dimensional  $\mathbb{R}^d$  (Ilustración 54).



Ilustración 54. Primer parte del algoritmo de K-medias en la que se arrojan puntos a lo largo y ancho del lienzo de forma aleatoria.

Se arrojan aleatoriamente *centroides*  $M$  a lo largo y ancho de la imagen. El numero *centroides* se seleccionan de ante mano, de forma empírica, buscando el mejor resultado mediante prueba y error (Eq. 10).

$$M_1, \dots, M_k \in \mathbb{R}^d \quad (\text{Eq. 10})$$

Donde  $M$  son los centroides que se esparcen aleatoriamente en el espacio dimensional  $\mathbb{R}^d$  (Ilustración 55).

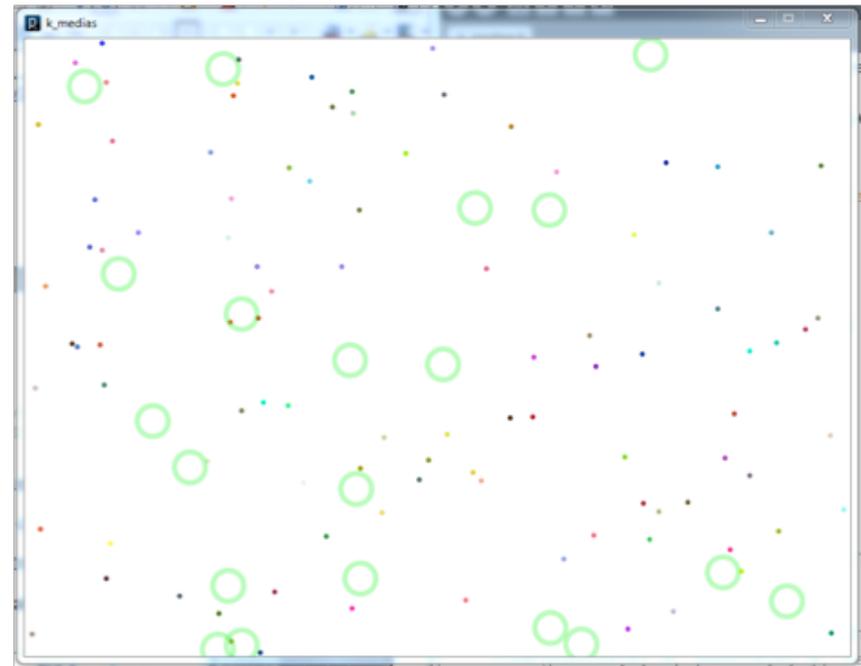


Ilustración 55. Segunda parte del algoritmo de K-medias. Sobre los puntos en el lienzo se arrojan centroides de forma aleatoria, el número de centroides es decidido arbitrariamente.

Se calcula la distancia entre cada uno de los puntos  $a_{ij}$  a todos los centroides  $M$  arrojados (Ilustración 56), poniendo un índice a cada punto que indica que centroide está más cerca (Eq. 11).

$$\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n a_{ij} \|x_i - m_j\|^2 \right) \text{ donde } a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si es asignada sobre } a_{ij} \\ 0 & \text{cc.} \end{cases} \quad (\text{Eq. 11})$$

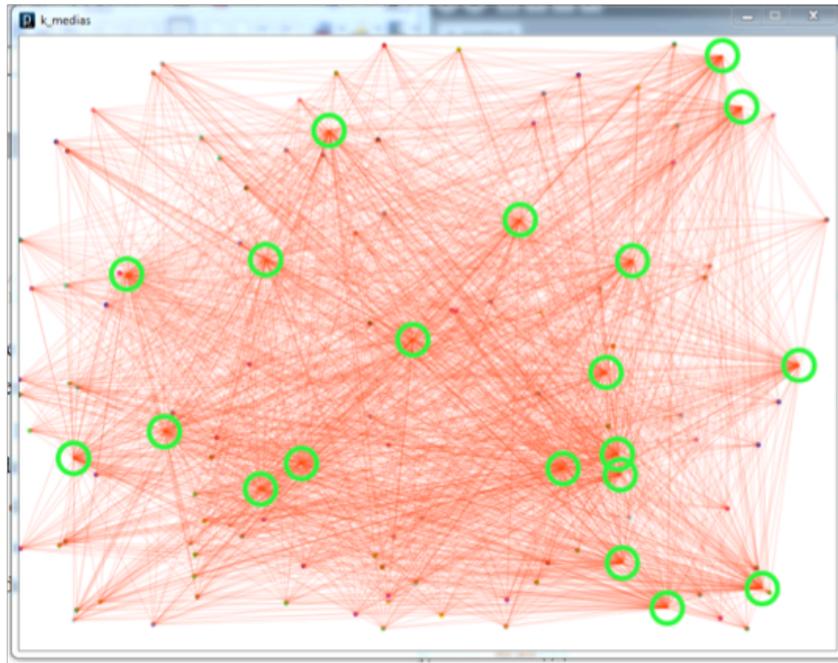


Ilustración 56. Tercera parte del algoritmo de K-medias. Se obtiene la distancia de cada punto con todos los centroides asignándole el índice del centroide que tiene más cerca.

Se obtiene la media entre todos los puntos que se definieron cercanos a ese centroide para obtener las coordenadas del centroide de ese grupo.

Luego se reubican los centroides, eliminan los que están en el mismo sitio para reducir su número y de esta forma se forman los grupos o clusters, coloreando de un color diferente a la sección que correspondiente a cada centroide en particular (Ilustración 57).

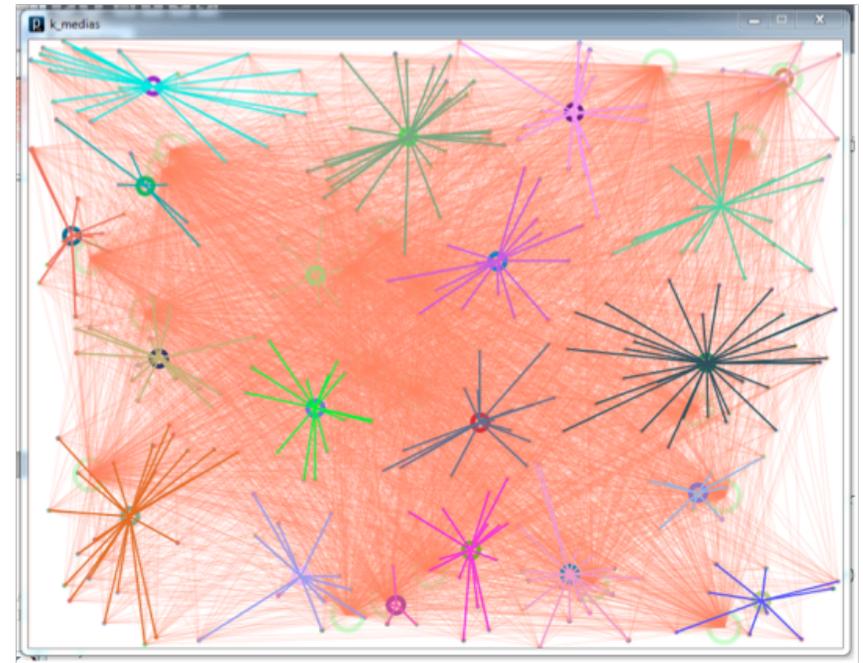


Ilustración 57- Cuarta parte del algoritmo. Se saca la distancia media de todos los puntos que coinciden en su índice con el mismo centroide para obtener las coordenadas del centroide de ese grupo y se reubica el centroide en su nueva posición.

En RoFuE estos clusters después de pasar por un filtrado de k-Meadias, dividirán a la nube de puntos de cada persona en la habitación.

Una vez que k-Meadias identifique los centroides de cada nube de puntos, se necesitara usar un filtro de Kalman para que no se pierda o confunda el centroide obtenido y así poder rastrear a la persona. Las coordenadas obtenidas de cada una de las personas y su altura activarán las células virtuales de la retícula y marcará el estrato sonoro en el que se encuentra.

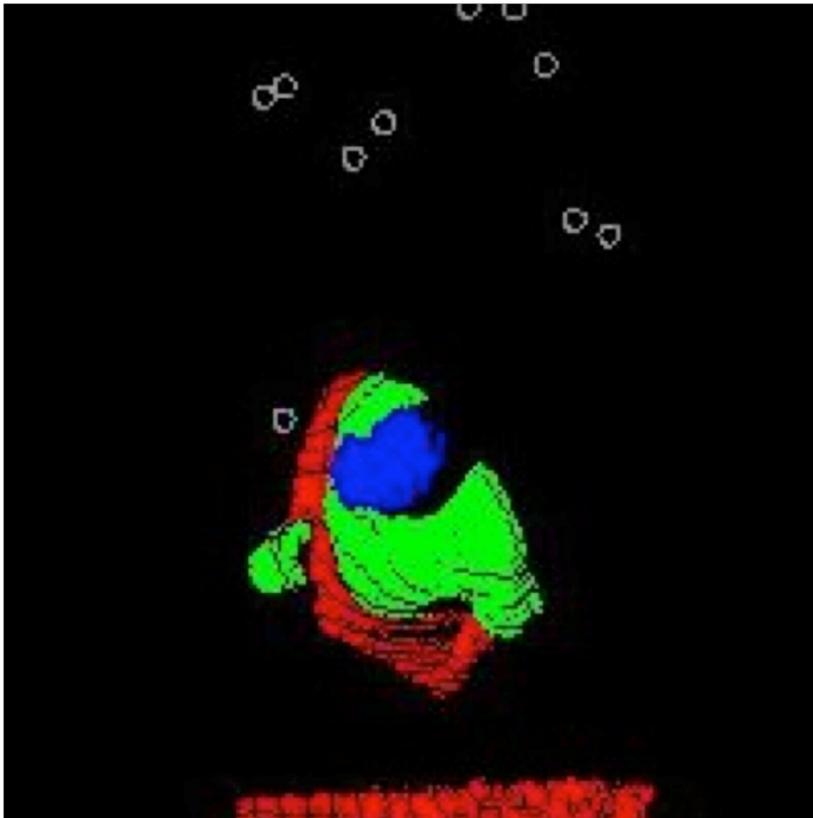


Ilustración 58. Aquí se muestra como se reparten los centroides aleatoriamente sobre la nube de puntos generada por la Kinect.

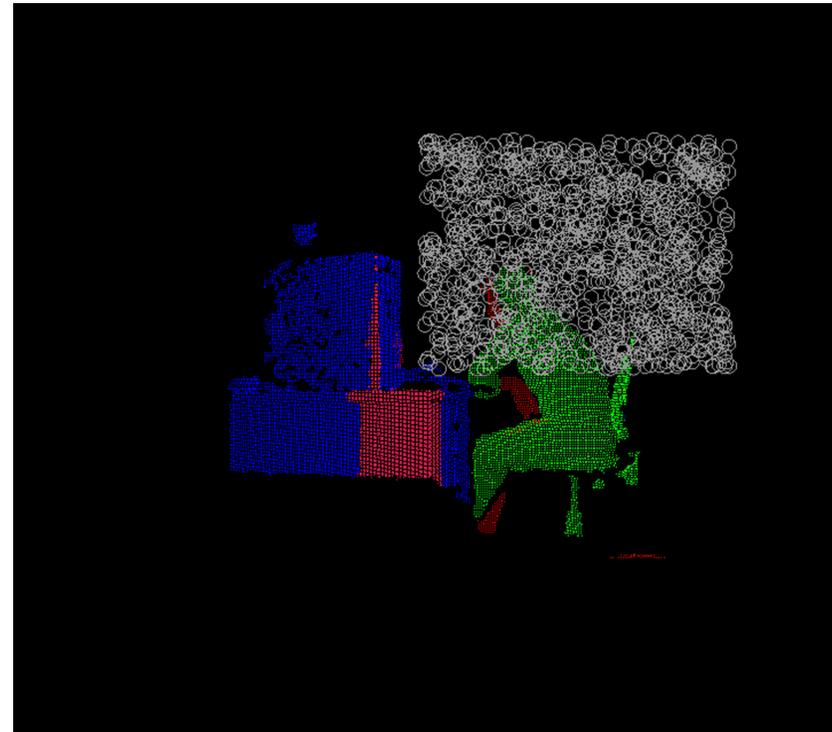


Ilustración 59. Nube de puntos en vista aérea, con filtrado de distancias a colores. Pensado para obtener la altura del usuario y los centroides del algoritmo de K-medias.

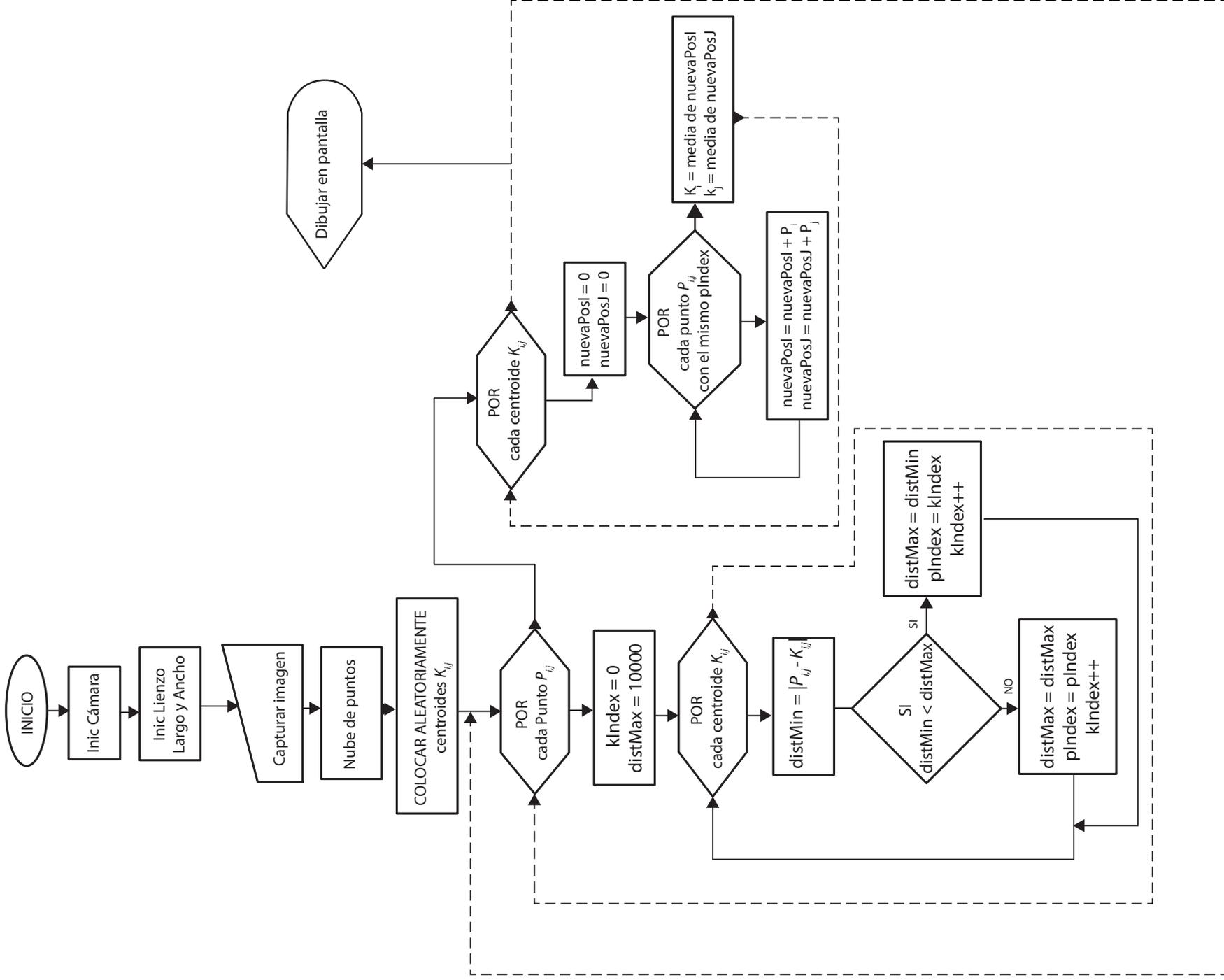


Ilustración 60- Representación gráfica del algoritmo de K-medias.



INICIO

Capturar imagen

Obtener Nube de puntos

Colocar aleatoriamente los centroides

```
POR (p = 0; p < pTotal; p++)
  kIndex = 0
  distMax = 10000
```

```
POR (k = 0; k < kTotal; k++)
  distMinima =  $|P_{i,j} - K_{i,j}|$ 
```

```
SI (distMinima < distMaxima)
```

```
  distMax = distMin
```

```
  pIndex = kIndex
```

```
  kIndex++
```

```
SI NO
```

```
  distMax = distMax
```

```
  pIndex = pIndex
```

```
  kIndex++
```

```
POR (k = 0; k < kTotal; k++)
```

```
  nuevaPosI = 0
```

```
  nuevaPosJ = 0
```

```
POR (p = 0; p < pTotal; p++)
```

```
   $K_i = \text{nuevaPosI} + P_i$ 
```

```
   $K_j = \text{nuevaPosJ} + P_j$ 
```

```
   $K_i = \text{media de nuevaPosI}$ 
```

```
   $K_j = \text{media de nuevaPosJ}$ 
```

DIBUJAR EN PANTALLA

Ilustración 61 - Pseudo Código del algoritmo de K-medias.

Ir a:



ROOM FULL OF EMPTYNESS



EL MODELO MATEMÁTICO



VISIÓN COMPUTACIONAL



MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE





# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PROGRAMABLE

HAROLD COHEN

CÓDIGO

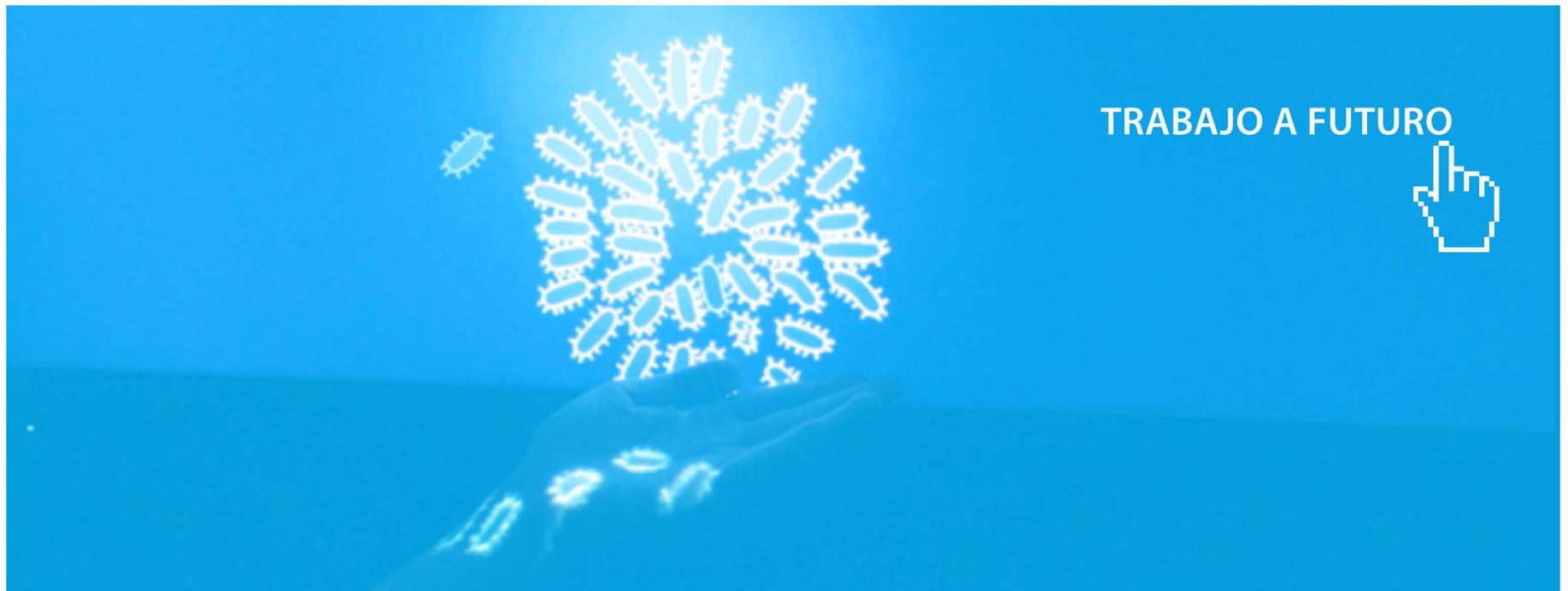
ROOM FULL OF  
EMPTINESS

MATRÍZ

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES

CONCLUSIONES

FUENTES  
DE CONSULTA





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INTERFAZ

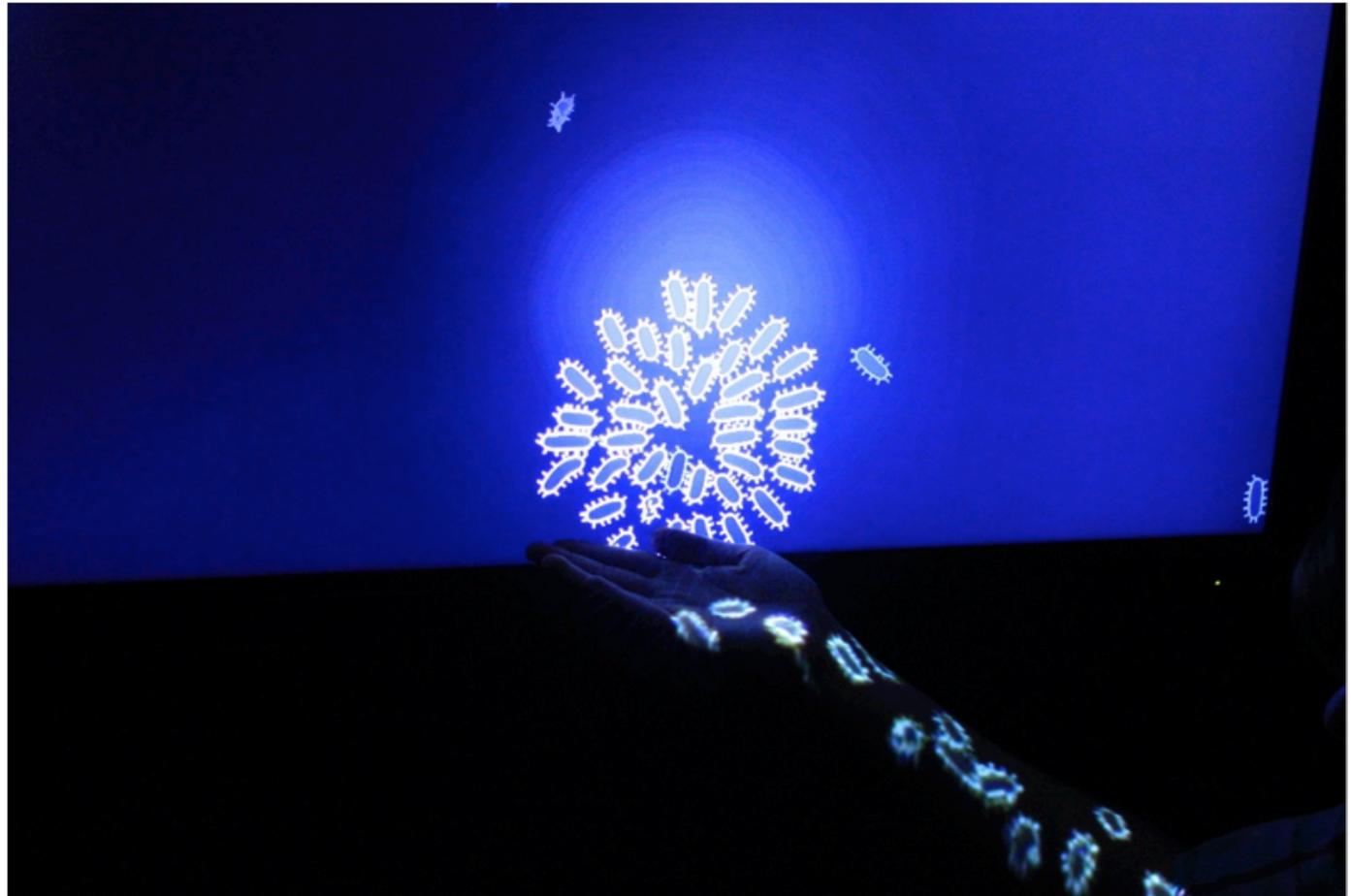


Ilustración 62- Christine Sugrue 2007, *Delicated Boundarie*, Instalación interactiva.

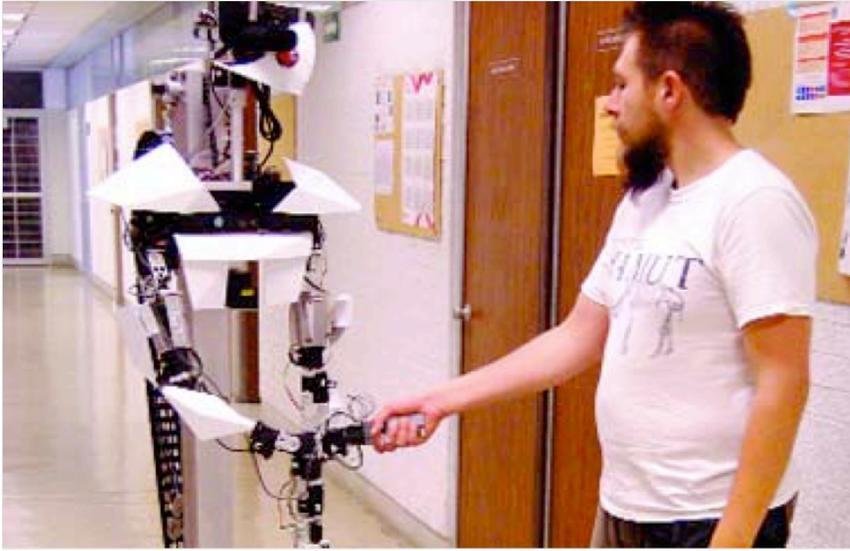


Ilustración 63- Justina, Robot de servicio del Laboratorio de Biorobotica de la UNAM, interactuando con uno de los investigadores.

*Los sentidos, sin ayuda, nos permiten ver, digamos el cinco por ciento de lo que existe. Por medio del micro-esto, micro-aquello, tele-esto, tele-aquello, exploramos lo demás. Puesto que si bien pobres, hemos recibido las impresiones de abundancia que nos rodean, ¿no hemos de suponer con cierta seguridad, ahora que tenemos más de lo que podemos utilizar, que cualquier cosa es sin que importen dónde cuándo ni para quién?*

(Cage, 2010).

El diccionario Cambridge define interfaz como: *la conexión entre dos piezas de equipo electrónico o entre una persona y una computadora / la situación, forma o lugar donde dos cosas se unen y se afectan entre sí*.<sup>47</sup>

*Delicated Boundaries* (2007) de Christine Sugroe habla sobre la delicada línea que divide el mundo virtual del mundo real, esta instalación interactiva (Ilustración 62) trabaja sobre el concepto de

interfaz, ya que hace evidente el punto donde un espacio y otro se tocan: virtual-real, computadora-hombre. Con el desarrollo del fuselaje de un robot es parecido lo que pasa. El fuselaje es la apariencia y es lo primero con lo que hace contacto una persona al intentar interactuar con él. Su apariencia puede invitar a que se trate de una manera u otra al robot, facilitando así la interacción o entorpeciéndola.

Al ver *Delicated Boundaries* lo que encontramos es: en medio de un ambiente oscuro una gran pantalla con bacterias animadas que circulan dentro de la pantalla, se mueven sin ninguna perturbación hasta que alguien se aproxima a la pantalla y la toca, en ese momento las bacterias parecen percibir a la persona y se acercan a la zona donde la mano tocó la pantalla; si permaneces un momento más tocando la pantalla, cuando las bacterias virtuales se acercan a tu mano, literalmente se salen de la pantalla y empiezan a subir a tu mano y a habitar tu cuerpo en vez de la pantalla en la que estaban antes, inclusive si alguien te toca, las bacterias digitales podrían pasar a su cuerpo y asimilarlo como su nuevo huésped, si por cualquier motivo las bacterias caen del cuerpo receptor simplemente desaparecen. Al final nuevas bacterias vuelven a aparecer en la pantalla.

En esta obra uno se emociona al ver como las bacterias virtuales salen de la pantalla y empiezan a recorrer tu cuerpo. En realidad uno no puede sentirlas, solo verlas. Es una ilusión construida por un sistema de rastreo que reconoce el cuerpo de una persona y proyecta desde arriba a los nuevos bichos sobre el huésped. Pero es casi como si uno pudiera sentirlos reptando

<sup>47</sup> Interface: a connection between two pieces of electronic equipment, or between a person and a computer / a situation what, or place where two things come together and affect each other. (Cambridge Dictionaries, Interface, 2013)

amablemente sobre la piel. La pieza permite percibir el límite entre un ambiente tan importante y representativo de nuestra época, el ambiente virtual que está cada vez más presente en la vida física, la modifica, afecta e interviene con mayor fuerza y el ambiente real. Podemos ver como una pequeña cosa que surge en un espacio virtual lo trasgrede y se posa sobre nosotros.

Este es un tema que tiene muchas aristas, parafraseando la obra de Sugro, acerca de los *delgados límites* entre el mundo real y el mundo virtual. Un claro ejemplo son las redes sociales (en esta época Facebook), o en otro sentido el fuerte impacto que tuvo WikiLeaks (WikiLeaks, 2007) dedicado a hacer pública información que muchos gobiernos y empresas desean mantener en el anonimato. Una evidencia del impacto de WikiLeaks es la violenta reacción por parte de los Estados Unidos en la persecución de Julian Assange, fundador de WikiLeaks que desde hace varios años estado buscando asilo político en diferentes países, ante la demanda de los Estados Unidos de Norteamérica de extraditarlo para juzgarlo en ese país bajo los cargos de espionaje. Estos son ejemplos de la forma en la que la realidad virtual puede afectar a la realidad física.

El problema de la interfaz sería ¿cómo nos relacionamos con las máquinas de qué forma las percibimos, como introducimos información en ellas y como visualizamos o recibimos el resultado de los procesos que les pedimos ejecuten para nosotros?

Durante la investigación los dos medios en los que se tejió la interfaz, cómo se menciona en algunas partes del texto, fue la

ingeniería y la escultura. Más inclinado al arte se encuentra el proyecto RoFuE<sup>48</sup> y Bichos Proxémicos V. 1.5 que son ejemplos de *arte electrónico*. Del lado de la ingeniería y dentro de lo que podríamos llamar computación estética<sup>49</sup>, que precisamente desplaza el foco del arte a la ciencia computacional pero modificada a través de procesos, técnicas ó herramientas relacionadas con una visión estética. Dentro de esta área una de los primeros resultados fue el diseño de Interfaces Ergonómicas que está siendo desplazado por el Diseño de Interacción (Nake & Gabowski, 2006).

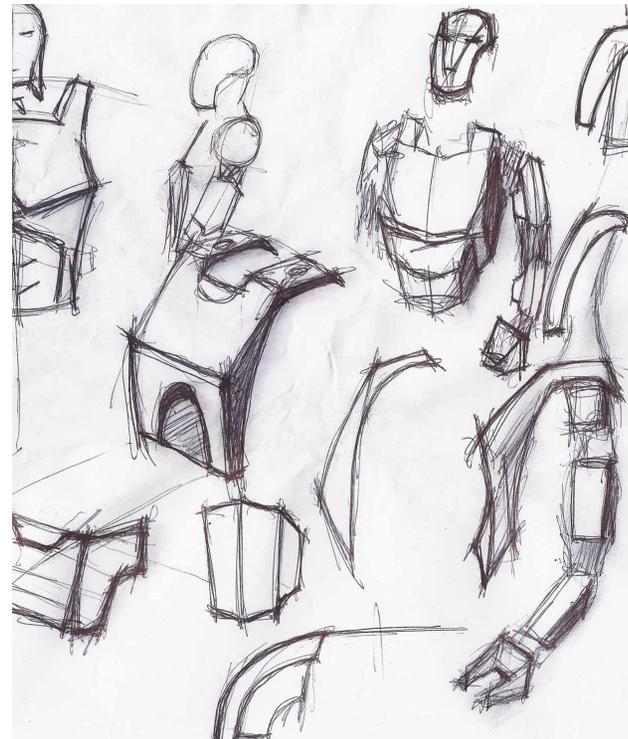


Ilustración 64. Bocetos de Alonyo Carmona, 2012.

<sup>48</sup> Véase el modulo ROOM FULL of EMPTYNESS pg.93

<sup>49</sup> Se define la Computación Estética como: la aplicación de la teoría y la práctica del arte en el campo de la computación (Fishwick, 2006).

La experiencia en el área de la computación estética fue el diseño del fuselaje de Justina quien es un robot de diseño humanoide construido y programado en el laboratorio de Biorobótica<sup>50</sup> de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

La experiencia diseñando el fuselaje de Justina fue muy diferente a la de construir obras de arte electrónico, en este caso el reto fue adaptarse a un entorno muy diferente al del taller artístico y formar parte del equipo del laboratorio como un miembro más, encargado de uno de los módulos del robot: el fuselaje.

Mi participación en el proyecto de Justina fue en dos etapas, la primera en la que desarrollé junto con el diseñador industrial Alonyo Carmona el concepto del fuselaje para la competencia internacional de robótica RoboCup2012. En este momento la primera aproximación al fuselaje fue desde un plano artístico, buscamos desarrollar un concepto antes que la forma y lo primero que hicimos después de medir al robot y generar una biblioteca visual de lo que son los robots fue bocetar la propuesta. (Ilustración 64 , Ilustración 65, Ilustración 66).

Las primeras referencias a las que recurrimos fue a la ciencia ficción, allí buscamos inspiración. Tratamos de alejarnos de la idea de un robot con una estética minimalista, con formas muy suavizadas y colores discretos, los cuales por lo general tienen una apariencia limpia y amable como el robot de servicio de la Universidad Tecnológica de Eindhoven (TU/E) (Ilustración 67).



Ilustración 65- Bocetos en plastilina y estructura preliminar del fuselaje.

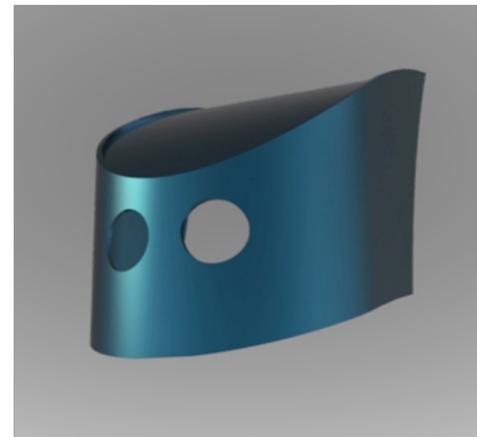


Ilustración 66- Boceto virtual de Alonyo Carmona, 2012.

<sup>50</sup> Se puede obtener más información de los proyectos del laboratorio en <http://biorobotics.fi-p.unam.mx/> (BioRobotics, 2013)



Ilustración 67. Robot de servicio de la Universidad Tecnológica de Eindhoven.

Tratamos de alejarnos de este tipo de resultados ya que son los más comunes y por estar vinculados con la producción artística queríamos que el fuselaje del robot no sólo fuera funcional y agradable sino que tuviera un concepto detrás de sí, incluso una ficción, queríamos darle personalidad al robot. Recurrimos en un inicio al *steampunk*<sup>51</sup> por ser una alternativa a esta estética que mostramos con el robot holandés, que es muy común y difundida en el mundo de la robótica. La opción fue pensar en el robot como algo viejo, lo cual contradice su realidad ya que es una pieza muy costosa en muchos sentidos.

Para llevar la propuesta a un punto que tuviera relación con nuestra tradición cultural, partimos del steampunk que alberga una estética Victoriana y la desplazamos hacia el Barroco, de allí tomamos la idea de usar terciopelo color púrpura, y una chapa de hoja de oro con betún de Judea, para dar esa apariencia de las esculturas religiosas, además de aparentar que el material estaba viejo y lleno de óxido (Ilustración 68).

El resultado fue que Justina realmente parecía un robot sacado de otra época, desenterrado de alguna zona arqueológica y ataviada con viejos ropajes, ya gastados por el tiempo. La idea de diseño de Justina (que apareció en la RoboCup 2012) hablaba sobre un robot majestuoso de una época virreinal, que se encontraba olvidado y fue restaurado parcialmente para habitar en nuestra era.

<sup>51</sup>El steampunk es un subgénero de la ciencia ficción caracterizado por maquinarias propulsadas por vapor, en vez de usar alta tecnología (Oxford Dictionaries, 2014).



Ilustración 68. Detalle de la máscara de Justina, con el acabado en chapa de oro y betún de Judea.

El fuselaje de Justina fue mejor entendido por los científicos más jóvenes. Una de las críticas que recibió este diseño fue que la apariencia de Justina era poco amigable, es decir, que impresionaba a algunas personas haciendo un poco más difícil la interacción con el robot. Por este motivo se rehízo el acabado del fuselaje dándole una vez más su apariencia sobria y elegante.

Un punto importante es que la apariencia del robot, su interfaz física, no sólo necesita ser funcional sino ayudar a que la interacción con las personas sea más fácil. En su artículo de 1970 Masahiro Mori (Masahiro, 1970) propone que los humanos generamos una sensación de agrado cuando algo es parecido a nosotros en su forma o movimientos. Si esta similitud aumenta al

grado de que sea casi idéntica a nosotros la sensación se agrada cae en picada, se convierte en desconcierto y extrañeza. Esta sensación solo se desvanece en el punto en que esa apariencia sea indistinguible de la de un humano vivo y sano (Ilustración 69).

En ninguna de las tres versiones del fuselaje de Justina éste cae en el *Uncanny Valley*, ya que se asemeja al humano sólo en la estructura más básica, tiene una cabeza un par de brazos y un tronco, pero no tiene dedos, no tiene piel e inclusive no tiene piernas en vez de eso tiene una base móvil con ruedas (par diferencial). Reflexionando sobre el artículo de Masahiro Mori, lo que concluyo es que lo que provocaba rechazo en la apariencia de Justina en su estilo Barroco y desgastado, pudieron ser dos:

- La hacía parecer más una máquina vieja y desvencijada que un elegante robot, que es parte de la intención con el steampunk. Y eso chocaba con las ideas de la gente hacia lo que es un robot.
- La combinación de colores dorados y terciopelo vino, evocaban en la memoria dos cosas, reyes y/o obispos. Esto también chocaba con las ideas de la gente, ya que son puestos de poder, no es concebible que sean ocupados por máquinas en vez de personas.

La apariencia de Justina después de la cirugía estética (Ilustración 70) pierde ese toque majestuoso y se vuelve algo más fácil de aceptar, algo más como una enfermera o un asistente. Visualmente se hace más digerible ya que tiene formas lisas un color uniforme, en general tiene un perfil estético más bajo.

En las fotos donde se muestra el fuselaje Barroco (Ilustración 70) la mirada del robot es activa y mira a lo lejos, y en el segundo juego de imágenes con la patina en blanco, aparece con la mirada baja mientras es programada.

En la última versión del fuselaje de Justina, diseñado para la RoboCup 2013, se siguió trabajando sobre la idea de

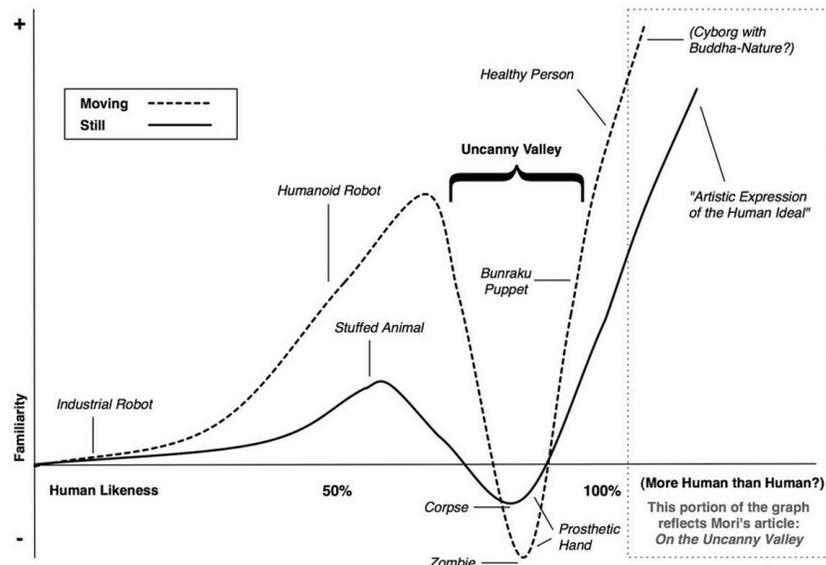


Ilustración 69. Valle del Desconcierto (Uncanny Valley) tomada de <http://www.androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncannyvalley.html>

formas más suaves, restando ángulos al fuselaje y con una paleta de colores blanco, azul y negro. En este caso la experimentación no fue sobre el concepto del fuselaje, sino con los materiales y procesos de producción. El primer fuselaje (el Barroco) se realizó completamente a mano con técnicas para la realización de maquetas arquitectónicas y producción de atrezzo para teatro. Se

utilizó polipropileno laminado, cortado y pegado a mano con una cubierta de pasta automotriz y el estufado con hoja de oro y betún de Judea, como se mencionó antes.

En la versión 2013 se modeló la estructura mecánica de Justina, después de tomar medidas precisas. Sobre este modelado

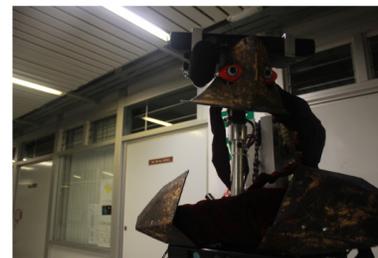


Ilustración 70. A la izquierda Justina con diseño Barroco, a la derecha su diseño más sobrio.

(Ilustración 71) se diseñó el fuselaje de la base que se mandó a cortar en metacrilato por corte láser, las tenazas se vaciaron en plástico uretano después de hacer una matriz base, al igual que la máscara, que no varió en diseño solo en material (esta fue elaborada por el escultor Irving Minero, también estudiante de la

Maestría en Artes Visuales de la UNAM) y los tubos que cubren los brazos son de plástico teflón.

Aquí ya no se trató de generar una apariencia en base a un tema, partimos hacia el uso de materiales más resistentes y buscábamos dar una apariencia más sofisticada al robot al mismo tiempo que fuera fácil de ensamblar y cubriera todos los requisitos de la competencia. El trabajo artístico se volcó a las necesidades del proyecto.

El modelado en 3D y posterior corte en láser también implica que se pueden hacer modificaciones en el diseño virtual y mandar a cortar nuevas partes o si alguna se rompe por el uso, sustituirla sin la necesidad de que se realice a mano, excepto una pequeña parte de trabajo que es de ajustes.

El hacer moldes para las partes que se vacían en plástico permite vaciar más piezas en caso de que sea necesario y así substituir piezas rotas.

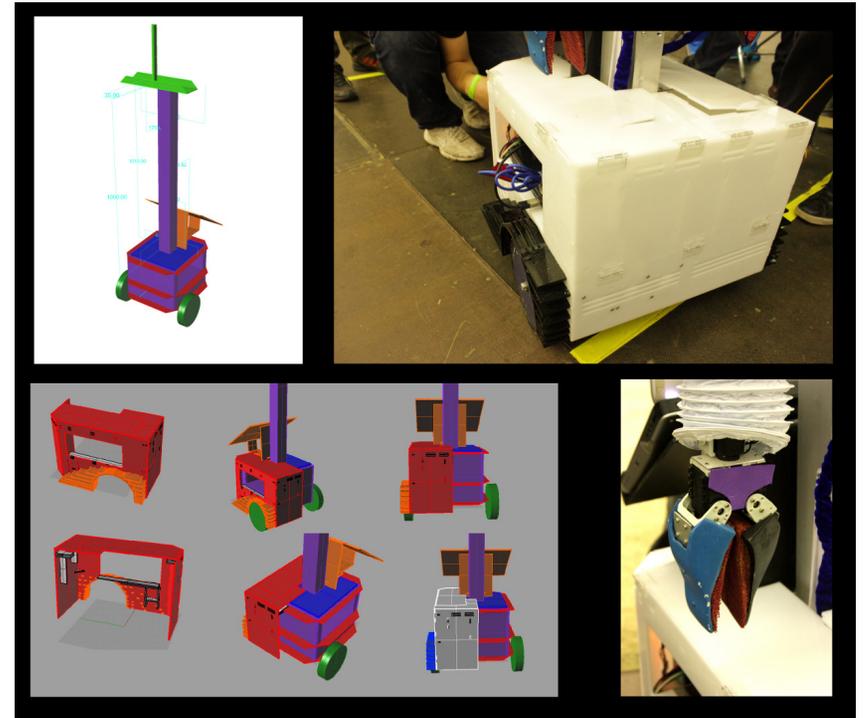


Ilustración 71. Estructura y fuselaje modelado en 3D y fuselaje en metacrilato cortado en láser. El gripper fue realizado a partir de vaciado de plástico uretano.



## JUSTINA V. 2.0

El reto en esta propuesta era el de cambiar la forma de producción. ¿Por qué?

Eso tiene que ver con el principio de la investigación, parte de este proyecto ha sido el buscar herramientas y procesos que se relacionan con la escultura, y más allá con la producción tridimensional. La experimentación en materiales y procesos derivó en el diseño CAD para corte láser y el uso de plásticos más industriales de última generación (los uretanos).

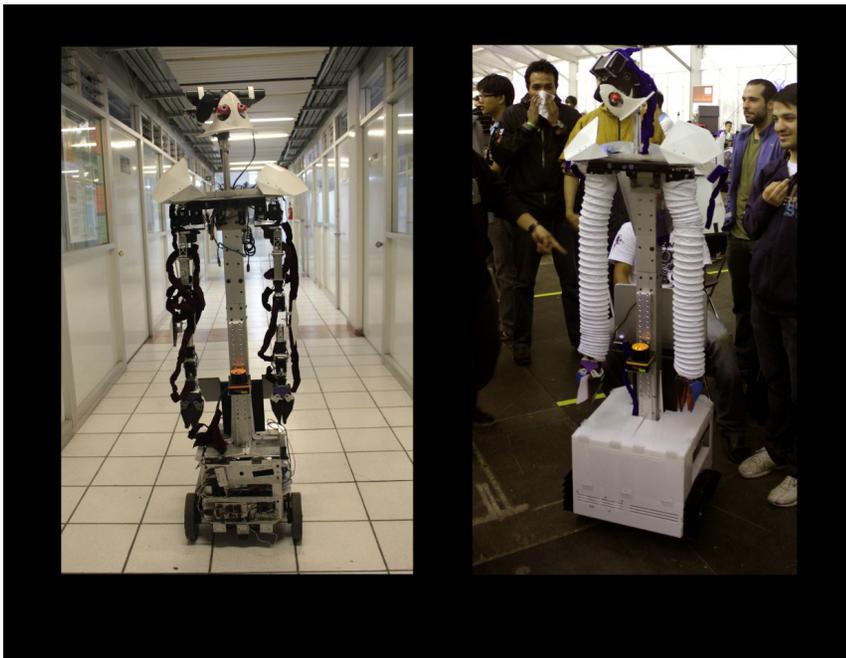


Ilustración 72- Justina en transición de un fuselaje a otro, se conservó el acabado en blanco para dar una apariencia más aceptable para el grueso de las personas.

La investigación llegó a la interdisciplina. Formar parte del equipo del laboratorio de Biorrobótica en un proyecto de investigación científico desde el área artística. Colaborando como responsable de uno más de los módulos, deja comprender desde el interior algunas de las características del trabajo en ingeniería. Estas modalidades de trabajo son al parecer pertinentes y necesarias en la realización de estos proyectos, tanto en un ámbito científico como artístico.

Esto descubre nuevos papeles en los que el artista puede participar en otras áreas. Puede parecer a simple vista, ubicados en la posición del artista del siglo XX y la hegemonía de las galerías y centros de arte como peyorativo, pero en realidad abre puertas que se habían cerrado hacia tiempo para los artistas.

Las obras relacionadas con la robótica y en general con el *arte electrónico*, son mucho más industriales. Los procesos artísticos que se asemejan o se alían a una estructura industrializada son comparables a los medios de producción en el cine. Esto puede ser ventajoso, o peligroso e inclusive cuestionado. Ahora que muchas de las estructuras del sistema artístico se encuentran saturadas y agotadas, permite incidir en nuevas áreas desde un punto de vista artístico pero utilizando no solamente estos saberes ya que se necesita manejar el lenguaje del área en la que se incursiona.

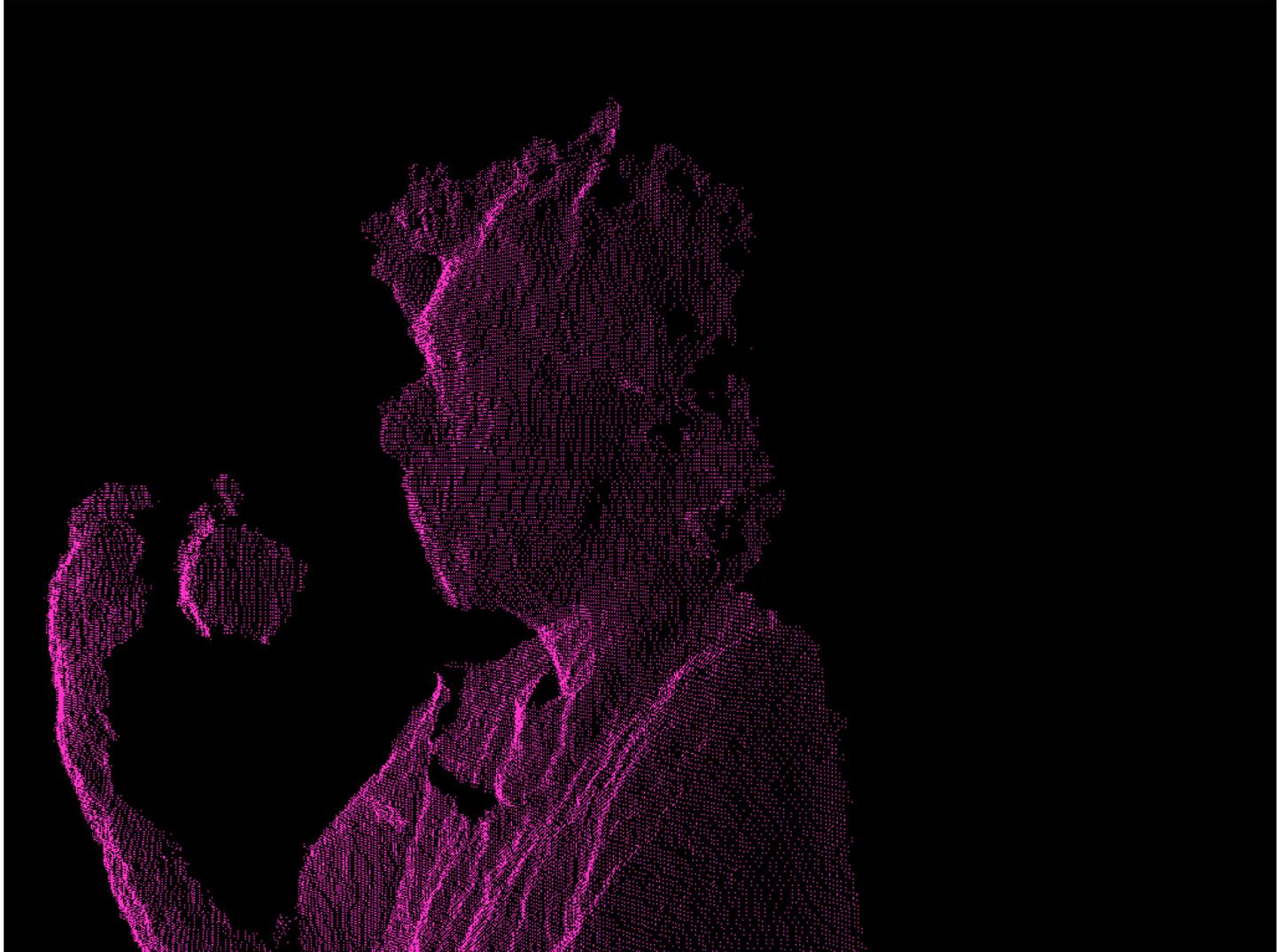
A título personal esto ha sido un descubrimiento alentador. En esta época en que muchas cosas en el mundo están en crisis: la economía, los afectos, el arte, las comunicaciones, las creencias, las relaciones interpersonales, se están redefiniendo y esto ocasiona una migración entre las áreas. Se cuestionan ideas establecidas, se ensayan nuevas y se están abriendo vías de acción, seguramente muchas de ellas no florecerán, pero algunas sí y en ellas existe la posibilidad de entender desde una perspectiva diferente la realidad.

Ir a:

	MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE
	ZEEB ZOB INTERFAZ ROBÓTICA DE ACTUACIÓN
	BICHOS PROXÉMICOS V 1.0
	ESTÉTICA COMPUTACIONAL
	ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA
	RETÍCULA VIRTUAL
	CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES
	K-MEDIA (K-MEANS)
	VISIÓN COMPUTACIONAL
	CONCLUSIONES



## VISIÓN COMPUTACIONAL



*Ilustración 73- Autorretrato (2012), Joaquín R. Díaz, realizado en processing con el código de Max Rheiner.*

La visión computacional ha empezado a formar parte de las propuestas de arte de los nuevos medios por su capacidad para generar sistemas interactivos. En el proceso de analizar las imágenes digitalmente, incluso se pueden obtener resultados que son muy ricos visualmente.

La *Visión Computacional* trata de obtener información del mundo que nos rodea a través de la adquisición de imágenes fijas o en movimiento. Se busca obtener datos cómo forma, distribución de color e iluminación. Esto se hace con la ayuda de modelos construidos mediante física, geometría estadística y teoría del aprendizaje (Szeliski, 2010).

Se le considera a la visión computacional como una disciplina dentro de la *Inteligencia Artificial* (AI por sus siglas en ingles). La visión computacional se menciona tempranamente en el *Test de Turing* como una de las capacidades que necesitaría una máquina para poder pasar el test (Russell & Norving, 2009). Las habilidades que debiera tener una máquina para lograr pasar esta prueba son las siguientes:

- Procesamiento de lenguaje natural
- Representación del conocimiento
- Razonamiento automatizado
- Aprendizaje de máquinas
- Visión computacional
- Robótica

Muchas de ellas se han empezado a usar para el desarrollo de proyectos artísticos.

Algunas de las aplicaciones de la visión computacional son (Szeliski, 2010):

- Control de procesos en robots industriales.
- Navegación de vehículos autónomos.
- Detección de eventos en vigilancia o conteo de personas.
- Organización de información indexando bases de datos de imágenes y secuencias de imágenes.
- Análisis de imágenes médicas o modelos topológicos.
- En la *Interacción Hombre-Máquina*.
- Inspección automática en aplicaciones industriales.

En la visión computacional se analiza la imagen como un conjunto de datos. Desde este punto de vista la imagen ya no es más la representación del mundo, sino datos en una matriz susceptibles de ser analizados de forma matemática. Estos análisis matemáticos permiten que la computadora pueda reconocer elementos en las imágenes analizadas. En primera instancia este análisis puede discernir formas primitivas como puntos, líneas, planos y esquinas. A través de la configuración de estas formas primitivas se puede analizar la imagen y obtener información más concreta como por ejemplo identificar rostros, la postura de un cuerpo -que a su vez podría estar relacionada con una actividad-, los colores en una fotografía satelital -que podrían hablar de las características de ese terreno, la trayectoria de un vehículo o una persona etc.

En la visión computacional se utilizan por lo regular cuatro tipos de cámaras: RGB, TOF (Tiempo De Vuelo por sus siglas en ingles), estereoscópicas y RGB-D como el sistema Kinect Microsoft. A demás de las imágenes adquiridas por resonancia magnética (MRI por sus siglas en ingles).

En esta investigación se utilizaron cámaras Web (RGB) y cámaras RGB-D, con la que se propine desarrollar la obra RoFuE.

La biblioteca de OpenCV es una colección de algoritmos desarrollados para visión computacional. Originalmente fue desarrollada por Intel ahora se encuentra bajo una licencia abierta. Es desarrollada por una comunidad de programadores, tanto independientes como integrados a alguna empresa o un instituto de investigación (Bradski & Kaehler, 2008).

Originalmente pensada para lenguaje C y C++, es necesario utilizar como intermediario a JavaCVPro, que es una biblioteca de visión desarrollada para el lenguaje Java, para poder usarla en *Processing* (*Processing* está basado en lenguaje Java).

OpenNI es una biblioteca de visión desarrollada para la cámara Kinect (Borestein, 2012).



Ilustración 74- Detector de dedos (2012), JavaCVPro. Programador: X. Hinault.



Ilustración 75- Cámara Kinect sin la carcasa exterior. Tomada de (Borestein, 2012).

La Kinect (Ilustración 46) es una cámara RGB-D de gran capacidad y bajo precio. Esta cámara se popularizó muy rápidamente entre diseñadores, científicos e ingenieros a partir del 2010<sup>52</sup>.

Para utilizar estos sistemas de visión se necesita conocer algún lenguaje de programación (como C, C++, Java, Python, C#, etc). En el medio artístico se han comenzado a utilizar desde el año 2000 lenguajes de programación con una orientación más visual y una sintaxis simplificada como *Processing* y *openFrameworks*. También se han comenzado a usar software como *VVVV* y *Max/MSP* que se conocen como lenguajes visuales, ya que se programan como si fueran diagramas de flujo vinculando módulos que albergan funciones y datos en vez de programarse mediante línea de código.

<sup>52</sup> En el año 2010 Microsoft pone a la venta el sistema Kinect para Xbox 360, este fue un proyecto que se desarrolló en secreto bajo el nombre de Proyecto Natal junto con la empresa israelí Prime Sense -esta empresa se dedica al desarrollo de cámaras para vigilancia y la industria- quienes desarrollaron el hardware de la Kinect. Al ver esta cámara científicos e ingenieros se dieron cuenta de que podrían substituir a las costosas cámaras usadas para visión, pero su arquitectura era cerrada y podría haber implicaciones legales, además de que no había documentación disponible ni los controladores que permitieran utilizarla. La empresa Adafruit lanzó una recompensa de 1000 dólares para quien pudiera hackear la cámara. Microsoft publicó que su sistema era in-hackeable, tan solo una semana después del anuncio apareció el primer controlador abierto para la Kinect llamado OpenKinect, programado por Shiftman et al., después de su publicación Microsoft lanzó una amenaza diciendo que demandaría a quien publicara controladores del sistema, entonces Adafruit subió la recompensa a 2000 dólares y sumó apoyo para problemas legales, dos semanas después del lanzamiento de la Kinect Microsoft declaró públicamente que abrirían los controladores y ellos mismos producirían la versión para PC de la Kinect, PrimeSense también liberó los controladores y la Kinect se convirtió en la cámara para visión más popular. (Borestein, 2012).



## VISIÓN COMPUTACIONAL Y ARTE

En arte, la visión computacional se ha utilizado para crear piezas interactivas muy tempranas como Videoplace, de Myron Krueger, quien la describe:

*Videoplace es un ambiente conceptual sin existencia física. Este une a personas en lugares diferentes en una experiencia visual compartida, permitiéndoles interactuar de maneras inesperadas, a través del video como medio* (Krueger, 1977).

La instalación crea un ambiente virtual en el que personas en sitios separados conviven en el espacio de la proyección de video generando diferentes reacciones en su interacción, cómo sonidos, accionar gráficos con el movimiento del cuerpo, o hasta interactuar con criaturas virtuales creadas por la computadora.

En esta instalación una sola persona entraba en una habitación con un fondo blanco iluminado, lo que creaba un contraluz y por ende un alto contraste, que permitía que la cámara de video capturara el contorno de la persona fácilmente; cómo la persona se digitalizaba de forma precisa, aunque perdiendo todos los detalles, la computadora podía trabajar fácilmente con esa información y detonar a través de los contornos de las personas los elementos interactivos de la pieza (Krueger, 1977).

Otro ejemplo es el artista Golan Levin, egresado del MediaLab del MIT, quien utiliza en muchas de sus piezas sistemas de visión computacional, como en Double-Taker (Snout) (Ilustración 76).

Golan Levin define su obra como:

*...aborda de forma caprichosa los temas de contacto visual entre especies, coreografía gestual, subjetividad y vigilancia autónoma* (Levin, 2008).

Esta obra está creada a partir de un sistema de rastreo de video, un brazo robótico industrial y la vestimenta del robot (que es un gran tubo flexible parecido a los brazos de los robots de las series de televisión de la década de 1960 *Lost in Space*) con un gran ojo de plástico en la punta del brazo robótico. El brazo robótico se encuentra en la cornisa del Centro de las Artes de Pittsburgh y el sistema de visión en una ventana contigua a la cornisa, desde la cual



Ilustración 76- Golan Levin (2008), *Double-Taker (Snout)*, Instalación Interactiva.

identifica los cuerpos de las personas que entran al museo o pasan enfrente de él. El brazo robótico genera un movimiento en el que simula observar a la gente siguiéndolos con la mirada (Levin, 2008).

Levin utiliza un sistema de visión, que realiza el rastreo de la gente comparando en tiempo real las imágenes que capta la cámara de video, con una fotografía de la vista desde esa ventana pero sin ninguna persona; el sistema compara ambas imágenes y define todos los cambios en la imagen como cuerpos, estos datos sirven para generar las coordenadas hacia las que apuntara el ojo del brazo robótico (Ilustración 77).

En esta obra no tenemos información que nos diga que es un robot quien hace los movimientos y el sistema de rastreo también es invisible. La tecnología queda oculta y el tema: la idea de una comunicación visual que no necesita de palabras, queda resaltado como objeto central de esta obra. El sistema de rastreo y el brazo robótico funcionan en conjunto como un sistema de interactividad que permite que esta escultura cinética se convierta en una obra de arte dialógica, en el que la comunicación entre la obra y el usuario se establece en ambos sentidos, aunque sea de forma aparente.

Según Eduardo Kac (Kac, 1999), los medios dialógicos son aquellos que permiten generar un proceso de comunicación de dos vías, de ida y vuelta, y una obra dialógica interactiva es aquella cuyo objetivo no es la expresión de las formas de la obra, ni es realizada para su contemplación, sino que el fenómeno de comunicación que se genera con el otro, la interacción entre individuos es la obra en sí.

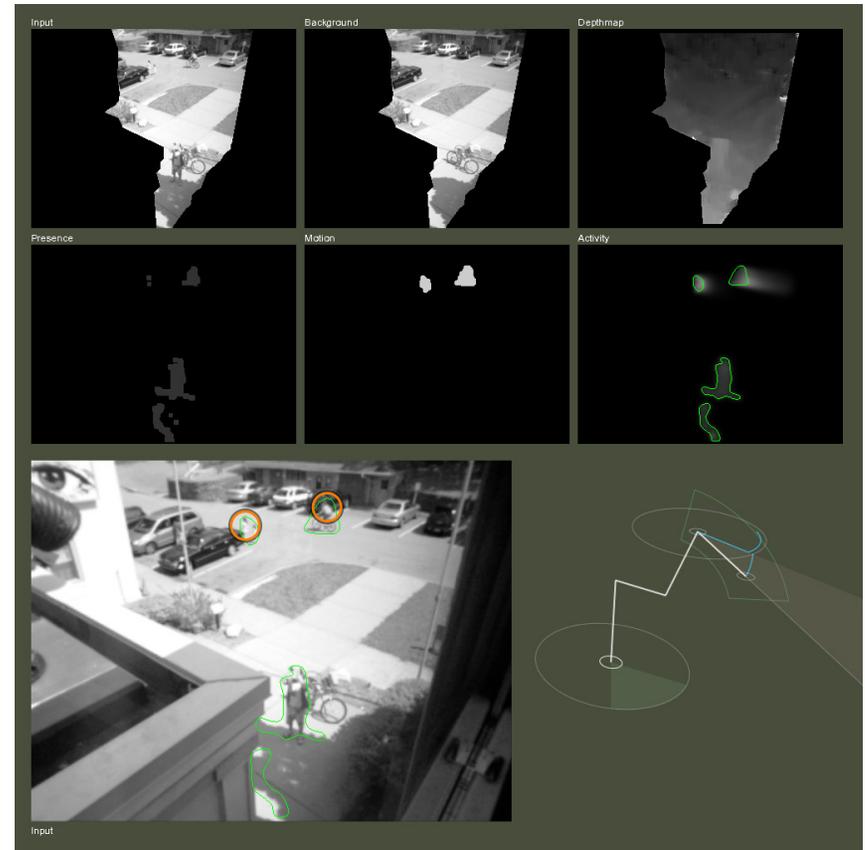


Ilustración 77- Golan Levin (2008), Sistema de visión de la pieza Doble-Taker (Snput), Se muestra el procesamiento de las imágenes capturadas por la cámara y el control de cinemática del brazo robótico.



Para Kac esta comunicación debe de ser establecida entre individuos y no entre un individuo y la máquina exceptuando si se piensa en que la máquina tenga una conciencia o alguna clase de inteligencia artificial, que es el caso de la obra de Golan Levin. Como se menciona atrás, el objetivo de la obra es generar una conciencia intersubjetiva de comunicación entre el interactivo y el ojo que lo observa.

El uso de la visión computacional trae consigo muchas connotaciones como la relación con los sistemas de vigilancia, un tema tan importante para todos en esta época. El tema de la vigilancia se ha problematizado, en ficciones como 1984 de George Orwell, y en el mundo real en los senados de las grandes potencias. Cito una declaración del presidente de los Estados Unidos e Norteamérica Barack Obama realizada en la NSA (Agencia de Seguridad Nacional por sus siglas en inglés):

*...no puedes tener 100 por ciento de seguridad y además 100 por ciento de privacidad y cero inconvenientes” (Russia Today, 2013).*

La declaración de Obama está implicada en las obras realizadas con sistemas de visión, ya que mucha de la vigilancia civil que se realiza es mediante estos sistemas.

Es importante recordar que el arte tiene la posibilidad de cuestionar el medio y las connotaciones implícitas en su diseño, como el control social por ejemplo, siendo usada de forma poética, contraviniendo su función original, lo que puede provocar el debilitamiento simbólico de su función.

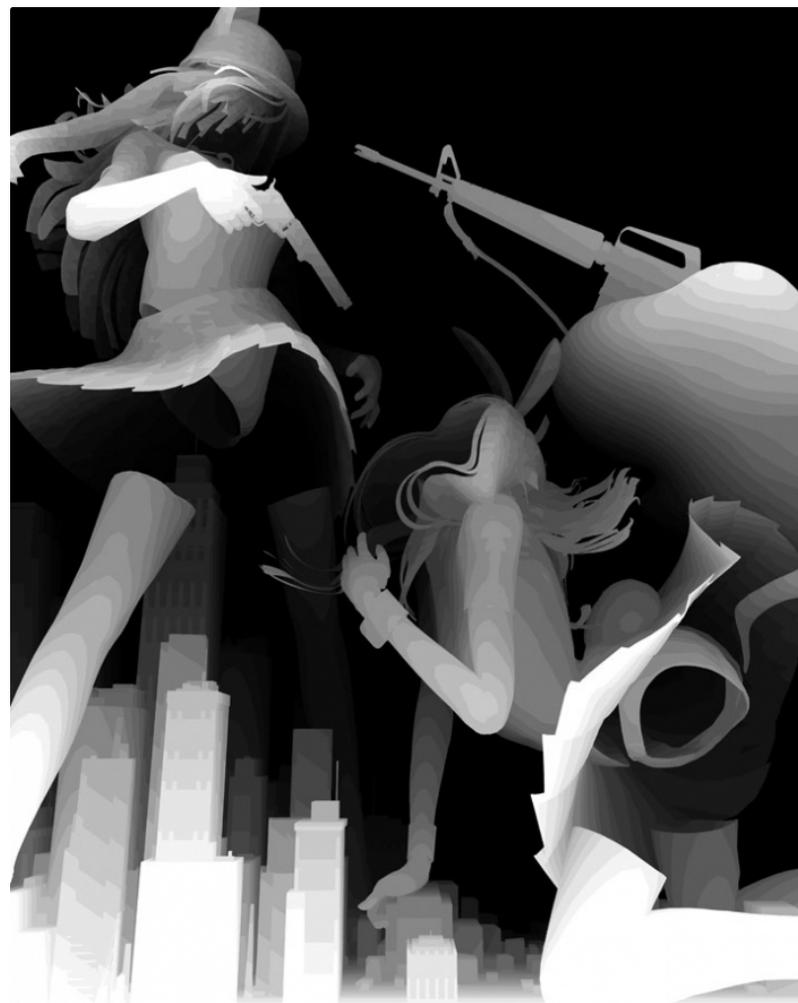


Ilustración 78. Kazuki Takamatsu (2008), HIGH & LOW, Mapa de profundidad. La obra de Takamatsu esta creada a partir del mapa de profundidad, donde el tono de gris de los pixeles corresponde a la profundidad del punto (Panagiotidis, 2014).

Por un lado están las connotaciones implícitas en los sistemas de visión computacional y por el otro los nuevos sistemas de captura de imagen que se utilizan.

Estos dispositivos como los diferentes tipos de cámaras que se mencionaron y la forma en que se visualizan los datos obtenidos por ellos, arrojan al mundo de lo visual una gran cantidad de imágenes que antes no estaban allí. Esas imágenes al principio no son entendidas más que por especialistas, pero con el tiempo y la socialización estas imágenes pasan a ser parte de un nuevo imaginario visual (Alcalá, 2012). Por ejemplo en un principio la radiografía de un pulmón invadido de cáncer no habría podido ser entendida por cualquier persona, pero ahora una persona con un lenguaje visual más limitado podría entenderla y sentir pena por la persona a la que se le sacó la radiografía. Lo mismo pasaría con la grafica del mapa genético de una persona, hoy solo los especialistas la entienden pero mañana podría ser interpretado más fácilmente por cualquier persona e incluso generar empatía en quien lo lea al entender que ciertos genes significan algo en la vida de una persona.

El problema de crear y entender una imagen tiene mucho que ver con acostumbrarnos a ver esa imagen y establecer un vínculo entre la realidad y la forma en la que se le representa. El gran logro de la fotografía en el siglo XIX fue el de crear imágenes hiperrealistas que superaron en corto tiempo a los mejores pintores de su época. A diferencia de lo que provocó la fotografía en su inicio, el mapa de profundidad (Ilustración 78), la imagen por resonancia magnética y la nube de puntos (Ilustración 79 y Ilustración 80), no son imágenes que se aproximan a la realidad de forma hiperrealistas, contienen



*Ilustración 79. James George (2012), Spectacle of Change. Fotografía de la exposicion en ScreenLab MediaCityUK 0X01. En esta exposicion George muestra 6 retratos de diferentes artistas hablando sobre las influencias de la cultura digital. Los retratos son escaneados con el sistema RGBDToolkit que combina una camara kinect con una SLSR y genera en tiempo real el retrato del artista, estos retratos nunca se repiten ya que se generan cada vez que el ciclo inicia nuevamente (George, 2011).*



información en 3D y en el caso de la resonancia electromagnética no solo de la superficie de lo que se observa.

Esta captura de datos por su carácter digital puede ser procesada, en tiempo real o después de la captura. Estos datos pueden ser visualizados de diversas maneras y la imagen ser muy diferente al objeto capturado. Pero si las características de estas visualizaciones se vinculan a la información arrojada por la captura de la imagen se mantiene un carácter de realidad en la imagen arrojada, que explora una nueva forma de ver (Alcalá, 2012).

La fotografía reveló nuevos rostros de la realidad al hombre, por ejemplo Muybridge al paralizar un caballo al galope. Los rayos X que permiten fotografiar por medio de radiación los huesos. El microscopio nos dejó asomarnos a la vida diminuta. Hoy las cámaras de alta velocidad nos dejan ver cosas que nuestros ojos no están capacitados para percibir, cómo una rayo de luz atravesando un vaso con agua (Raskar, 2012). Las cámaras de luz compuesta nos dejan percibir la profundidad de los objetos en un espacio virtual de 3D. Entonces las imágenes producidas por estas cámaras y el procesamiento digital que se hacen con éstas, están introduciendo en el mapa de la percepción visual del hombre una nueva forma de ver que en cierto sentido fracturan nuestra imagen del mundo y suman una nueva forma de visualizarlo.



Ilustración 80. François Quévillon (2010), *Dérive*. Esta obra genera un retrato interactivo de diferentes ciudades. La imagen que esta visualizada en el sistema de nube de puntos se modifica dependiendo de las condiciones meteorológicas y astronómicas que viva la ciudad. Estos datos son colectados en tiempo real por Internet (Quévillon, 2014).

Ir a:

-  INTERFAZ
-  MÓDULO DE VISIÓN DE RoFuE
-  K-MEDIAS (K-MEANS)
-  ACERCA DE COMO EL MEDIO ES EL TEMA
-  CONCLUSIONES





# Obra de Arte *Programable*

INTRODUCCIÓN

DE LA INGENIERÍA  
AL ARTE

MÁQUINA AUTOMÁTICA  
PROGRAMABLE

HAROLD COHEN

CÓDIGO

ROOM FULL OF  
EMPTINESS

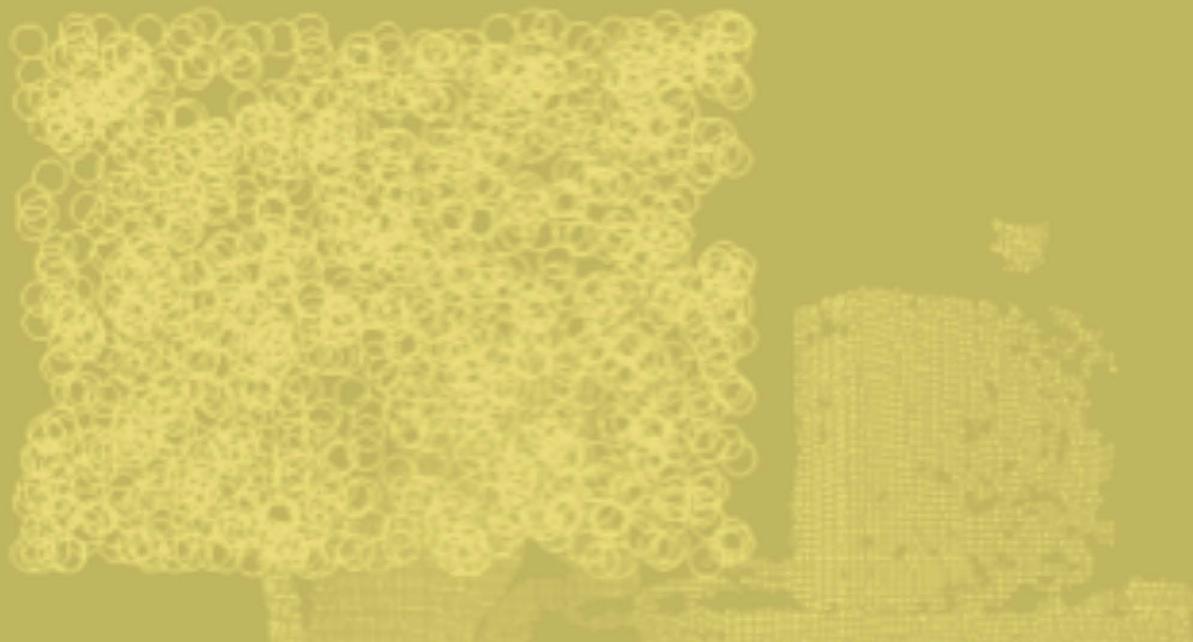
MATRÍZ

CAMPOS POTENCIALES  
ARTIFICIALES

TRABAJO  
A FUTURO

FUENTES  
DE CONSULTA

CONCLUSIONES





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## CONCLUSIONES

Conclusiones, concluir, finalizar, terminar, cerrar, seguir...

Este proceso de investigación acerca de la virtualidad, la presencia, la ingeniería, la escultura, la robótica y el código de programación se realizó a lo largo de 2 años. Durante este tiempo muchos engranes se pusieron en funcionamiento, una gran maquinaria empezó a moverse y hoy la inercia de la misma le impide, afortunadamente, detenerse. He encontrado la forma que buscaba, después de haber pasado años caminando en un cuarto sin luz buscando algo que sabía qué era pero no había visto, hasta ahora que le tengo en mis manos. A pesar de la inercia es preciso conjuntar en este momento como si de un botín pirata se tratara, los premios obtenidos en esta empresa.

El primer tesoro es RoFuE que propone desde su calidad de proyecto, que es posible trabajar y hacer operativo en una obra de arte el espacio virtual y apreciar como acciones reales pasan a formar engranes que detonan desde el espacio virtual efectos en el espacio real.

Aunque el arte electrónico fue la respuesta a la pregunta ¿Cuáles son las herramientas del artista contemporáneo? Es evidente que los dispositivos electrónicos no son la única forma de hacer perceptible la virtualidad, como se puede ver en el experimento performativo *Seguimientos* (pag. 18). Las reacciones que provocho

nos hacen ver la posibilidad de trabajar con elementos intangibles, como la presencia, por medio de elementos tangibles, el cuerpo.

La virtualidad entendida como presencia, sentir algo que no está allí en ese momento, algo que puede ser sentido pero no tiene corporalidad, guarda relación con la idea de percibir la presencia de una persona que está a cierta distancia, una presencia expandida. En *seguimientos* se explotó mediante el cuerpo de los actores, que solo con su presencia-presente lograron afectar el comportamiento de otros, esto es: así como el movimiento de la hoja de un árbol da evidencia del viento, que es invisible, las modificaciones en la postura o el flujo natural de movimientos y expresiones de una persona son evidencia de la presencia de algo o alguien que le modifican. En psicología el término utilizado para esto es *prestancia*<sup>53</sup>.

Aunque era posible trabajar con estos elementos sin la necesidad de utilizar medios electrónicos, decidí incursionar en ellos por una inquietud profesional hacia las formas de trabajo del arte en esta época y lo que era necesario para abordarlo.

Esto forma parte de una postura en la cual trate de ser congruente con mi época y hablar de los temas de esta a través de los medios que la misma provee, los cuales como se propone en esta tesis son más convenientes para reflexionar sobre estos temas. Inclusive deben ser abordados desde el arte como parte de una responsabilidad artística que asume el momento histórico, y como

<sup>53</sup> Según H. Wallon: La función de prestancia es fundamental aun que muy sutil en sus efectos... Su importancia es capital puesto que responde a las disposiciones reflejas que despierta la presencia de otro, fuente de riesgos o eventualidades variables frente a las que es necesario poder reaccionar instantáneamente. Las reacciones de prestancia se confunden con un estado de vigilancia del que resulta el contacto físico de los seres entre sí y que entraña su comportamiento recíproco (Herran, 2006).

parte de una curiosidad sobre las posibilidades plásticas de los medios electrónicos.

Existe una relación profunda en las artes plásticas, así como se han entendido en el siglo XX desde los constructivistas hasta los minimalistas, entre la relación material y proceso la cual permite ver las capacidades expresivas contenidas en los materiales, los procesos técnicos, y hoy los lenguajes de programación.

Desde esta visión que se ha interiorizado en mi y motivos que internamente convivían con ella, provocaron que surgiera la inquietud por conocer otros procesos y materiales, que fueran pertenecientes a mi época. Esa búsqueda por una congruencia y esa búsqueda hacia el trabajo con la tecnología no permitieron que el proceso de trabajo de esta investigación se detuviera en el límite impuesto por los conocimientos de los que carecía, tuve que aprender.

Observando obras como *Autopoiesis* de Ken Rinaldo (año 2000), *Apostasis* de Rafael Lozano-Hemmer (año 2008) y *Doble taker (Snout)* de Golan Levin (2008), me di cuenta que era posible hablar del espacio virtual e inclusive trabajar con él dentro del espacio real. Esto se veía posible ya que por medio de las técnicas utilizadas por esas piezas: sistemas de rastreo y sensores, se podía percibir a distancia la presencia de las personas. Programando un sistema de interactividad que reaccione a los datos percibidos, con

elementos tangibles como motores y bombas de aire, o intangibles como sonidos y luces, se estaría hablando de los efectos que causa la presencia de los usuarios (en relación a su distancia) en la obra.

La forma de trabajar con algo intangible a través de algo tangible proviene o tiene relación con una dupla ya identificada por Naum Gabo en la escultura: espacio y materia. A través de esta dupla Gabo expresa que la manera de dar forma al espacio es a través de la materia y otros elementos que están presentes en su trabajo como la luz y el movimiento. Lo verdaderamente importante aquí es como Gabo desplazó el foco de la escultura de la materia al espacio, y proponer una relación en la que si bien se trabaja con materiales lo que se busca es conformar un fenómeno espacial.

En esta investigación la dupla que se revela y propone es la de presencia-impresencia, percibir lo que está allí parcialmente a través de lo que está allí plenamente. La virtualidad la podemos percibir a través de sus efectos en las cosas tangibles, en los cuerpos afectados por esas presencias virtuales y en las reacciones detonadas al atravesar un espacio aparentemente vacío.

RoFuE plantea el uso de todos estos conceptos ya que tiene un componente físico y uno virtual, que se ciñen uno en el otro y se sincronizan. Lo que se realiza en un espacio modifica al otro y viceversa. RoFuE se plantea como una representación, una puesta en escena automatizada, trabajada bajo la dupla presencia-impresencia<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> En español no existe la palabra impresencia e inclusive la palabra presencia no abarca el concepto que aquí se maneja, para ser más preciso recurrí a la definición de Presence en lengua inglesa que es mucho más adecuada para el uso que se da aquí de la palabra presencia: Sentimiento de que algo permanece en un lugar cuando no está allí o se ha muerto (Cambridge Dictionaries, Presence, 2013).

RoFuE es el proyecto terminal de este proceso creativo y como se menciona, deja ver la posibilidad de trabajar con el espacio virtual. Para llegar a plantear esta obra fue necesario un proceso de transformación, desplazamiento, intersección y dislocación entre la escultura y la ingeniería.

Esta serie de operaciones revelaron una riqueza inesperada de conocimientos, técnicas, procesos y perspectivas.

Al principio caminar hacia la ingeniería fue caminar hacia una solución técnica pero esta incursión reveló ser una puerta abierta desde la que mi visión sobre el arte y la ingeniería se transformaron radicalmente.

Entendí que no valía la pena simplemente valerse de los conocimientos de la ingeniería, para realizar una obra planteada exclusivamente con conceptos propios del arte. En el choque arte-ingeniería se pueden percibir cosas que no existen en las artes y otras que existen en la ingeniería pero no son valoradas en su forma expresiva o se evitan por no ser eficientes. En este espacio de fricción entre la ingeniería y el arte aparecen nuevas formas de expresividad que representan un abanico de posibilidades inexploradas.

Parte de esta riqueza son los temas surgidos de las posibilidades que han abierto los medios electrónicos, las cuales están en pleno desarrollo y se discuten internacionalmente:

- Inteligencia artificial
- Vida artificial
- Vigilancia
- Visualización de datos

- Realidad Virtual
- Telepresencia
- El cuerpo Ciborg
- Flujos de información
- Hacktivismo
- Cartografía de redes

Algunos elementos esenciales en el arte como el espectador, la contemplación, la objetualidad de la obra, el creador, la colección de arte y el crítico, encuentran un equivalente en el arte electrónico, pero modificado por las características del medio. Las nuevas figuras se tornan en el usuario-interactor, la virtualidad, el estudio de creación, la distribución libre de la información necesaria para reproducir la obra, la libre distribución de contenidos digitales, y los comentarios y discusiones de los usuarios de la pieza vertidos en foros o la página web de los proyectos.

En las ciencias de la computación también se desarrollan nuevas áreas como la estética computacional, el diseño de interactividad y el diseño de interfaces.

Este cruce de disciplinas abren la gama de posibilidades en las que puede intervenir un artista, lo cual implica incidir en el mundo de una forma diferente. No solamente ligado a los concursos, galerías y colecciones. En esta área que se encuentra en crecimiento el artista encuentra un lugar de trabajo en laboratorios, centros de investigación y despachos de diseño interactivo en los que puede

desarrollar un proyecto planteado en términos artísticos, así como colaborar en proyectos de otras disciplinas como la robótica o el diseño de interfaces.

Esto me parece significativo, ya que genera vínculos del arte con otras áreas del conocimiento que pueden tener incidencia en públicos diferentes a los que frecuentan las artes y tal vez a una mayor escala. Esta visión está más ligada a las ideas planteadas por los Constructivistas Rusos y la Bauhaus que al arte de posguerra.

De todo este recorrido, resalta un elemento particular y es la programación, esta es la actividad de escribir en código un algoritmo para crear un programa, este software resulta en algunas piezas como un elemento esencial y en otras resulta ser el alma de toda la obra.

La conclusión a la que llego en este punto es que programar es una actividad que se suma a las artes, ya que es la forma en la que se gestan y desarrollan numerosas obras de arte electrónico.

Hay dos caminos desde los cuales podemos considerar como una actividad artística a la programación:

El primero es, los códigos de las obras de arte electrónico fueron escritos para crear un sistema interactivo, pero buscando reacciones expresivas, reflexivas y que intentan revelar valores artísticos nuevos, basados en la comunicación entre usuarios a través de las obras o entre inteligencias artificiales y usuarios. Estos sistemas no cumplen con un trabajo en un sentido utilitario sino

en una forma expresiva, sensorial y lúdica. Tratan de provocar reflexiones y generar preguntas, más que plantear respuestas. Lo mismo podríamos decirlo de la actividad de escribir una partitura musical o un guión de teatro, el problema no es el lenguaje sino el uso que se haga de él. Está claro que la programación en si misma no es una actividad artística, como no lo es el cocer cerámica, el escribir un texto o el vaciar metal en un molde, es el uso que se hace del lenguaje y la intención o los objetivos que se plantean en el lo que lo lleva al territorio de lo artístico.

Otra forma de concebir a la programación como una forma de arte, sería pensarla dentro de la actividad misma de la escritura de un programa, en la que los parámetros que tendríamos que buscar son que la lectura del código pudiera generar una sensación estética en el lector, sobre entendiendo que el lector necesitaría conocer el lenguaje para apreciarlo.

En este punto hablamos de la programación como una actividad artesanal o una actividad vinculada con el arte entendido como *tejne*, como la pericia en la ejecución de una actividad que está vinculada con la actividad manual. El programador Robert C. Martin (Martin, 2009) desarrolla la idea de la programación como la actividad de un artesano, en la que se dedica tiempo y cuidado; se plantea sencilla, clara, elegante y fácil de comprender, la cual conduce el flujo del código desde las declaraciones, las clases y los métodos (que representarían los elementos por los que pasa el flujo de información del programa) de forma fluida hasta su conclusión, como si se pasara por un clímax y se llegara a un desenlace.

De esta forma se plantea una experiencia estética que radica más bien en la comprensión, en una actividad plenamente intelectual en la que lo sensorial queda desplazado.

Mi postura es que esta actividad ya forma parte de la actividad artística porque ha sido llevada al terreno de la experimentación plástica.

Esta actividad está reflejada en muchas obras de arte en las que el cuerpo de la obra es el código, e inclusive la representación misma de este y su visualización conforman un estilo propio.

La conclusión final de esta investigación como producto de estos tres campos: la virtualidad y la presencia; el choque entre escultura e ingeniería; y la programación como una actividad artística es:

Actividades como programar, modelar en 3d y la edición multimedia se ha convertido en algo parecido a lo que en el renacimiento era la actividad de dibujar, leer y escribir. Reflexionado en si estas actividades pueden formar parte legítima de las artes -es una pregunta que nos hacemos en este país, que en muchos sitios aun concibe el arte ligado únicamente a la tradición y la técnica-. Pienso en los artistas del renacimiento, en su uso de las técnicas y la ciencia, en su actividad más bien como diseñadores o proyectistas, *disegni* o *progettazione*, termino dado a los jefes de los talleres (Wittkower, 1997). Estos hombres hacían uso de los instrumentales y técnicas más avanzadas de la Europa renacentista, como la cámara obscura, la disección de cuerpos humanos, los nuevos preparados

de pigmentos y soportes para pintar al oleo sobre tela que hizo las pinturas mas transportables; las maquinas transportadoras de puntos para la escultura y los cinceles dentados que permitían un modelado de formas mucho más suave que el puntero o el escoplo. Esto provoco que se rompieran cánones como los de la pintura medieval mediante la perspectiva lineal.

En la escultura un los ensambles permitieron que esta tomara un papel tridimensional completo al hacer obras que tenían que ser vistas desde múltiples puntos de vista para captarse por completo, cómo las obras de Gian Bologna.

Muchas de estas técnicas, herramientas y procesos, fueron producto de necesidades comerciales y mercantiles, al igual que hoy. Me parece que desde esta perspectiva ese argumento queda satisfecho, el trabajo con medios electrónicos forma parte del arte. Ese es un debate resuelto.

El arte electrónico, que ha vivido un gran desarrollo desde la década de 1960. Se han creado múltiples centros de arte y nuevas tecnologías alrededor del mundo y se han instrumentalizado planes de estudio llamados arte y ciencias o arte y nuevos medios.

Los circuitos de arte electrónico estaban en un principio habitados por artistas científicos e ingenieros<sup>55</sup>. Hoy está siendo ocupados en su mayoría por científicos e ingenieros, ya que en la evolución de esta actividad, por un lado muchos artistas

<sup>55</sup> Circuitos como Ars Electronica es el más emblemático de todos.

han desertado de la producción y se dedican solo al diseño de proyectos y por el otro las herramientas y conocimientos necesarios para utilizarlos se vuelven más especializadas.

La información disponible, los precios de los componentes, máquinas y computadoras se han abaratado a tal grado que ha implicado en cierta forma una democratización del medio. La intervención en el plano de la creación en arte electrónico se ha poblado también por figuras híbridas que van de un sitio a otro entre el arte y la ciencia.

La adquisición de estos conocimientos y el uso de estas herramientas hacen posible la incursión de los artistas en nuevas áreas, temas, mercados, públicos, al mismo tiempo que genera nuevas posibilidades expresivas e intelectuales que se relacionan con el arte. Desde estas nuevas gamas se pueden abarcar tanto temas clásicos con nuevas perspectivas o simplemente con nuevos procesos y materiales, además se han abierto al arte temas que son propios de la época y en los cuales se necesita incursionar profundamente ya que son problemáticas importantes que se debaten en este momento histórico.

Es necesario que el arte toque estos temas con medios eficaces ya que una de las funciones a las que puede aspirar es cuestionar las ideas de la época y proponer una visión alterna de la realidad presente.

No solo los temas, materiales y técnicas se han transformado, también la forma de producción y la organización del trabajo. La figura del genio creador cede paso a los estudios de diseño interactivo y a la figura del *team leader* como coordinador de un equipo de trabajo.

Estar ciegos a esta realidad significaría perderse en una ilusión en la que el mundo no concuerda con la imagen de él, estos procesos se han iniciado y no parece que vayan a detenerse pronto, por el contrario siguen creciendo, generando más temas, abordando más problemas y apropiándose en ambos sentidos de valores propios de la otra área (hablando de la relación arte y ciencia). Estos medios están generando un lenguaje particular que no destrona a las artes clásicas ni contemporáneas, sino que teje un camino aparte, como lo hizo el cine. Generó sus propias estructuras de creación y distribución, su historia y sus valores artísticos.

En el desarrollo de este flujo la participación de los artistas no parece necesaria pero es indispensable que incursionemos en ella para generar una visión crítica del acontecer. Para esto se necesita de otro tipo de preparación mucho más orientada a las ciencias, la ingeniería y el diseño industrial pero manteniendo el vínculo intelectual y sensible con la plástica entendida de forma más abierta y no solo en sus relaciones comerciales con los espacios de exposición y colecciones. Este vínculo con el arte ha

de ser con la tradición intelectual en la que se buscan preguntas y no respuestas, en las que se problematizan realidades dadas por hecho, en la que se valora el accidente y el error. Se necesita abordar desde un plano expresivo y sensible el diseño, producción y ejecución de las obras de arte electrónico<sup>56</sup>.

Al formar parte del arte la programación y la ingeniería, vienen con ellas filosofías que se desarrollan en su seno como el *Libre Software*, el *Copyleft* y la *libre distribución* (Stallman, 2004).

De esta investigación se desprenden temas que no fue posible desarrollar más allá, el diseño de interactividad que se aborda en el modulo INTERFAZ pg.146 y la visión computacional que se desarrollo para el proyecto RoFuE en los módulos VISIÓN COMPUTACIONAL pg.156 y MODULO DE VISION DE ROFUE pg.133.

El diseño de interactividad es una posibilidad de desplazamiento de áreas. Implicaría moverse del terreno de lo artístico al del diseño industrial, la robótica y las ciencias de la computación. La Visión computacional es una de las disciplinas desde las que se crean muchas obras de arte electrónico. Dentro de

<sup>56</sup> El artista Rafael Lozano-Hemmer en el marco de la entrega de premios del concurso Vida de la Fundación telefónica declaro:

*Desgraciadamente el arte electrónico no es lo suficientemente crítico. Considero que el 90 % del arte electrónico está efectivamente en una condición primitiva, es decir, estamos ante la maravilla del cinematógrafo y no estamos observando lo que es la película en sí. Aunque esto está cambiando muy rápidamente”, ha explicado el artista en una entrevista con Efe.*

*Lozano-Hemmer está convencido de que los artistas tienen la independencia suficiente como para poder subrayar la esclavitud tan limitante en la que vivimos todos”, que tiene que ver con “el consumismo, la actitud ante una democracia que no nos representa, con que los medios mienten,...*

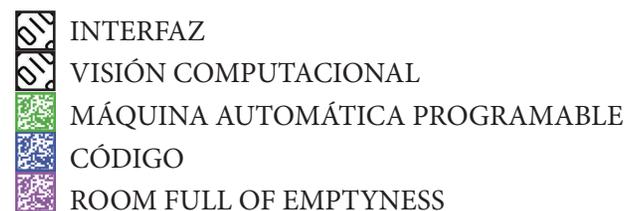
(Molina, 2014).

esta hay múltiples posibilidades como sistema interactivo e incluso en la generación de imágenes. La decisión entre una línea u otra parece implicar una bifurcación: mantener un vínculo directo con el arte o realizar un desplazamiento de campo. En cualquier caso el desplazamiento es inevitable.

La última afirmación sería: El carácter (el espíritu) de las máquinas y dispositivos depende del uso que se haga de estas. Esto las cubre de un halo diferente en cada caso; Para hablar plenamente de la condición actual es necesario involucrarse en ella y como artistas es nuestra responsabilidad conocer los medios actuales y hacer uso intensivo de ellos.

Hagamos que las máquinas sean apostatas, como los reflectores de Rafael Lozano-Hemmer<sup>57</sup>, convirtámoslos en nuestros aliados y busquemos que realicen actividades para las que no fueron programadas socialmente.

Ir a:



<sup>57</sup> La obra *Apostasis* de Lozano-Hemmer, consiste en un sistema de rastreo y reflectores robotizados que se niegan señalar a la gente. Incumpliendo su labor original (Lozano-Hemmer, *Apostasis*, 2008).



# Obra de Arte Programable

INTRODUCCIÓN	DE LA INGENIERÍA AL ARTE	MÁQUINA AUTOMÁTICA PROGRAMABLE	HAROLD COHEN	CÓDIGO	ROOM FULL OF EMPTINESS	MATRÍZ	CAMPOS POTENCIALES ARTIFICIALES	TRABAJO A FUTURO	CONCLUSIONES
--------------	--------------------------	--------------------------------	--------------	--------	------------------------	--------	---------------------------------	------------------	--------------





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## FUENTES DE CONSULTA

Ackerman, S. (2 de Julio de 2013). US drone strikes more deadly to Afghan civilians than manned aircraft . Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de <http://www.theguardian.com/world/2013/jul/02/us-drone-strikes-afghan-civilians>

Alcalá, J. R. (2012). Escenarios para la creatividad. Nuevas Estrategias para las practicas artisticas despues de la posmodernidad. DEFORMA Cultua Online.

Arambula Cosío, F., & Padilla Castañeda, M. A. (2003). Autonomous Robot Navigation using Adaptative Potential Fields. [Navegación Autónoma de Robots utilizando Campos Potenciales Artificiales.]. *Mathematical and Computer Modeling* , 40, 1141-1156.

Arduino. (9 de Diciembre de 2011). Arduino. Recuperado el 9 de Diciembre de 2011, de <http://www.arduino.cc/>

Arte en Construcción. (s.f.). Recuperado el 15 de Febrero de 2011, de <http://www.youtube.com/user/ArteEnConstruccion>,

Ascott, R. (2001). Behaviourist Art and the Cybernetic Vision. En R. Paker, & K. Jordan (Edits.), *Multimedia: From Wagner to Virtual Reallity* (pág. 95). Estados Unidos de America: W. W. Norton & Company.

Ascott, R. (Ed.). (2006). *Engineering Nature, art and conciousness in the Post-biological era*. Inglaterra: Intellect.

Asimov, I. (1950). *Yo, Robot*. Doubleday.

Bauer, B. (17 de Abril de 2012). To Open [...] To Collect [...] To Continue: Richard Serra's Verb List, Post-Internet Appropriation, and the Culture of the use of Forms. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de Uncopy: <http://uncopy.net/wp-content/uploads/2012/04/bauer-toopen.pdf>

Benjamin, S. (s.f.). Robotics Institute, Video. Recuperado el 1 de Junio de 2012, de <http://www.cs.cmu.edu/~bstephe1/>

BioRobotics. (2 de Octubre de 2013). BioRobotics. Recuperado el 2 de Octubre de 2013, de <http://biorobotics.fi-p.unam.mx/>

Bolter, J. D., & Gromala, D. (2006). *Trasparency and Reflectivity: Digital Art and the Aesthetics of Interface Design* [Transparencia y Reflectividad: Estética del Diseño de Interfases]. En P. A. Fishwick, *Aesthetic Computing* [Estética Computacional] (pág. 369). Massachusetts: MIT Press.

Borestein, G. (2012). *Making Things See*. Canada: O'Reilly.

Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library*. Estados Unidos de América: O'Reilly.

Brea, J. L. (2002). *La era post media; Acción comunicativa, practicas (post)artística, y dispositivos neomediales*. Obtenido de [www.sindominio.net](http://www.sindominio.net)



Brown, P. (2006). The Idea Becomes a Machine: AI and A-Life in Early British Computer Arts. En R. Ascott, Engineering Nature (págs. 229-233). Bristol, Portland, Inglaterra, Estados Unidos de Norte America: Intellect.

Cage, J. (2010). Para los Pajaros. México: Alias.

Cambridge Dictionaries, O. (2013). Code. Recuperado el 7 de Agosto de 2013, de [http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/code\\_1?q=code](http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/code_1?q=code)

Cambridge Dictionaries, O. (2014). Dimmer. Recuperado el 13 de Marzo de 2014, de <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/dimmer?q=dimmer>

Cambridge Dictionaries, O. (2013). Encode. Recuperado el 7 de Agosto de 2013, de <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/encode?q=encode>

Cambridge Dictionaries, O. (2013). Interface. Recuperado el 1 de Octubre de 2013, de [http://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/britanico/interface\\_1?q=interface](http://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/britanico/interface_1?q=interface)

Cambridge Dictionaries, O. (2013). Presence. Recuperado el 05 de Agosto de 2013, de <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/presence?q=presence>

Cameron, J. (Dirección). (1984). The Terminator [Película].

Christian, P. (2008). Digital Art. Singapur: Thames and Hudson.

Chung, P., Jones, A. R., Kawajiri, Y., Koike, T., Mahiro, M., Kôji, M., y otros (Dirección). (2003). The Animatrix [Película]. Estados Unidos de América.

Cluster analysis. (2 de Agosto de 2013). Recuperado el 6 de Agosto de 2013, de Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cluster\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_analysis)

Data mining. (29 de Julio de 2013). Recuperado el 6 de Agosto de 2013, de Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_mining](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_mining)

De Azcarte, P. D. (1872). La Republica o el Estado, Libro VII. En Obras completas de Platon (págs. 55-54). Madrid: Medina y Navarro Editores.

Díaz Durán, J. R. (Diciembre de 2010). La escultura en los nuevos medios . Recuperado el 02 de Marzo de 2014, de [http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20escultura%20en%20los%20nuevos%20medios\\_04\\_ING\\_ITIAD\\_PIT\\_D.pdf](http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20escultura%20en%20los%20nuevos%20medios_04_ING_ITIAD_PIT_D.pdf)

Díaz Durán, J. R. (Diciembre de 2010). La Escultura en los Nuevos Medios. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de [http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20escultura%20en%20los%20nuevos%20medios\\_04\\_ING\\_ITIAD\\_PIT\\_D.pdf](http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/La%20escultura%20en%20los%20nuevos%20medios_04_ING_ITIAD_PIT_D.pdf)

Díaz Durán, J. R. (24 de Noviembre de 2011). Virtualidad real. Recuperado el 10 de Marzo de 2014, de <http://www.youtube.com/watch?v=zeMg3iODLic>

Diccionario de la lengua española. (2009). Código. Recuperado el 6 de Agosto de 2013, de <http://lema.rae.es/drae/?val=codigo>

Engel, H. (2001). *Sistemas de estructuras*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Esquilo. (2001). *Prometeo encadenado*. Pehuen press.

Estivill-Castro, V. Why so many clustering algorithms-A Position Paper. *SIGKDD Explorations*, 4 (1), 65-75.

Felton, N. (2012). *Annual Report*. Recuperado el 8 de Agosto de 2013, de [www.feltron.com](http://www.feltron.com)

Fishwick, P. A. (2006). *An Introduccion to Aesthetic Computing*. En P. A. Fishwick, *Aesthetic Computing [Estética Computacional]* (pág. 3). Massachusetts: MIT Press.

Francois. (3 de Junio de 2009). *A brief history of MAX*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2013, de [http://web.archive.org/web/20090603230029/http://freesoftware.ircam.fr/article.php3?id\\_article=5](http://web.archive.org/web/20090603230029/http://freesoftware.ircam.fr/article.php3?id_article=5)

Friedman, S. (20 de Octubre de 2011). *Richard Serra Verb Lits (1967-68)*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2013, de MOMA: [http://www.moma.org/explore/inside\\_out/2011/10/20/to-collect](http://www.moma.org/explore/inside_out/2011/10/20/to-collect)

Fry, B., & Reas, C. (s.f.). *Processing*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de <http://processing.org/>

Fudación Telefónica. (2012). *Arte y Vida Artificial. Vida 1999-2012*. Madrid, España.

George, J. (2011). *Spectacle of Change*. Recuperado el 17 de Abril de 2014, de <http://www.jamesgeorge.org/works/spectacle.html>

Gibson, W. (1994). *Neuromante*. Barcelona: Minotauro.

Gonzales, C. (2011). *Sonidos\_de\_protoboard*. Obtenido de *Protolab\_movil*: <http://protolabmovil.cc>

González Bustamante, O. A. (2007). *Introducción a la programación*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autonoma de México.

Greendiary. (10 de Abril de 2010). *Plantas Nómadas: Water-purifying robot is part bot, part plant*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de <http://www.greendiary.com/plantas-nomadas-water-purifying-robot-is-part-robot-part-plant.html>

Guizzo, E. (09 de Diciembre de 2010). *DARwIn-OP Humanoid Robot Demo*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/darwin-op-humanoid-robot-demo>

hackersspace. (1 de Mayo de 2012). *Protolab Movil - Hackersspace*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2013, de [http://hackerspaces.org/wiki/Protolab\\_movil](http://hackerspaces.org/wiki/Protolab_movil)

Hall, T. E. (1996). *The hidden Dimension*. Recuperado el 1 de Octubre de 2013, de *A first look at communication theory*: <http://www.afirstlook.com/docs/proxemic.pdf>

Herran, E. (Julio de 2006). *Las-emociones-segun-Wallon*. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/56794016/Las-emociones-segun-Wallon>

History Channel. (1985). *Time Machine: Robots*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de <http://www.youtube.com/watch?v=gJLdsy2VVQ4>

Igoe, T. (2011). *Making things talk*. Canada: O'Reilly.



Ishii, H., Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J. B. (2012). Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials. [Radical Atoms: Mas allá de los bits tangibles hasta los materiales transformables]. *Interactions*, 10 (1).

Kac, E. (1999). Negociar el significado: la imaginación dialógica en el arte electrónico. En E. Kac, *Telpresencia y bioarte, Interconexión en red de humanos, robots y conejos* (M. A. Crespo, Trad.). Murcia, España: CENEDAC.

Kanungo, T., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Piatko, C. D., Silverman, R., & Wu, A. Y. (2002). An Efficient k-Means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation. *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, 24 (7), 881-892.

Khatib, O. (1986). Real Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots. [Esquivar Obstáculos en Tiempo Real, para Manipuladores y Robots Mviles]. *Artificial Intelligence Laboratory*, 5 (1), 90.

Klaus, O., & Futurelab, A. E. (s.f.). *Aparition*. Recuperado el 5 de Julio de 2012, de <http://www.exile.at/apparition/index.htm>

K-means clustering. (1 de Agosto de 2013). Recuperado el 6 de Agosto de 2013, de Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/K-means\\_clustering](http://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering)

Krueger, M. (1977). *Responsive Enviroments*. [Ambientes responsivos]. En R. Paker, & J. Ken, *Multimedia: From Wagner to Virtual Reallity* (pág. 104). Estados Unidos de America: W. W. Norton & Company.

Kumar Saha, S. (2008). *Introducción a la Robótica*. México: McGraw-Hill.

Levin, G. (2008). *Double-Taker (Snout)*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Flong: <http://www.flong.com/projects/snout/>

Lévy, P. (1999). *¿Qué es lo virtual?* Argentina: Paidós.

Lewitt, S. (Junio de 1967). *Paragraphs on Conceptual Art*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de [http://www.corner-college.com/udb/cproVozeFxParagraphs\\_on\\_Conceptual\\_Art.\\_Sol\\_leWitt.pdf](http://www.corner-college.com/udb/cproVozeFxParagraphs_on_Conceptual_Art._Sol_leWitt.pdf)

Lozano-Hemmer, R. *Apostasis*. *Apostasis*. Museo Universitario de Arte Contemporaneo, Ciudad de México.

Lozano-Hemmer, R. (2008). *Apostasis*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de <http://www.lozano-hemmer.com/apostasis.php>

Lozano-Hemmer, R. (27 de Febrero de 2009). *Arte y Ciencia I*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [https://www.youtube.com/watch?v=WrqtmLYzpg0&list=PL4E6B2D74B6A032C2&feature=mh\\_lolz](https://www.youtube.com/watch?v=WrqtmLYzpg0&list=PL4E6B2D74B6A032C2&feature=mh_lolz)

Margolis, M. (2011). *Arduino Cookbook*. Estados Unidos de Norteamérica: O'Reilly.

Martin, R. C. (2009). *Clean Code*. En R. C. Martin, *Clean Code* (págs. 6-12). Massachusetts: Prentice Hall.

Marzo, J. L. (s.f.). *Escamoteo*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2011, de <http://www.artemasciencia.unam.mx/texto.html>

Masahiro, M. (1970). The Uncanny Valley. Recuperado el 2 de Octubre de 2013, de <http://www.comp.dit.ie/dgordon/Courses/CaseStudies/CaseStudy3d.pdf>

Miu, A. (27 de Septiembre de 2001). Voronoi2D. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de <http://groups.csail.mit.edu/graphics/classes/6.838/F01/lectures/Voronoi/Voronoi2D.pdf>

Molina, V. (03 de Marzo de 2014). Lozano-Hemmer: “El 90 % del arte electrónico está en una condición primitiva”. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de <http://www.efefuturo.com/entrevista/lozano-hemmer-el-90-del-arte-electronico-esta-en-una-condicion-primitiva/>

Nake, F., & Gabowski, S. (2006). The Interfaces as Sign and as AestheticEvent. En P. A. Fishwick, *Aesthetic Computing* (págs. 53-69). Hong Kong: The MIT Press.

On, J. (2001). They Rule. Recuperado el 8 de Agosto de 2013, de [www.theyrule.net](http://www.theyrule.net)

Oxford Dictionaries, O. (2014). Steampunk. Recuperado el 26 de Marzo de 2014, de <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/steampunk>

Pajot, L., & Swirsky, J. (Dirección). (2012). *Indi Game The Movie* [Película].

Panagiotidis, P. (17 de Abril de 2014). The Depth maps of Kazuki Takamatsu. Recuperado el 17 de Abril de 2014, de <http://www.yatzer.com/The-Depth-maps-of-Kazuki-Takamatsu>

Pask, G. (29 de Julio de 2005). Cybernetics. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://www.cybsoc.org/gcyb.htm>

PCL. (6 de Agosto de 2013). What is PCL? Recuperado el 6 de Agosto de 2013, de <http://pointclouds.org/about/>

Pearson, M. (2011). *Generative Art*. Estados Unidos de Norteamérica: Manning publications Co.

Poole, David;. (2011). *Álgebra lineal. Una introducción moderna*. Ciudad de México: Cengage Learning.

Processing, F. (05 de Agosto de 2013). <http://forum.processing.org/>.

Quévillon, F. (17 de Abril de 2014). Installation and media art. Recuperado el 17 de Abril de 2014, de <http://www.francois-quevillon.com/html/en/node/200>

Raskar, R. (Junio de 2012). Imagine a Trillion Frame Per Second. Recuperado el Junio de 2012, de [https://www.ted.com/talks/ramesh\\_raskar\\_a\\_camera\\_that\\_takes\\_one\\_trillion\\_frames\\_per\\_second](https://www.ted.com/talks/ramesh_raskar_a_camera_that_takes_one_trillion_frames_per_second)

Ratnam, N. (2004). Art and Globalization. En P. Wood, & P. Wood (Edits.), *Themes in Contemporary Art*. New Haven: Yale University Press/The Open University.

Reuters, & Afp. (07 de Agosto de 2012). Llega Curiosity a Marte, en una proeza tecnológica sin precedente. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de <http://www.jornada.unam.mx/2012/08/07/ciencias/a15n1cie>

Richards, L., Pedretti, A., & Young, R. (2007). A Larry Richards Reader. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://polyproject.wikispaces.com/file/view/Larry+Richards+Reader+6+08.pdf>



- Ridley, S. (Dirección). (1982). Blade Runner [Película].
- Rush, M. (2005). New media in art. Singapur: Thames and hudson.
- Russell, S., & Norving, P. (2009). Artificial Intelligence, A Modern Approach. Estados Unidos de America: Pearson.
- Russia Today. (1 de Diciembre de 2012). Game show: Iconic video games displayed by the major modern art museum. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de <http://rt.com/art-and-culture/video-games-moma-acquired-022/>
- Russia Today. (1 de Diciembre de 2012). Game show: Iconic video games displayed by the major modern art museum. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de RT: <http://rt.com/art-and-culture/video-games-moma-acquired-022/>
- Russia Today. (7 de Junio de 2013). Obama on NSA surveillance: Can't have 100% security and 100% privacy. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de <http://rt.com/usa/obama-surveillance-nsa-monitoring-385/>
- Russia Today. (25 de Septiembre de 2012). Pakistani civilian deaths in US drone war 'in vain'. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de <http://rt.com/news/pakistan-drones-study-civilians-933/>
- Russia Today. (19 de Mayo de 2012). Spy-Butterfly: Israel developing insect drone for indoor surveillance [Mariposa-Espia: Israel desarrolla un drone insecto para la vigilancia en interiores]. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de <http://rt.com/news/israel-drone-indoor-butterfly-672/>
- Saltz, D. (28 de Noviembre de 2012). Theater, engineering to meet in UGA's 'Commedia Robotica'. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de <http://news.uga.edu/releases/article/theater-engineering-to-meet-in-ugas-commedia-robotica/>
- Saltz, D. (2012). UGA Theatre and Film's Zeeb Zob the Robot Learns Commedia dell'arte. Recuperado el 2012 de Septiembre de 2012, de YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=gumJZEde3jg>
- Sample, I. (16 de Mayo de 2012). Brain implant allows paralysed woman to control a robot with her thoughts. Recuperado el 27 de Septiembre de 2012, de <http://www.guardian.co.uk/science/2012/may/16/brain-implant-paralysed-woman-robot-thoughts>
- Science Channel. (16 de Febrero de 2008). What The Ancients Knew. Karakuri: The First Robot. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de [http://www.sciencechannel.com/tv-shows/what-the-ancients-knew/videos/what-the-ancients-knew-ii-shorts-karakuri-the-1st-robots.htm#disqus\\_thread](http://www.sciencechannel.com/tv-shows/what-the-ancients-knew/videos/what-the-ancients-knew-ii-shorts-karakuri-the-1st-robots.htm#disqus_thread)
- Siqueiros, D. A. (1979). Como se pinta un mural. México: Ediciones Taller Siqueiros.
- Stallman, R. (2004). Software libre para una sociedad libre. Madrid: Traficantes de Sueños.
- Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer.
- Tarkovsky, A. (2005). Esculpir el Tiempo. México: UNAM.



TASIS ARTIST, WIKI. (2013). Richard Serra Verb List. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de <https://seaberg.wikispaces.com/Richard+Serra+Verb+List>

The Blast Theory. (03 de Marzo de 2014). CAN YOU SEE ME NOW? Recuperado el 03 de Marzo de 2014, de <http://www.blasttheory.co.uk/projects/can-you-see-me-now/>

Ultra-Lab (Dirección). (2013). Hello World Processing [Película].

WikiLeaks. (2007). US Military Equipment in Iraq (2007)/Robots. Recuperado el 2 de Octubre de 2013, de <http://wikileaks.org/>

WikiLeaks. (2007). US Military Equipment in Iraq. Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de [http://wikileaks.org/wiki/US\\_Military\\_Equipment\\_in\\_Iraq\\_%282007%29/Robots](http://wikileaks.org/wiki/US_Military_Equipment_in_Iraq_%282007%29/Robots)

Wikipedia, Computer Vision. (2 de Septiembre de 2013). Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de [http://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_vision](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision)

Wikipedia, Steampunk. (s.f.). Recuperado el 2013 de Octubre de 2013, de <http://en.wikipedia.org/wiki/Steampunk>

Wilkinson, L., Wills, D., Rope, D., Norton, A., & Dubbs, R. (2006). The Grammar of Graphics. Springer.

Wittkower, R. (1997). La escultura: procesos y principios. España: Alianza Forma.

Zizek, S. (1999). Against The Double Black Mail. Obtenido de Thrid Text, Critical Perspectives on Contemporary Art and Culture: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09528829908576794#.UgKJSW0l8r0>

Zizek, S. (Escritor), & Wright, B. (Dirección). (2004). Manufacturing Reality: Slavoj Zizek and the Reality of the Virtual [Película].

Zuluaga, I. (Diciembre de 2009). Txapuzas Electrónicas. Recuperado el 17 de Septiembre de 2013, de <http://txapuzas.blogspot.mx/2009/12/paperdimmerldr-control-de-potencia-de.html>



## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Mapa visual, 1er etapa de la investigación.

14

Ilustración 2. Los Caídos, Joaquín R. Díaz, Fibra de vidrio. 2010.

16

Ilustración 3. La figura muestra como se transforma un patrón repetitivo rectangular en un patrón romboidal mediante cuatro transformaciones: Traslación, escalamiento, rotación y aplastamiento. Imagen tomada de Wikipedia.

18

Ilustración 4- Mapa de la tesis.

21

Ilustración 5- Flujo de continuidad entre los módulos, las flechas indican desde el modulo que se está leyendo hacia cuales se puede ir, la relación está dada por los contenidos.

22

Ilustración 6- Recorrido Total.

23

Ilustración 7- Visión Enfocada en la Ingeniería.

24

Ilustración 8- Visión Enfocada en el Arte.

25

Ilustración 9- Visión de Encuentros.

26

Ilustración 10- Ejemplo de un recorrido libre.

27

Ilustración 11. Remediación de Domos. La Alhambra de Granada, España, Ex Templo de Santa Teresa en La Ciudad de México; Alcazar de Sevilla, España; Bode Museum, Alemania.

30

Ilustración 12- Joaquín R. Díaz, Presence, performance. Registro fotográfico del performance en el Centro Cultural Universitario 2011.

31

Ilustración 13- Arriba izq. Edwin van der Heide Sound Modulated Light 3 (2004 – 2007); Arriba der. Christa Sommerer & Laurent Mignonneau, Interactive Plant Growing (1993); Abajo Izq. Prueba de circuito triac con Arduino; Abajo der. Boceto de domo inflable interactivo.

34

Ilustración 14- Joaquín R. Díaz, Animal Herido, Imagen digital, 2013. Esta imagen es una alegoría del proceso de digitalización de un objeto interactivo. Este es uno de los primeros bocetos de interactividad, más bien analógica que se desarrolló en la investigación

36

Ilustración 15- Interior de una consola de video juegos análoga (NEZA PONG) de fabricación mexicana. Este fue uno de los primeros acercamientos a la estética del dispositivo y un inocente acercamiento a tratar de entender su funcionamiento.

37

Ilustración 16- Joaquín R. Díaz (2011), El enano bajo la caja-Microcontrolador Arduino, fotografía digital.

39

Ilustración 17- Richard Serra, Verb-list (1967-1968)

41

Ilustración 18. Traducción de la lista de verbos de Richard Serra (TASIS ARTIST, WIKI, 2013).

41

Ilustración 19. Lista de Conocimientos matemáticos, procesos, conceptos y dispositivos.

42

Ilustración 20- Joaquín R. Díaz (2013), At your service..., Imagen Digital.

46

Ilustración 21. FSM de un robot de par diferencial con algoritmo de mano derecha. Este tipo de algoritmos se usan para las competencias de micromouse, donde un pequeño robot necesita salir de un laberinto en el menor tiempo posible. Las flechas representan la dirección de los motores.

49

Ilustración 22. Pixelizacion de una escena de el SEGUNDO RENACIMIENTO de ANIMATRIX (Chung, y otros, 2003).

52

Ilustración 23. Línea temporal Vida Artificial 1/4 (Fundación Telefónica, 2012).

54





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Ilustración 24. Línea temporal Vida Artificial 2/4 (Fudación Telefónica, 2012).  
55

Ilustración 25. Línea temporal Vida Artificial 3/4 (Fudación Telefónica, 2012).  
56

Ilustración 26. Línea temporal Vida Artificial 4/4 (Fudación Telefónica, 2012).  
57

Ilustración 27- Módulo de Bicho Proxémico  
66

Ilustración 28- Partes que conforman la obra Bichos Proxemicos V.1.0  
68

Ilustración 29- Primer boceto del bicho proxémico.  
69

Ilustración 30- Representación del algoritmo de la máquina de estados de Bichos Proxémicos V. 1.5  
70

Ilustración 31- La imagen muestra una de las maneras para escribir un mensaje en código de programación, comparado con la forma en la que se escribe para la lectura de otra persona.  
78

Ilustración 32- Distance2D, captura de pantalla ejecutando el código en processing. 2013.  
86

Ilustración 33. John Cage, operando una máquina grabadora de audio, 1981.  
91

Ilustración 34. Tommy Refenes, programando Super Meat Boy. Escena de la película Indie Game: The Movie (Pajot & Swirsky, 2012).  
91

Ilustración 35- Planta, en dibujo de líneas, de la instalación RoFuE.  
99

Ilustración 36- Planta, en render, de la instalación RoFuE.  
100

Ilustración 37- Vista Frontal, en render, de la instalación RoFuE.  
101

Ilustración 38- Vista Isométrica, en dibujo de líneas, de la instalación RoFuE.  
102

Ilustración 39- Matriz de trabajo. Imagen compuesta a partir del espacio que porta bocetos y maquetas en su cambio durante la investigación.  
106

Ilustración 40. Primer propuesta de RoFuE con sensores infra rojos.  
107

Ilustración 41. Diagrama de módulos de RoFuE  
108

Ilustración 42. Boceto de la matriz con láser.  
109

Ilustración 43. Boceto de la matriz con la nube de puntos.  
110

Ilustración 44- Boceto de cuadros activados en la retícula virtual por el paso de las personas en la instalación.  
111

Ilustración 45. Célula sonora. Se marcan los 6 estratos de sonido, los márgenes y la ubicación de la iluminación.  
113

Ilustración 46- Secuencia de imágenes del campo potencial programado en Processing. El círculo grande representa el obstáculo, el mediano el objeto de atracción y el más pequeño, siempre acompañado de un cuadro, el robot o l objeto que es atraído, el cuadro va marcando los cuadros que el robot va pisando.  
120

Ilustración 47- Bocetos de los campos potenciales pensados como un laboratorio de comportamientos. Aquí el robot se representa como un laboratorio de comportamientos en el que lo que importa es denotar conductas de un ente atraído sobre su objeto de atracción a diferencia de la habitual visión en la que el robot debe realizar su trabajo de la forma más eficiente posible.  
122

Ilustración 48- Representación 3d de un campo potencial, donde el valle representa el punto de mayor atracción y las cimas los campos de repulsión.  
126

Ilustración 49. Boceto de los Campos Potenciales, con las fórmulas que hacen funcionar cada una de las partes del campo potencial y señalando que datos provee cada actor del campo potencial. Las líneas que trazan curvas entre los campos de repulsión son las posibles rutas que tomaría el robot para alcanzar su destino.  
129



Ilustración 50- Captura de imagen del código ASCII Video de Ben Fry, tomado de la biblioteca de video para Processing GSVideo. 2013.

133

Ilustración 51. Captura, nube de puntos con ruido de perlin en Processing. 2013.

134

Ilustración 52- Captura, nube de puntos con un filtro de distancias, programado en Processing. 2013.

135

Ilustración 53. Capa a color de una diagrama de Voronoi 3D. Imagen tomada de Wikipedia.

137

Ilustración 54. Primer parte del algoritmo de K-medias en la que se arrojan puntos a lo largo y ancho del lienzo de forma aleatoria.

138

Ilustración 55. Segunda parte del algoritmo de K-medias. Sobre los puntos en el lienzo se arrojan centroides de forma aleatoria, el número de centroides es decidido arbitrariamente.

138

Ilustración 56. Tercera parte del algoritmo de K-medias. Se obtiene la distancia de cada punto con todos los centroides asignándole el índice del centroide que tiene más cerca.

139

Ilustración 57- Cuarta parte del algoritmo. Se saca la distancia media de todos los puntos que coinciden en su índice con el mismo centroide para obtener las coordenadas del centroide de ese grupo y se reubica el centroide en su nueva posición.

139

Ilustración 58- Nube de puntos generada por la Kinect.

140

Ilustración 59- Nube de puntos en vista aérea.

140

Ilustración 60. Representación gráfica del algoritmo de K-medias.

141

Ilustración 61. Pseudo Código del algoritmo de K-medias.

142

Ilustración 62- Christine Sugrue 2007, Delicated Boundarie, Instalación interactiva.

146

Ilustración 63- Justina, Robot de servicio del Laboratorio de Biorobotica de la UNAM, interactuando con uno de los investigadores.

147

Ilustración 64. Bocetos de Alonyo Carmona, 2012.

148

Ilustración 65- Bocetos en plastilina y estructura preliminar del fuselaje.

149

Ilustración 66- Boceto virtual de Alonyo Carmona, 2012.

149

Ilustración 67. Robot de servicio de la Universidad Tecnológica de Eindhoven.

150

Ilustración 68. Detalle de la máscara de Justina, con el acabado en chapa de oro y betún de Judea.

151

Ilustración 69. Valle del Desconcierto (Uncanny Valley) tomada de <http://www.androidscience.com/theuncannyvalley/proceedings2005/uncannyvalley.html>

152

Ilustración 70. A la izquierda Justina con diseño Barroco, a la derecha su diseño más sobrio.

152

Ilustración 71. Estructura y fuselaje modelado en 3D y fuselaje en metacrilato cortado en láser. El gripper fue realizado a partir de vaciado de plástico uretano.

153

Ilustración 72- Justina en transición de un fuselaje a otro, se conservo el acabado en blanco para dar una apariencia mas aceptable para el grueso de las personas.

154

Ilustración 73- Autorretrato (2012), Joaquín R. Díaz, realizado en processing con el código de Max Rheiner.

156

Ilustración 74- Detector de dedos (2012), JavaCVPro. Programador: X. Hinault.

158

Ilustración 75- Cámara Kinect sin la carcasa exterior. Tomada de (Borestein, 2012).

158

Ilustración 76- Golan Levin (2008), Double-Taker (Snout), Instalación Interactiva.

160

Ilustración 77- Golan Levin (2008), Sistema de visión de la pieza Doble-Taker (Snput), Se muestra el procesamiento de las imágenes capturadas por la cámara y el control de cinemática del brazo robótico.

161



Ilustración 78. Kazuki Takamatsu (2008), HIGHYM-HLOW, Mapa de profundidad. La obra de Takamatsu esta creada a partir del mapa de profundidad, donde el tono de gris de los pixeles corresponde a la profundidad del punto (Panagiotidis, 2014).

162

Ilustración 79. James George (2012), Spectacle of Change. Fotografía de la exposicion en ScreenLab MediaCityUK 0X01. En esta exposicion George muestra 6 retratos de diferentes artsitas hablando sobre las influencias de la cultura digital. Los retratos son escaneados con el sistema RGBDToolKit que combina una camara kinect con una SLSR y genera en tiempo real el retrato del artista, estos retratos nunca se repiten ya que se generan cada vez que el ciclo inicia nuevamente (George, 2011).

163

Ilustración 80. François Quévillon (2010), Dérive. Esta obra genera un retrato interactivo de diferentes ciudades. La imagen que esta visualizada en el sistema de nube de puntos se modifica dependiendo de las condiciones meteorológicas y astronómicas que viva la ciudad. Estos datos son colectados en tiempo real por Internet (Quévillon, 2014).

164

