

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

---

---

# Reset the Forest

## Dispositivo de reforestación interactiva



Clara González García

director José María de Luelmo Jareño

---

---

**AVM**  
Artes Visuales & Multimedia  
Máster Oficial - UPV



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**MÁSTER UNIVERSITARIO  
EN ARTES VISUALES Y MULTIMEDIA**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**RESET THE FOREST:  
DISPOSITIVO DE REFORESTACIÓN INTERACTIVA.**

Trabajo presentado por:  
Dña. Clara González García

Dirigido por:  
Dr. José María de Luelmo Jareño

VALENCIA, septiembre de 2018

He de agradecer infinitamente el apoyo mostrado por parte de los distintos profesores con los que he realizado tutorías y han mostrado interés en el desarrollo del proyecto ya que sin su ayuda habría sido imposible de realizar. Mencionar especialmente a mi tutor José María de Luelmo, a Miguel Sánchez y a Jorge de las Heras.

Quisiera también reconocer y agradecer la ayuda incondicional de mi familia, tanto por los valores y educación que me inculcaron desde la niñez, hasta el apoyo y respeto por las distintas decisiones y desafíos que me he propuesto.

## RESUMEN

*Reset the Forest: Dispositivo de Reforestación Interactiva*, es un proyecto que se desarrolla desde una perspectiva ecomedia y cuyo objetivo principal es promover la sensibilización del usuario hacia los incendios forestales mediante un dispositivo dotado de una interfaz gráfica interactiva. Si bien resulta aplicable a cualquier terreno deforestado, el proyecto se centra en la Sierra del Segura (Albacete), lugar de donde procede la vista aérea de un espacio quemado que se visualiza en una pantalla horizontal cubierta de un sustrato fértil transparente. El usuario selecciona a voluntad un punto de la imagen y el dispositivo procede entonces a la siembra en él de una semilla real. Finalmente, por medio de rutas de senderismo en comunidad, las semillas germinadas se transportan a la localización inicialmente elegida y se lleva a cabo su plantación in situ.

Palabras clave: dispositivo, interacción, ecomedia, reforestación, incendio

## ABSTRACT

*Reset the Forest: Interactive Reforestation Device*, is a project developed from an ecomedia perspective and whose main objective is to promote the user's awareness towards forest fires through a device equipped with an interactive graphic interface. Although it is applicable to any deforested land, the project focuses on the Sierra del Segura (Albacete), where the aerial view of a burned area is displayed on a horizontal screen covered with a transparent fertile substrate. The user selects a point on the image at will and the device then proceeds to sow a real seed in it. Finally, through community hiking trails, the germinated seeds are transported to the location initially chosen and their 'in situ' planting takes place.

Keywords: device, interaction, ecomedia, reforestation, fire



## Índice

<b>1. Introducción</b>	1
1.1. Motivación	3
1.2. Objetivos	5
1.3. Metodología	6
<b>2. Caso de estudio: Incendio Forestal en Yeste y Molinicos</b>	7
2.1. Contexto y datos: #IF Yeste y Molinicos	8
2.2. Zonas de severidad del incendio	10
2.3. Afectación y daños: flora y suelos	11
2.4. Causas y problemática	13
<b>3. Reforestación</b>	17
3.1. Restauración ambiental y medioambiental	18
3.2. Propuestas alternativas desde una perspectiva artística: land art, arte medioambiental y ecofeminismo	22
3.3. Simbolismo de plantar un árbol	27
3.4. Ecomedia	32
3.5. <i>Reset the Forest</i> : ecología, tecnología y didáctica	35
<b>4. Germinación</b>	39
4.1. Sustrato fértil	40
4.2. Ensayo con semillas	43
4.3. Especies autóctonas	45
<b>5. Prototipo 1.0</b>	48
5.1. Interacción y diagrama de flujo	50
5.2. GUI / App	52
5.3. Estructura y piezas	55
5.4. Electrónica y programación	61
5.4.1. Arduino y Motor Shield	61
5.4.2. Motores paso a paso	62
5.4.3. Dispensador de semillas	63

5.4.4. Programación y comunicación	64
5.5. Instalación	66
<b>6. Prototipo 2.0</b>	<b>68</b>
6.1. Interacción y diagrama de flujo	68
6.2. Interfaz GUI	71
6.3. Dispositivo	73
6.3.1. Estructura	76
6.3.2. Piezas en 3D	80
6.3.3. Mecanismos	85
6.4. Electrónica y programación	87
6.4.1. CNC y Arduino	88
6.4.2. Motores paso a paso	89
6.4.3. Dispensador de semillas	89
6.4.4. Programación	91
6.5. Instalación	92
6.6. Presupuesto	95
6.7. Ficha técnica	97
<b>7. Conclusiones, balance crítico y trabajo futuro</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>104</b>
<b>Índice de imágenes</b>	<b>112</b>
<b>Anexo</b>	<b>115</b>

## **1. Introducción**

El presente trabajo final del Máster en Artes Visuales y Multimedia de la Universidad Politécnica de Valencia titulado *Reset the Forest: Dispositivo de reforestación interactiva* se inserta dentro de la línea de investigación de Estética Digital, Interacción y Comportamientos, específicamente ubicado en las sublíneas de Interacción humano computadora (Human Computer Interaction), Diseño de interfaz y Sistemas dinámicos de interacción.

El proyecto se muestra como una encrucijada entre arte, tecnología y ciencia, ya que engloba distintas áreas de información donde confluye el trabajo de artistas, activistas, biólogos, ecólogos, informáticos e ingenieros. Se encuentra lejos de las modas *bio* y *eco* de carácter económico y no tiene nada que ver con la apropiación pop de la lucha contra el calentamiento global. Sin embargo, abraza la teoría ecofeminista desde un punto de vista constructivo, crítico y anarquista, lejos del esencialismo, ya que se considera unida la cuestión ecológica con la de género, planteando una alternativa a la crisis de valores de la sociedad consumista e individualista actual.

La reforestación a la que alude el título no corresponde a una reforestación como tal, a pesar de que una pequeña parte haga tal labor, sino que más bien se trata una simulación acerca del acto de plantar una semilla de forma interactiva en una zona que ha sido devastada. Aún así, esa semilla realmente pretende sembrarse en las mentes de los usuarios que participen en dicho proyecto, ya que la cuestión importante a considerar es la sensibilización.

La investigación se desenvuelve a partir de problemáticas contemporáneas, desarrollando conceptos como *ecomedia* a través de un entorno colaborativo, la interacción humano-computadora y la visualización de datos. La producción artística propone originar una interfaz gráfica interactiva que se comunica en tiempo real con un dispositivo físico, promoviendo

una reflexión crítica acerca del peligro de los incendios forestales y el aprendizaje sobre la repoblación de un paisaje devastado. Para ello se ha desarrollado un proceso de trabajo en materias de electrónica, programación, diseño y biología que ha desembocado en la construcción de dos prototipos.

El trabajo escrito y documental se divide en siete apartados diferenciados. Comienza con el resumen del concepto del proyecto, pasando por las líneas de investigación aplicadas, la motivación, los objetivos y la metodología seguida. El segundo apartado expone el caso de estudio examinado para realizar la presente investigación, mostrando datos oficiales acerca del incendio forestal que motiva el proyecto.

La tercera parte abarca varios puntos de vista en relación a la cuestión de la reforestación, distinguiendo los pros y los contras de la restauración ambiental y medioambiental y enumerando las acciones llevadas a cabo en la zona devastada expuesta en el caso de estudio. Seguidamente se realiza un recorrido desde una perspectiva teórica por distintas propuestas artísticas en relación tanto con la reforestación como con el *Land Art*, el *arte medioambiental* y el *ecofeminismo*. El siguiente punto expone casos acerca de la simbología de plantar un árbol en distintos contextos y se centra en el concepto de *ecosofía* de Félix Guattari. Posteriormente se exponen los principios operativos del movimiento *ecomedia*, en el que se inscribe este proyecto, a través de los trabajos de distintos artistas, dando paso al planteamiento conceptual de la práctica artística que propone esta investigación, *Reset the Forest: Dispositivo de Reforestación Interactiva*.

El apartado número cuatro explica el modo en el que se ha experimentado en la práctica con el sustrato fértil y con los distintos ensayos con semillas y la indagación llevada a cabo sobre las especies autóctonas de la zona afectada analizada en el caso de estudio.

Los apartados cinco y seis muestran detalladamente los procesos seguidos para la construcción del Prototipo 1.0 y del Prototipo 2.0. Se analizan todos los aspectos: el tipo de interacción, la interfaz gráfica de usuario, el desarrollo del diseño de la estructura y los mecanismos del dispositivo físico, la electrónica y la programación empleados en cada uno de ellos y el modo de instalación en el espacio a disposición del usuario. Muchos de estos puntos vienen acompañados de referentes cuyo trabajo está relacionado con las cuestiones a tratar. Al final del apartado seis se agrega una ficha técnica en la que se desglosan todos los elementos empleados y un manual de montaje y desmontaje del Prototipo 2.0.

El séptimo y último apartado efectúa un balance crítico del trabajo desarrollado y describe las posibles mejoras que podrían implementarse en futuros prototipos. Al final se encuentra la bibliografía empleada, dividida en secciones en función del tipo de información requerida: artículos de prensa, libros, material audiovisual o sitios webs de los distintos artistas. También se adjunta un anexo en el que pueden encontrarse los códigos de programación empleados para el Prototipo 1.0 y el Prototipo 2.0.

## **1.1. Motivación y orientación del proyecto**

Cuando te has criado en la Sierra del Segura, provincia de Albacete, el olor a pino, a romero y a tomillo te transportan a la niñez: ir a recoger piñas, a buscar níscales, subir a las cumbres de las montañas o ver por primera vez una cabra montesa, son regalos de la naturaleza que te hacen valorar el entorno.

En 1994 un incendio arrasó muchísimas hectáreas del monte justo en los términos de Yeste y Molinicos. Yo era muy pequeña, apenas 5 años, y recuerdo a mi madre poniendo toallas en las ranuras de puertas y ventanas



y a mi padre que regresaba a casa con olor a humo; estaba ayudando, junto a todos los vecinos de la comarca, a extinguir el fuego.

En el verano de 2017, la tragedia se repitió. Ver con tus ojos una columna gigantesca de humo que ahoga tu pueblo, escuchar decenas de helicópteros sobrevolando la zona, unidades militares de emergencias por todos lados. Mi bosque, nuestro bosque, el de todos. Fue un “sinvivir” que duró otra larga semana. Los habitantes de las aldeas afectadas fueron desalojados, abandonaron sus casas y animales y se vinieron con lo puesto. Personas mayores, ancianos que deambulaban por las calles en pleno mes de julio con lágrimas en la mirada, tristeza y desolación en el alma.



Fig. 1: Hoja de ceniza que llegó a casa (2017).

A día de hoy me sigo estremeciendo cuando pienso de nuevo en lo que ocurrió. La belleza y la singularidad de la Sierra del Segura radica en sus montes y paisajes, en el nacimiento del río Mundo, el Parque Natural, las microrreservas... Constituye un pulmón y un tesoro natural que somos responsables de cuidar.

Siempre trabajé desde la propia experiencia, aplicando el arte como terapia. Durante los años que viví en México me trabajé a mí misma, tomé conciencia y sané traumas para, a partir de ello, crear piezas desde lo

más profundo donde lo personal se extrapola a otros contextos. Ahora es mi tierra la que ha sufrido y mi tarea es ayudarla y promover una reflexión crítica que vaya de lo local a lo global, pues al igual que aquí, este problema acontece en todo el mundo. Por tanto, *¿qué podemos hacer?*

## **1.2. Objetivos**

A la vista de lo anterior, y desde una posición comprometida con lo sucedido, este proyecto de investigación y práctica artística se marca como objetivos, desde un plano más general a uno más específico, los siguientes puntos:

Objetivos generales:

- Promover la sensibilización hacia la crisis ecológica desde una perspectiva artística y didáctica.
- Fomentar la reflexión sobre el peligro y las consecuencias de los incendios forestales mediante las nuevas tecnologías.
- Indagar y fomentar los vínculos entre arte, ecología, pensamiento crítico y nuevos medios.

Objetivos específicos:

- Diseñar experiencias interactivas que involucren al usuario en la acción de plantar árboles.
- Concebir, realizar y optimizar un dispositivo presencial monousuario capaz de simular y estimular dicha acción.
- Crear estrategias que abarquen el ciclo completo de un proceso de reforestación, desde la fase inicial impulsada por el dispositivo interactivo a la plantación efectiva sobre el terreno.

### **1.3. Metodología**

La metodología seguida para este proyecto de investigación y práctica artística se compone de tres fases diferenciadas que a la vez se complementan: una fase inductiva, otra cualitativa y otra experimental.

El proyecto se gesta a partir de un análisis de caso de estudio donde se exponen distintas fuentes de información acerca de un hecho concreto y sus correspondientes consecuencias. La metodología es de tipo inductivo para extraer conclusiones generales a partir de un caso concreto, es decir, correspondiéndose con un recorrido que va de lo local a lo global.

Posteriormente se emplea una metodología cualitativa donde se lleva a cabo una revisión contextual, tanto de distintas corrientes de pensamiento como de artistas afines, y se fijan los conceptos fundamentales sobre los que orbita el proyecto. Conviene aclarar que no se ha dedicado un apartado exclusivo a los proyectos referentes, sino que dichos trabajos se han insertado a lo largo de todo el documento para reforzar de forma cualitativa los distintos puntos que se desarrollan, ya haya sido para consolidar aspectos conceptuales, prácticos, experimentales o estéticos. Por ello, se entrelaza el desarrollo experimental de la práctica artística con las observaciones y afinidades de los proyectos destacados, los cuales se muestran de forma paralela a los distintos procesos de investigación, despliegue técnico, búsquedas y experimentos que caracterizan el bloque de investigación aplicada y que, como se ha indicado anteriormente, fructifica en numerosos hallazgos puntuales y en el desarrollo de dos prototipos completos.

## **2. Caso de estudio: Incendio Forestal en Yeste y Molinicos**

“Un incendio forestal es un fuego de gran magnitud que se propaga sin control en algún terreno forestal, es decir, conformado básicamente por árboles. A diferencia de otros tipos de incendios, se extiende con suma rapidez a través de amplias áreas, cambia de dirección súbitamente y puede sortear obstáculos grandes como ríos y carreteras.

Los incendios forestales tienen un gran poder destructivo. Es como si tuvieran vida propia pues pueden avanzar a una velocidad de hasta 23 kilómetros por hora incendiando y consumiendo todo lo que encuentran enfrente. [...]”<sup>1</sup>

Esta definición extraída de la Geoenciclopedia aporta una descripción genérica de estos sucesos a los que responde el incendio forestal a analizar en este caso de estudio. Los daños de estos sucesos devastadores afectan a la vegetación y a la fauna, alteran los balances hidrológicos, la calidad de las aguas y de la atmósfera, se pierde fertilidad y suelo debido a la erosión. Todo ello conlleva uno de los mayores perjuicios ecológicos, donde también se perturba la actividad de los microorganismos como bacterias y hongos y, cómo no, el gran impacto acaecido sobre el paisaje.

A continuación, se desglosa la información relativa al incendio forestal acontecido durante el verano de 2017 en los términos de Yeste y Molinicos donde se desmenuzan los datos acerca de las zonas de severidad, la afectación y daños que acarrió y, por último, las causas y problemáticas, partiendo de este modo de un caso concreto para llegar a la situación global en la que se encuentra el planeta.

---

<sup>1</sup> Nota aclaratoria: Todas las fuentes bibliográficas paginadas emplean el estilo Chicago y para las fuentes recogidas de Internet se procede empleando la nota a pie de página.

Geoenciclopedia. “Definición de incendio forestal”, accedido el 3 de julio de 2018, <http://www.geoenciclopedia.com/incendio-forestal/>.

## 2.1. Contexto y datos: #IF Yeste y Molinicos

Una llamada al 112 el día 27 de julio de 2017 alerta de la existencia de un foco de humo a las 11:18 horas en la zona de La Parrilla, dentro del término de Yeste en la Sierra del Segura (Albacete). En pleno corazón del monte, entre pinos y matorral de difícil acceso, comenzó una catástrofe natural que se prolongó durante más de una semana.

La orografía y la climatología fueron las grandes aliadas del fuego, suponiendo todo esfuerzo por extinguir las llamas un trabajo estéril. Durante los días en los que el incendio permaneció fuera de control, la situación atmosférica se caracterizó por unas condiciones de estabilidad seca propiciada por la afección de la continental sahariana y las altas presiones que dominaban la península.

Además, el calentamiento del aire más próximo a la superficie terrestre y el dominio del viento favoreció para que los días 28 y 30 de julio el fuego tuviese un comportamiento más intenso, alcanzando velocidades elevadas estimadas en torno a los 30-35 m/min.

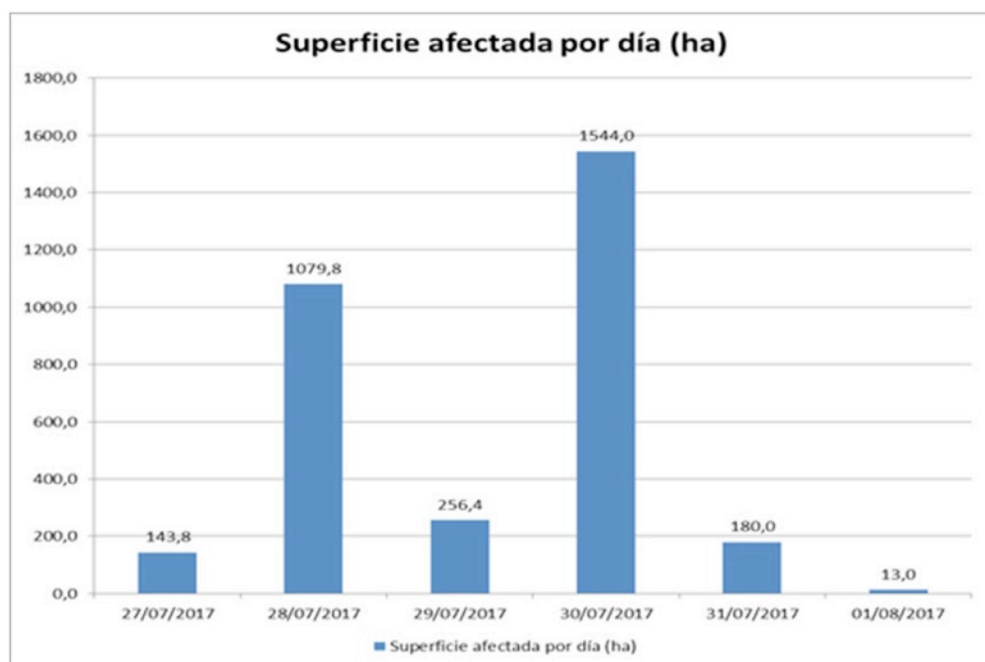


Fig. 2: Gráfica del incendio de Yeste y Molinicos de 2017.



Como handicap todavía mayor, el vecino embalse de la Fuensanta estaba seco, lo que obligó a los equipos aéreos a desplazarse hasta otras fuentes de agua con la consecuente pérdida de tiempo. Tras varios días agónicos se presentó una pequeña lluvia y, precisamente gracias a la mejora del tiempo, se logró detener las llamas con el trabajo incansable sobre el terreno de un operativo compuesto por 1.211 personas. El día 9 de agosto a las 17:48 horas quedaba controlado y, finalmente, extinguido el incendio forestal.

Se contó con un total de 233 medios, 45 de ellos aéreos, 187 terrestres y tres medios de dirección y coordinación. Los dispositivos fueron del Infocam, la Unidad Militar de Emergencias (UME) y otros medios del Estado, de Andalucía y de la Región de Murcia, bomberos del servicio de incendios de la Diputación Provincial de Albacete (SEPEI), agentes y miembros de la Guardia Civil, Protección Civil, Cruz Roja y del Servicio de Salud de Castilla-La Mancha (SESCAM).

Los daños fueron cuantiosos, alcanzando 3.217,06 hectáreas calcinadas según datos oficiales<sup>2</sup>, 745 de ellas de gran valor ecológico debido a que forman parte del Parque Natural de Los Calares del Mundo y de la Sima. El perímetro se calculó mediante trabajo de campo, fotografías captadas desde helicóptero y por medio de técnicas de teledetección.

El 87% de la zona quedó muy destruida y, la prioridad en esos días, fueron los aproximadamente 445 habitantes de las 18 pedanías desalojadas de los términos de Yeste y Molinicos por miedo a las llamas, junto a otras localidades que fueron confinadas debido a la inundación de humo que envolvió gran parte de la Sierra del Segura.

---

<sup>2</sup> Cfr. *“Memoria de las actuaciones de restauración ambiental y medioambiental de emergencia en la superficie afectada por el incendio de julio-agosto de 2017 en los TTMM de Yeste, Molinicos y Riópar, provincia de Albacete.”* Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

## 2.2. Zonas de severidad del incendio

La severidad del fuego, entendida como el efecto del fuego sobre aspectos físicos, químicos y biológicos de un ecosistema, se ha calculado con técnicas de teledetección. Este sistema permite, a través de satélites, calcular el daño en las áreas forestales y el patrimonio ambiental afectado por un incendio forestal. Se emplea el índice dNBR (Normalized Burnt Ratio), donde se clasifican sus valores utilizando los umbrales establecidos en un incendio anterior próximo.

El cociente de quemadura normalizado se utiliza con frecuencia para estimar la severidad de la quemadura. Las imágenes recogidas antes de un incendio tendrán valores de banda infrarroja cercana muy altos y valores de banda infrarroja media muy bajos y una imagen recogida sobre un bosque después de un incendio tendrá valores muy bajos de banda infrarroja cercana y valores muy altos de banda infrarroja media. Un dNBR más alto indica daño más severo<sup>3</sup>.

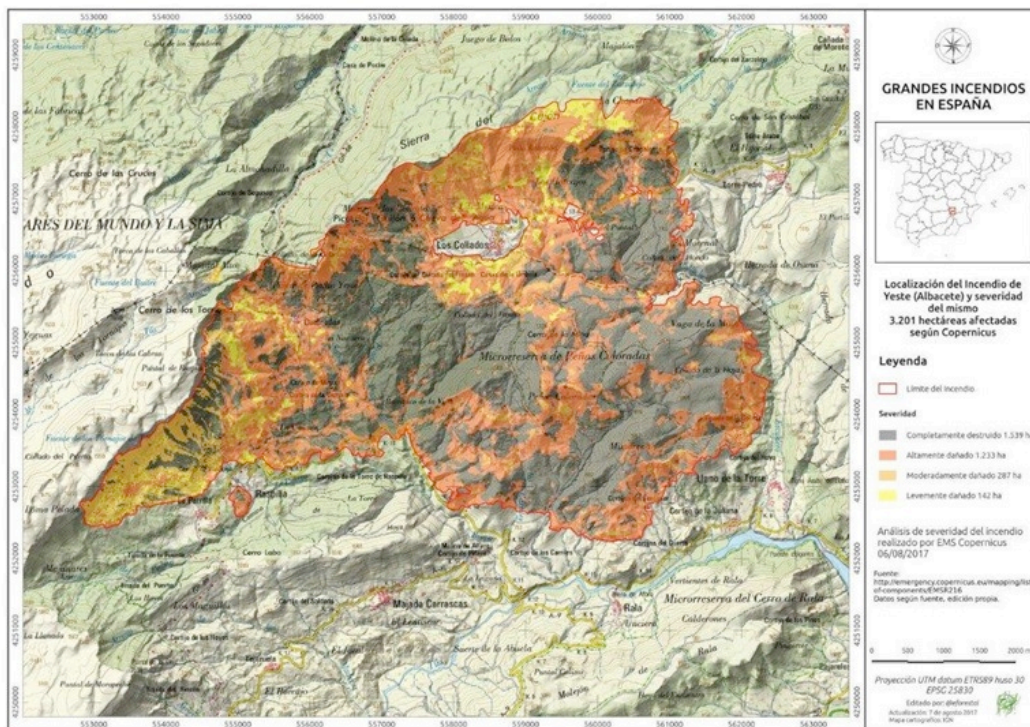


Fig. 3: Mapa que refleja las zonas de severidad del incendio.

<sup>3</sup> Cfr. [http://gsp.humboldt.edu/olm\\_2015/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson5-1/NBR.html](http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson5-1/NBR.html) (revisado el 10 de agosto de 2018).

La escala de colores va de tonos más oscuros de las zonas completamente destruidas a gamas más claras de las zonas levemente dañadas. Los datos sobre la severidad del incendio son 1.539 hectáreas completamente destruidas, 1.233 hectáreas altamente dañadas, 287 moderadamente dañadas y sólo 142 hectáreas de terreno levemente dañadas, según el análisis de severidad del incendio recogido por el sistema Copernicus Emergency Management Service (EMS).

Estos datos son coordinados por la Comisión Europea y llevados a cabo bajo los auspicios de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) y los estados miembros, proporcionando información actualizada y fiable sobre situaciones de crisis que requieren información oportuna a través de la teledetección.

### **2.3. Afectación y daños: flora y suelos**

A nivel medioambiental, parte del desarrollo del incendio discurrió sobre terreno incendiado en el año 1994, en el que se quemaron más de 14.000 hectáreas, que estaba en proceso de recuperación. Afectó también a 745 hectáreas del Parque Natural de Los Calares del Mundo y de la Sima, que corresponde a aproximadamente un tres por ciento de su superficie, cuyas sierras han desarrollado una flora muy variada y rica en endemismos. Los principales valores de este parque natural se encuentran en el paisaje, su alta riqueza en flora endémica y un tipo de relieve muy característico y desarrollado.

El incendio también alcanzó a la microrreserva de Peñas Coloradas, una elevación montañosa que se encuentra al sur de la aldea de Los Collados, lindando con el término de Molinicos.

El tipo de vegetación afectada por el incendio ha sido en su mayor parte pinares de *pinus pinaster* o pino negral y pinares de *pinus halepensis* o pino carrasco, en total 1.193 y 705 hectáreas, respectivamente, tomando como fuente el mapa forestal de España del Ministerio de Agricultura.

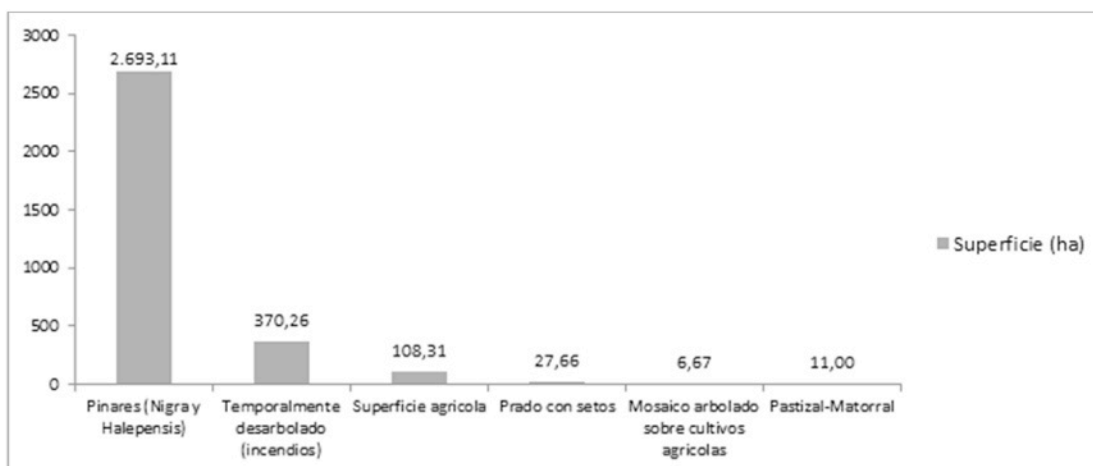


Fig. 4: Superficie afectada por estratos conforme información del Tercer Inventario Nacional Forestal.

También resultaron afectadas 526 hectáreas sin formación arbolada, 490 hectáreas de mezcla de coníferas autóctonas, 241 hectáreas de enebrales y 42 de mezcla de coníferas y frondosas autóctonas.

Otro daño de gran relevancia es la pérdida de suelos y cubierta vegetal ya que produce el aumento de las tasas de erosión, sobre todo en la época otoñal de lluvias torrenciales. La degradación de los suelos, junto con el clima de la zona, condiciona la respuesta de la vegetación, que si bien se activa inmediatamente tras el paso del fuego se recupera lentamente, con horizontes temporales más largos en las solanas que en las umbrías.

Otra consecuencia derivada de la erosión consiste en que el 100% de la superficie quemada vierte la escorrentía<sup>4</sup> produciendo aterramiento en el embalse de la Fuensanta.

Por último, cabe mencionar el riesgo de daños a masas colindantes por proliferación de plagas forestales. En los pinares colindantes no quema-

<sup>4</sup> Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

dos puede existir riesgo de proliferación de escolítidos<sup>5</sup> cuyo daño dependerá de otros factores como el estado de la masa no quemada colindante y el régimen de precipitación.

Por último, conviene aludir a la parte “casi afable” de estos sucesos catastróficos, y es que la descomposición de la materia orgánica devuelve al suelo nutrientes, elimina posibles plagas de plantas que pudiesen afectar a otras y permiten que la luz del sol llegue al suelo con todo su esplendor propiciando la germinación de semillas y, por lo tanto, el comienzo de una nueva generación vegetal.

## **2.4. Causas y problemática**

Las causas que atañen estas problemáticas son numerosas y complejas, escapándose a mis competencias y a las dimensiones y ambiciones de un proyecto como este, aunque se mencionarán algunos factores que han de tomarse en cuenta realizando un balance que se proyecta de lo particular a lo general. Las causas de los incendios forestales pueden ser de diferente índole, no sólo acerca del origen del propio fuego, que puede ser intencionado, accidental o natural, sino que las principales causas de estos problemas ecológicos se encuentran muy próximas a las políticas para el desarrollo económico del mundo globalizado.

Desde una perspectiva particular, en la Sierra del Segura, al igual que en otras muchas comarcas, el éxodo rural ha provocado que con el paso de los años los pueblos se hayan deshabitado, llegando a perder más del 40% de su población en las últimas décadas. Vivir en la sierra no es tarea fácil, pues la sanidad y la educación están centralizadas en grandes po-

---

<sup>5</sup> Considerados como una de las plagas de insectos más importantes que afectan, en algunos casos severamente, a los bosques de coníferas y secundariamente a frondosas de todo el mundo.



blaciones y el transporte público es inexistente para la mayor parte de aldeas. En contra de lo que sugiere el progreso capitalista, en la sierra siguen siendo necesarios trabajadores que realicen actividades tradicionales de manejo del monte, campesinos y pastores capaces de aprovechar los recursos de la tierra sin contaminarlos, no como la ganadería y agricultura intensiva que agotan y contaminan los suelos y acuíferos. Además, desde hace un siglo que la Sierra del Segura funciona como abastecimiento de mano de obra y de agua de las zonas urbanas de su entorno, principalmente de las zonas costeras. Este modelo de desarrollo extractivista propicia que el caudal de los ríos Mundo y Segura, antes utilizados para dar salida a la explotación maderera, sean desviados hacia el litoral para abastecer de agua los campos y para seguir dando aliento al modelo turístico de sol y playa al calor de la especulación del ladrillo.

Estos datos son de vital importancia para entender las condiciones en las que se mueve el contexto de estos pueblos, que poco a poco se están convirtiendo en parques temáticos para el turismo rural. Además, a este panorama se le añade la gran pérdida de masa forestal debido a los incendios, lo que perjudica la economía de los pueblos y, por supuesto, conlleva un gran daño al pulmón verde del que disponen.

Desde una perspectiva general, el capitalismo ha provocado estragos en todo el globo terráqueo y muchos de ellos de manera irreversible, propiciando daños completamente devastadores para la naturaleza. Existe la teoría del *Antropoceno*, en la que no se llega a un acuerdo para definirla como declaración política o propuesta científica. Se duda de la determinación de su inicio: si hace ocho mil años con la aparición de la agricultura o desde la Revolución Industrial. De todos modos, el término se emplea para definir la época geológica actual y, de hecho, designa al ser humano como fuerza geológica y geomorfológica debido al significativo impacto global que las actividades humanas tienen sobre los ecosistemas terrestres y, por tanto, debido a la capacidad para transformar el entorno en

grandes magnitudes, afectando a la litosfera, la biosfera, la hidrosfera y la atmósfera, es decir, al planeta en su conjunto.

La consecuencia directa de las actividades humanas sobre el medio ambiente es el calentamiento global de origen antropogénico debido a las grandes emisiones de dióxido de carbono por el uso de energía proveniente de la extracción y uso de combustibles fósiles y como resultado de la deforestación. Tal y como explican Jeffer Chaparro Mendivelso e Ignacio Meneses Arias:

“Dado que este lapso de tiempo se ha establecido como un periodo de intervención que sobrepasa los umbrales de recuperación de la gran mayoría de los hábitats por causa del auge de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, pues estas han estimulado el actual modelo de economía global y paralelamente el deterioro progresivo del sustento natural requerido para el desarrollo de todas las especies, incluida la humana.” (CHAPARRO y MENESES, 2015: 5)

La explotación industrializada amenaza los bosques del mundo pues más de la mitad de los que eran originarios han sido talados o han sufrido un deterioro irreversible. Más de un cuarto de la superficie mundial tiene todavía cubierta forestal, pero tan sólo aproximadamente la mitad es bosque originario. Tal y como dice el ingeniero, activista y fundador de Ecológicas en Acción, Ramón Fernández Durán:

“Todas estas dinámicas se aceleraron en las últimas décadas del pasado siglo [...] llegando a alcanzar cifras espectaculares al final del milenio: más de 200.000 km<sup>2</sup> al año de deforestación; es decir, la mitad de la superficie de España.” (FERNÁNDEZ DURÁN, 2011: 52)

Estas acciones se intensificaron y aceleraron desde la Revolución Industrial con la aparición de la maquinaria pesada, la expansión de la frontera agraria, el crecimiento de la actividad minera, el desarrollo urbano-metropolitano y la paralela explotación industrializada de las selvas tropicales

en América Latina, África Subsahariana, Asia Oriental y el Pacífico. Además, las presiones sociopolíticas y las estrategias de políticas de reforestación y explotación han creado 'ejércitos de árboles' que sustituyen el bosque originario por plantas de especies no autóctonas de rápido crecimiento, en muchas ocasiones como fomento de la industria papelera y otros intereses económicos empresariales tan característicos del 'homo economicus' en esta guerra silenciosa contra la biosfera.

A la vista de esta situación se plantea la educación como dispositivo de adaptación y transformación para lograr una conciencia y cambio posibles, aunque es una labor complicada ya que supone el enfrentamiento con el sistema en el que nos hayamos inmersos, el capitalismo. Más adelante se abordarán cuestiones relacionadas con la lucha por la defensa de los bosques por parte de movimientos ecofeministas, corrientes activistas y proyectos ecomedia pero conviene apuntar aquí su papel fundamental como agentes e instrumentos de concienciación y cambio.

### **3. Reforestación**

Las distintas definiciones que se pueden encontrar en Internet acerca de la palabra reforestación son bastante sencillas, desde “reoblación de un terreno con bosques”<sup>6</sup>, según Google, a “repoblar un terreno con plantas forestales”<sup>7</sup>, según la RAE, por tanto, se trata de una operación que pertenece al ámbito de la silvicultura, la cual está designada a repoblar espacios con árboles y vegetación que fueron eliminados por distintos motivos pero, ¿por qué hay que llevar a cabo la acción de reforestar?

El ser humano se ha ido comiendo poco a poco la masa forestal que tapizaba el planeta, casi siempre de un modo intencionado para obtener un beneficio económico o de poder político. Los pretextos para devorar poco a poco el pulmón del planeta varían desde la explotación maderera para fines industriales o de consumo, a la ampliación de fronteras agrícolas, ganaderas o políticas y áreas urbanas. Sin embargo, existe otro motivo principal, a veces también provocado o intencionado, y otras, de carácter accidental o natural: los incendios forestales.

A continuación, se efectúa un breve recorrido acerca de los pros y contras de la restauración ambiental y medioambiental desde un punto de vista genérico hasta acciones concretas llevadas a cabo en la zona afectada planteada anteriormente en el caso de estudio. Seguidamente se explican varias acciones artísticas que están relacionadas con la reforestación y cuya materia prima y/o escenario son la propia naturaleza. Después se reflexiona acerca del simbolismo del acto de plantar un árbol desde varios ámbitos tanto políticos, culturales como artísticos, de-

---

<sup>6</sup> Reforestación. En: <https://www.google.com/search?q=reforestaci%C3%B3n&aq=chrome..69i57j0l5.2127j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (consultado el 14 de agosto de 2018).

<sup>7</sup> Reforestación. En: <http://dle.rae.es/?id=Vdv8Bc8> (consultado el 14 de agosto de 2018).

semocando en la definición del concepto de Ecomedia y presentando piezas artísticas de carácter contemporáneo relacionadas con la recuperación de un entorno o medio ambiente. Por último, se esboza un planteamiento que combina cuestiones ecológicas con lo tecnológico y lo didáctico, dando lugar al proyecto que ofrece esta investigación, explicando brevemente las partes de las que se compone y dando paso a la memoria del proceso de trabajo.

### **3.1. Restauración ambiental y medioambiental**

La reforestación suele estar orientada en varias direcciones y no siempre se antepone motivos puramente ecológicos, sino que suelen darse condiciones para proteger ciertos espacios de producción. Por ejemplo, se crean barreras de protección para producciones extensivas de ganado y de cultivos, se repueblan zonas para la producción industrial de madera o incluso para uso como combustible doméstico. Por suerte, también se puede contar con otro tipo de objetivos, como la mejora de áreas verdes y el medio ambiente en sí mismo, la recuperación de cuencas hidrográficas protegiéndolas de la erosión o el freno del avance de dunas de arena.

Por lo general, la tareas de reforestación y plantación en espacios deteriorados suelen reportar resultados positivos debido a los servicios ambientales que se prestan, aunque existe la posibilidad de que se genere un impacto ambiental negativo. Esta consecuencia viene de la mano del uso de especies importadas de crecimiento rápido, lo que beneficia a la industria pero acarrea una serie de problemas que dañan la zona en vez de mejorarla.

Pueden darse varios tipos de impactos ambientales negativos, algunos temporales y otros a largo plazo, que dañan la estructura del suelo, el ci-



clo hidrológico de la cuenca o que son inherentes a la agricultura. Las plantaciones de árboles de crecimiento rápido y ciclo corto potencian el agotamiento de los alimentos del suelo y reducen la fertilidad del lugar, trastornando el suelo al eliminar la biomasa. También puede darse una mayor erosión cuando es escaso el monte bajo o la cobertura incompleta y, por otro lado, aumenta el riesgo de incendio y se reduce la infiltración del agua de lluvia con la acumulación de hojarasca debajo de las plantaciones. Además, este acopio de broza puede dar lugar a que se modifiquen las características químicas y bioquímicas del suelo.

Uno de los impactos más dañinos es el que recae sobre el ciclo hidrológico de las cuencas, especialmente en regiones áridas, debido al agotamiento de la humedad de la tierra, la bajada del nivel del agua en las capas freáticas y la afectación al flujo básico de los ríos.

Dejando de lado las malas prácticas referentes a la reforestación, conviene dejar claro que, por lo general, existen planes de actuación que se preocupan por un desarrollo del trabajo eficiente donde se logre la regeneración de los espacios quemados. Especialmente, cuando se trata de zonas de valor ecológico como parques naturales y reservas, los programas de intervención suelen estar supervisados por profesionales, desde ingenieros a biólogos, donde todas las medidas que se proponen son realizadas con sumo cuidado y cuyo único objetivo es el bien de la propia naturaleza.

Regresando al caso de estudio que ocupa la presente investigación, los principales daños o impactos identificados para este incendio forestal se comentaron anteriormente en el apartado 2.3. pero, realizando un breve resumen, se apuntan las principales afectaciones: pérdida de suelos y cubierta vegetal, produciendo erosión; aterramiento del embalse de la Fuente Santa como consecuencia de la erosión y la escorrentía y el riesgo de da-

ños a masas colindantes por proliferación de plagas forestales, como podrían ser los escolítidos.

El plan de restauración ambiental y medioambiental que actualmente se está llevando a cabo se encuentra dentro del marco jurídico del artículo 63 de la Ley 4/2008 de Montes y Gestión Forestal sostenible de Castilla-La Mancha establecido por la Consejería de Agricultura y, por el momento, las tareas de recuperación no han entrado todavía en cuestiones de reforestación de la cubierta vegetal forestal afectada por el incendio.

La restauración de la zona se está desarrollando paso a paso y, hasta la actualidad, las acciones que se han llevado a cabo han sido de extrema urgencia y realización inmediata:



Fig. 5: Albarrada mediante apeo de biomasa.

- Apeo de biomasa quemada en fajas de seguridad y ejecución de albarradas transversales con material vegetal quemado en barranqueras. La zona más relevante es la línea principal que comunica las pedanías de Los Collados y Las Quebradas, con el objeto de eliminar los riesgos de caídas de árboles quemados en la vía. También se realizan construcciones transversales temporales de naturaleza porosa con material vegetal quemado cuya función consiste en reducir la velocidad del agua y favorecer la deposición de sedimentos. Este tipo de estructuras de albarradas de madera son obras de corrección y estabilización de cárcavas y pequeñas barranqueras que facilitan la regeneración natural y la creación sobre ellos de un sustrato fértil.

- Apertura de accesos. Para llevar a cabo las obras de apeo de biomasa quemada y defensa del suelo, se procede al movimiento de tierras únicamente necesario para construir estos accesos siempre con la precaución de producir los mínimos impactos ambientales y de riesgo de inicio de procesos erosivos.
- Actuaciones para la defensa del suelo. Albarradas de mampostería en seco con piedra del terreno a lo largo de barrancos en lugares de difícil acceso, mientras que en los lugares que dispongan de sendas o caminos para llegar, se aportará piedra de cantera.



Fig. 6: Madera afectada por plaga de escolítidos.

- Tratamiento inicial de plagas y colocación de cajas-nido. Las zonas periféricas de transición del perímetro incendio-zona verde son las más vulnerables debido a la posibilidad de que se produzca el inicio de plagas y, por consiguiente, se extiendan a zonas no incendiadas. Para evitarlo, se procederá a realizar un tratamiento consistente en la colocación de trampas. Las cajas-nido de especies de fauna autóctona serán para cára-bos, colonias de murciélagos, páridos de 26mm y 32mm, autillos y búhos de la especie chico-alcotán.

Queda pendiente conocer el informe de la Consejería de Agricultura acerca de las ayudas e inversiones públicas y del plan de actuación para favorecer la regeneración natural de masas forestales o para repoblaciones forestales.

### **3.2. Propuestas alternativas desde una perspectiva artística: land art, arte medioambiental y ecofeminismo**

“Las grandes obras humanas son un esfuerzo por manifestar su presencia cultural frente a la entropía del medio. Este indicativo de desarrollo y poder, es esencialmente el mismo trasladado al siglo XX, en ejemplos como las grandes infraestructuras, los rascacielos o el land Art para el Arte.” (Albelda y Saborit, 1997: 85)

En este apartado se hará un recorrido por distintos movimientos y artistas cuyas operaciones hayan tomado a la naturaleza por argumento, ya sea de un modo crítico y defensor de la misma, ya de un modo inspirador o estético.

Comenzando por el Land Art o Earth Art, término acuñado a finales de los años 60 por Robert Smithson con sus *Earthworks*, suele aludirse a Herbert Bayer y su *Earth Mound*, realizado en 1954, como precursor del movimiento a pesar de su rechazo a ser clasificado con esta etiqueta. Sin embargo, esta corriente ha continuado hasta prácticamente la actualidad y buena prueba de ello son las obras de Alan Solfist. En un claro del bosque de Wittgenstein (Alemania), tan sólo a vista de pájaro, es posible distinguir de forma íntegra la instalación *Lost Falcon*, iniciada en el año 2004. Abarcando un espacio de 44 x 28 metros, la silueta está formada por árboles de especies autóctonas de la zona, de las cuales apenas quedan evidencias debido a su eliminación a causa de las actividades del ser humano. Se trata de una pieza de arte medioambiental a gran escala que apuesta por una sensibilidad ecológica de carácter monumental.

En realidad, los padres del arte medioambiental como tal son Helen y Newton Mayer, que desde los 70 han trabajado en conjunto con todo tipo de profesionales para llevar a cabo sus proyectos. Biólogos, arquitectos, ecólogos, historiadores, diplomáticos, investigadores, emisarios, activistas y población civil han formado parte de sus equipos para consolidar grupos

de colaboración interdisciplinar. En los 90 fundaron The Harrison Studio, continuando hasta la actualidad, y han estado relacionados con la restauración de cuencas hidrográficas, cuestiones forestales, de agricultura e incluso renovación urbana. En sus propias palabras:

“Nuestro trabajo comienza cuando percibimos una anomalía en el ambiente que es resultado de creencias opuestas o metáforas contradictorias. Momentos en que la realidad ya no parece ser perfecta y el costo de la creencia se ha vuelto escandaloso, ofrecen la oportunidad de crear nuevos espacios: primero en la mente y luego en la vida cotidiana”.<sup>8</sup>

Evidentemente, el Land Art y el arte medioambiental fueron algunos de los detonantes para que el arte se preocupara de la recuperación de espacios degradados a finales de los años 60, siendo Alemania y Estados Unidos los más activos por aquel entonces. Esta inquietud trajo consigo distintas corrientes de pensamiento dentro del mundo del arte así como distintas actitudes políticas y sociales.

Reflejo de ello es la aparición del Ecofeminismo, concepto acuñado por Françoise d'Eaubonne en 1974, aunque no fue hasta 1980 cuando se realizó la primera conferencia ecofeminista en Amherst, *Mujeres y Vida en la Tierra*. El ecofeminismo nace de la mano de la segunda ola feminista y del movimiento verde, tomando del ecologismo su preocupación por el impacto de las actividades humanas en el mundo inanimado y del feminismo la visión de género de la humanidad que explota y oprime a las mujeres.

El ecofeminismo surge pues como contestación a la apropiación masculina de la agricultura y de la reproducción que han ocasionado la sobreexplotación de la tierra y la mercantilización de la sexualidad femenina. En palabras textuales de Rosemary Radford Ruether:

---

<sup>8</sup> Todas las traducciones que aparecen al castellano en lo sucesivo son propias. Harrison & Mayer-Harrison, 2006, párr. 4 <http://theharrisonstudio.net/> (consultado el 15 de agosto de 2018).

“Las mujeres deben darse cuenta de que no podrán llevar a cabo su liberación ni encontrarán soluciones a la crisis ecológica mientras que la sociedad continúe fundando sus modelos de relación en sistemas de dominación. Las demandas del movimiento de la mujer y las del movimiento ecológico deben unirse para así poder afrontar una reforma radical de las relaciones básicas socioeconómicas y de los valores subyacentes de esta sociedad.” (Radford, 1975: 204)

Según Karen Warren, pueden distinguirse varios tipos de conexiones claves entre feminismo y medio ambiente; histórico-causal, conceptual, empírico-experimental, ético, teórico y político, y apunta que:

“La naturaleza es violada, conquistada, domada, controlada; sus secretos son penetrados, y su seno está al servicio del “hombre de la ciencia”; se cortan y destruyen bosques vírgenes y mientras, se cultivan tierras fértiles y se desechan las estériles (...) el lenguaje que afeminiza la naturaleza y naturaliza a la mujer, describe, refleja y perpetúa la dominación e inferiorización de ambas” (Warren, 2003:19).

Más tarde surgen los ecofeminismos espirituales que de la mano de Vandana Shiva, la cual se apoya en la no violencia creativa de Gandhi, consigue, por ejemplo, con las mujeres rurales de Chipko la detención de la deforestación total del Himalaya; proyecto que constituye un importante referente en el marco teórico de este trabajo. Por otro, existe un ecofeminismo latinoamericano caracterizado por su implicación con las mujeres pobres y defensa de los indígenas que se postula políticamente como crítica a la dominación, lucha antisexista, antirracista, antielitista y anti-antropocéntrica, aunque de carácter teológico y más bien esencialista. Por último, se encuentran los ecofeminismos constructivistas, como el que propone Bina Agarwal, que critica este lazo que tienen las mujeres con la naturaleza debido a que su origen se encuentra en sus responsabilidades de género en la economía familiar, lo que favorece la conciencia ecológica y el planteamiento de Val Plumwood, teórica del feminismo ecologista, que propone la superación de los dualismos jerarquizados en una análisis deconstructivo.

Alicia Puleo plantea una serie de cuestiones relevantes que replantean el ecofeminismo, como “¿Decir que las mujeres estamos más cerca de la Naturaleza por nuestra capacidad materna no es volver a encerrarnos en los límites de las funciones reproductivas?”<sup>9</sup> El hecho de únicamente tomar medidas prácticas de conservación del medio ambiente se aleja de la mística de la feminidad natural e ignora la aportación de ésta a la conciencia contemporánea, dejando a la Naturaleza como mero recurso a disposición de los humanos.



Fig. 7: Mujeres de Chipko Movement protegiendo los árboles de los madereros.

El origen común que desarrollan las teorías feministas que, en este caso, se direccionan hacia una ecología social defendiendo una relación holística entre todos los seres naturales y buscando un manejo humanista del medio ambiente completamente descentralizado, plantea el desarrollo sostenible de la biotecnología y la gestación de instituciones libres desde una perspectiva anarquista y de conciencia ecológica.

Un claro ejemplo de esta teoría llevada a la práctica es la propuesta por Wangari Maathai, Premio Nobel de la Paz en 2004, una de las principales

---

<sup>9</sup> Puleo, Alicia. *¿Qué es el ecofeminismo?* El Ecologista, nº 31 (verano 2002) <http://www.wloe.org/que-es-el-ecofeminismo.308.0.html> (consultado el 19 de mayo de 2018).



figuras del ecofeminismo que fundó el *Green Belt Movement* en 1977 en Kenia. Este proyecto fue realizado por mujeres que recibieron una compensación económica por plantar más de 50 millones de árboles para evitar la deforestación y desertización. Más tarde se creó una red panafricana, el *Pan African Green Belt Network*, con una visión holística hacia el desarrollo sostenible que aúna la democracia, los derechos humanos y, sobre todo, los derechos de las mujeres.

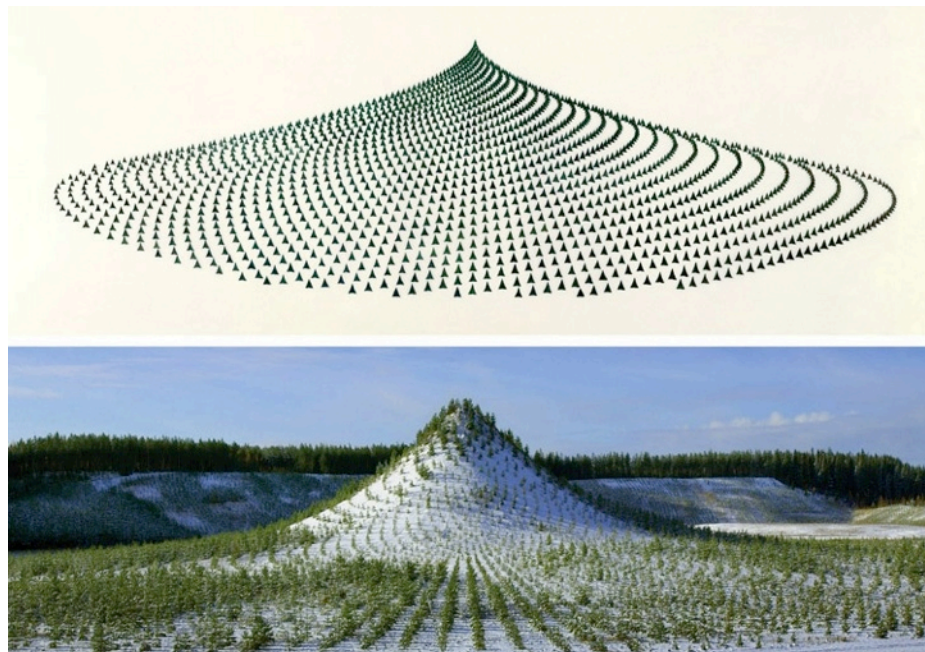


Fig. 8: *Forest for Australia* (1998) Agnes Denes.

Uno de los referentes artísticos más destacados en este sentido es la artista Agnes Denes, considerada una de las pioneras en el arte conceptual y medioambiental, que lleva trabajando desde 1968. Bajo la influencia de las corrientes feministas, su trabajo está estrechamente relacionado con *Reset the Forest: Dispositivo de Reforestación Interactiva* debido a que se acerca al concepto de reforestación en su obra *Forest for Australia* en Red Gum, She Oak y Paperbark en Melbourne, Australia, donde plantó en 1998 seis mil árboles de una especie en peligro de extinción formando un cono. También con su pieza *Wheatfield - A Confrontation*, en Nueva York, donde plantó y recolectó dos acres de trigo entre los rascacielos de la



ciudad en una zona que iba a ser construida para evidenciar las prioridades de la sociedad y el deterioro de la escala de valores.

En resumen, este paseo desde el Land Art al arte medioambiental llegando al movimiento ecofeminista, trae consigo varios proyectos a tener en cuenta en esta investigación, destacándose entre ellos el trabajo realizado por Vandana Shiva con las mujeres rurales de Chipko entre los años 1973 al 78, el *Movimiento Green Belt* de Kenia liderado por Wangari Maathai en 1977 y la obra de Agnes Denes del año 98 en Australia. Estas iniciativas influyen además en este proyecto debido a su modus operandi de carácter colaborativo.

### **3.3. El simbolismo de plantar un árbol**

En ocasiones, una metáfora puede ser tan evanescente como el humo, aunque existen alegorías que pueden cambiar la realidad. De hecho, existe una metáfora hermosa que ha cambiado el hecho de ser mujer en una pequeña comunidad de la India. Por cada niña que nace en la aldea de Piplantri en Rajastán, se realiza una celebración en la que se plantan 111 árboles que asegurarán su futuro y cuyo objetivo fundamental es concienciar a la población contra los feticidios femeninos.

La sociedad patriarcal que domina gran parte de la India influye notablemente al concebir una niña, debido a las sumas de dinero que conlleva la dote y, especialmente, debido a los matrimonios infantiles. Desde 2007, las madres de la aldea pueden formar parte de la iniciativa *Kiran Hadhi Yogana* de forma voluntaria, logrando hasta la fecha el crecimiento de más de 300.000 árboles y aumentando la natalidad femenina. Esta práctica podría etiquetarse completamente de ecofeminista ya que, además de

protegerlas de los matrimonios prematuros y propiciar su venida al mundo, también nace un bosque.

Aunque no tan significativos ni de tanta relevancia social, en Picaña (Valencia), Irún (País Vasco), Arroyomolinos (Madrid), San Andrés del Rabanedo (León), Panquehue (Chile) y en ciudades de todo el mundo se están desarrollando este tipo de iniciativas de plantar un árbol por cada niño o niña nacidos.

Otra situación, esta vez de gran envergadura política, donde el acto de sembrar un árbol fue un suceso totalmente representativo y simbólico, tiene que ver con la reciente reapertura al diálogo entre las dos Coreas. Ambos presidentes plantaron un árbol en la frontera como símbolo de paz el 27 de abril del 2018, al que cubrieron con tierra del monte Paektu de Corea del Norte y con tierra del monte Hallasan de Corea del Sur y regaron con agua de los ríos Taedong y Han que pasan por las capitales de dichas naciones.

Como simbolismo y, sobre todo, como estrategia de concienciación, retomando la línea de arte medioambiental y Land Art, es completamente necesario mencionar al artista, profesor y activista político Joseph Beuys y su aportación en 1982 para la Documenta VII de Kassel (Alemania) *7000 Robles: forestación urbana en lugar de gestión urbana*. Beuys colocó una pila enorme con 7000 bloques de roca de basalto frente al museo Fridericianum de Kassel y la instrucción fue que las rocas solamente podrían ser movidas si se sembraba junto a cada una de ellas una planta de roble. La idea era que hasta que los 7000 robles no fuesen plantados, las rocas seguirían ahí tratando de remover las conciencias de las mentes de autoridades y ciudadanos.

La acción que transformó por completo el panorama de la ciudad de Kassel tardó cinco años en ser completada, siendo en 1987 en la Documenta VIII cuando se dio por concluida. Lo realmente interesante, en relación

con la presente investigación, es la acción de plantar árboles participativa de los asistentes, espectadores, empresas, del gobierno y del pueblo en general. Finalmente, se logró esa idea de escultura social que caracterizaba la obra y el discurso de Beuys, uniendo disciplinas y voluntades en la búsqueda de otras formas de vivir.

"Creo que el árbol es un elemento de regeneración que en sí mismo es un concepto de tiempo. El roble es especialmente así porque es un árbol de crecimiento lento con un tipo de madera realmente sólido. Siempre ha sido una forma de escultura, un símbolo para este planeta desde los druidas, que son llamados después del roble. Druida significa roble. Utilizaron sus robles para definir sus lugares sagrados. Puedo ver tal uso en el futuro .... La empresa de plantación de árboles ofrece una posibilidad muy simple pero radical para esto cuando empezamos con los siete mil robles." (en KLÜSER, 2006: 195)



Fig. 9: 7000 Robles (1982-87) Joseph Beuys.

Por otra parte, Félix Guattari plantea en *Las tres ecologías* el término *ecosophía*, describiéndolo como una articulación ético-política entre los tres registros ecológicos: el del medio ambiente, el de las relaciones sociales y el de la subjetividad humana. La ecología social hace referencia a la puesta en marcha de la vida colectiva y a la creación de relaciones humanas solidarias, la ambiental hace alusión a las relaciones de los humanos

con el entorno de forma respetuosa y coherente y, por último, la ecología subjetiva propone la ruptura con todo extremismo que perjudique las relaciones entre pueblos.

Se trata de tres eslabones que se retro alimentan entre sí formado una sola ecología capaz de forjar una autonomía creadora y con capacidad solidaria, tanto en personas como instituciones. Citando textualmente a Guattari:

“Hoy menos que nunca puede separarse la naturaleza de la cultura, y hay que aprender a pensar ‘transversalmente’ las interacciones entre ecosistemas e individuales.” (GUATTARI, 1989:24)

Esta cita que plantea que ‘no puede separarse la naturaleza de la cultura’, introduce parcialmente la aportación de Timothy Morton acerca de la naturaleza sin naturaleza. *Dark ecology* es un término nuevo que propone una ecología sin naturaleza, donde existen varias escalas y ninguna es principal, entendiendo la humana como una más. En palabras del propio Morton:

“La naturaleza es un concepto planteado desde un prisma antropocéntrico. Está diseñado para los humanos, así que no es directamente relevante para hablar de ecología”.<sup>10</sup>

Se establece así una conciencia ecológica donde se entiende la interconexión de todos los seres desde lo que Morton designa “lo real simbiótico”<sup>11</sup>, es decir, describiendo las relaciones ecológicas en términos de simbiosis y entendiendo la teoría del antropoceno como algo antropomórfico que ha desatado el calentamiento global. Además, Morton designa al calentamiento global o a la biosfera como ‘hiperobjetos’, entidades tan grandes en el tiempo y el espacio que no se pueden palpar o entender en su totalidad, y de los cuales únicamente es posible ver pequeños fragmentos

---

<sup>10</sup> Jiménez de Cisneros, Roc. *Entrevista a Timothy Morton: una ecología sin naturaleza*. CCCBLAB (diciembre 2016). <http://lab.cccb.org/es/timothy-morton-ecologia-sin-naturaleza/> (consultado el 6 de agosto de 2018).

<sup>11</sup> *Ibíd.*

borrosos. El término pluridimensional de naturaleza abarca muchos conceptos que pueden designar tanto el espacio físico como el fenómeno global del universo como la esencia, cualidad o principio del funcionamiento del mundo. Tendemos a separar naturaleza de cultura, pero ¿acaso la realidad no es una combinación de ambas?

Regresando a Guattari, el autor propone pensar transversal y rizomáticamente las relaciones entre las tres ecologías, significando la creación de formas alternativas de habitar el mundo, la reconstrucción de las relaciones sociales mediante prácticas micropolíticas y la reinención de los modos de vida psíquicos para, así, plantearnos la forma en que vivimos en el planeta, la relación que se tiene con la naturaleza, con los otros y con nosotros mismos. De este modo, se lograría hacer frente al creciente desarrollo técnico-científico y demográfico, a los dispositivos y formas de poder que incrustan, modelan y producen subjetividades aisladas. Por ello, Guattari apunta que:

“Un punto programático primordial de la ecología social será hacer transitar esas sociedades capitalísticas de la era ‘mass-mediática’ hacia una era postmediática, entendiendo por ello una reapropiación de los “medias” por una multitud de grupos-sujetos, capaces de dirigirlos hacia una vía de resingularización.” (GUATTARI, 1989:41)

A partir de esta última cita acerca de la reapropiación de los media, podría ponerse sobre la mesa la mutación del ser humano como consumidor en *prosumidor* a partir del movimiento cultural que se popularizó en los años '50 de *Do It Yourself* (DIY). Gracias a Internet, actualmente esta filosofía se encuentra en un punto culminante debido al alcance global que ha logrado, abarcando diversos ámbitos que van desde el bricolaje y la mecánica a la música, el diseño, la economía colaborativa o el hardware libre.

Reconociendo la etapa actual como postmediática, en términos de Guattari, el código libre y las comunidades que comparten conocimiento retroalimentándose a través de internet han abierto nuevos horizontes, dando

lugar a la aparición del movimiento *maker*<sup>12</sup> y a la creación de espacios con intereses en ciencia, tecnología y artes digitales o electrónicas, denominados *hacklab*<sup>13</sup>, *fab lab* o *makerspace*.

Los tutoriales, manuales, foros y herramientas de los que se puede disponer en la red son de infinita ayuda para aprender técnicas o resolver problemas relacionados con la programación, la electrónica o el manejo de softwares de creación digital, material que ha sido de gran ayuda para el estudio, aprendizaje y desarrollo de distintas partes de la práctica realizada en la presente investigación, la cual apuesta por esta filosofía y defiende una actitud *maker* desde un punto de vista experimental en cuanto al proceso de trabajo.

### **3.4. Ecomedia**

El proyecto se adscribe a la corriente ecomedia, pero conviene aclarar que el prefijo *eco-*, junto con el prefijo *bio-*, se ha convertido en moda durante los últimos años, generando multitud de productos “supuestamente” respetuosos con el medio ambiente o que simplemente se aprovechan del neologismo para realizar un lavado de cara de la empresa. Dejando el ámbito de la industria, dicho prefijo se ha empleado para definir o atribuir el adjetivo de ecológico a multitud de conceptos, ocurriendo desde los años 60 en infinidad de movimientos tanto políticos como sociales y, como no, también en el arte.

---

<sup>12</sup> La cultura *maker* es una cultura o subcultura contemporánea que representa una extensión basada en la tecnología de la cultura DIY.  
<https://hacedores.com/movimientomaker/> (consultado el 18 de agosto de 2018).

<sup>13</sup> Un *hacklab*, *hackspace* o *hackerspace* es un lugar físico donde personas con intereses en ciencia, nuevas tecnologías y artes digitales o electrónicas pueden conocerse, colaborar y compartir información e ideas.

Algunas premisas del Arte medioambiental o Ecoarte consisten en informar e interpretar la naturaleza y sus procesos, educar sobre problemas ambientales, preocuparse por las fuerzas y los materiales ambientales, proponer nuevas formas de coexistir con la naturaleza y reclamar entornos dañados, restaurando ecosistemas de maneras artísticas y estéticas<sup>14</sup>.

En el apartado anterior se mencionaban artistas y proyectos de Arte medioambiental, aunque existen otros conceptos y movimientos estrechamente relacionados pero con ligeros matices. Uno de ellos es el Ecoartivismo, unión de ecología, arte y activismo que engloba todas aquellas prácticas artísticas que manifiestan un compromiso con la preservación de la biosfera y reivindican una actitud respetuosa con ella<sup>15</sup>. Algunas de sus particularidades son su marcado carácter procesual, la utilización de espacios públicos, el uso de la tecnología como elemento de apoyo hacia la sostenibilidad y la proyección de 'la voz de la comunidad'.

Los límites entre unos movimientos y otros son difusos, pues poseen varios rasgos en común y, aunque la cualidad más evidente del Ecoartivismo consiste en una implicación activa con la biosfera desde una perspectiva artística, comparte varias premisas con el concepto Ecomedia.

Así, la presente investigación podría encuadrarse dentro del movimiento Ecomedia, término que etimológicamente hablando está compuesto por ecología, entendida como la ciencia que examina la relación de los seres vivos con el medio ambiente, y media, considerado en su calidad de herramienta para comunicar información sobre el estado y las demandas de nuestro ecosistema. Los medios digitales permiten comprender el medio

---

<sup>14</sup> Cfr.

[https://web.archive.org/web/20170606113917/http://greenmuseum.org/what\\_is\\_ea.php](https://web.archive.org/web/20170606113917/http://greenmuseum.org/what_is_ea.php) (consultado el 20 de agosto de 2018).

<sup>15</sup> Cfr. Tansnational Temps para Transversalia.net. 2009. *Educación para el Medio Ambiente*. Laboral Centro de Arte y Creación Industrial.

ambiente como red y sistema de comunicación y visualizar sus flujos; quizá no para ofrecer soluciones directas, pero sí para crear un espacio destinado a la reflexión, el intercambio y el debate crítico.

Esta encrucijada entre arte, tecnología y ciencia engloba distintas áreas de información donde confluyen artistas, activistas, biólogos, ecólogos, informáticos e ingenieros. Como referentes inmediatos para este trabajo se toman los catálogos *Ökomedien Ecomedia. Ecological Strategies in Today's Art* (Himmelsbach y Volkart, 2008) y *Ecomedia. Estrategias ecológicas en el arte actual* (Del Cerro, 2009) de la exposición celebrada en Valencia.



Fig.10: Turing Tables. An Untitled Composition for Tectonic Spaces (2003-7) Franz John en la exposición *Ecomedia* celebrada en la Sala Parpalló de Valencia en el año 2009.

También se toma como base el foro [EcomediaStudies.org](http://www.ecomediastudies.org)<sup>16</sup> creado en 2009 por Stephen Rust y Salma Monani, sitio web activo pero sin actualizar debido a su cierre, en el que puede consultarse gran cantidad de información sobre proyectos, noticias e investigaciones sobre Ecomedia. Además, los creadores, junto a Sean Cubitt, editaron la publicación *Ecomedia: Key Issues in Environment and Sustainability* en 2016 donde plantean los factores clave que están en juego en los estudios ecomedia desde una perspectiva teórica respecto a las interacciones entre problemas

<sup>16</sup> <http://www.ecomediastudies.org/> (consultado el 17 de agosto de 2018).



ambientales y los medios, cubriendo múltiples áreas como la fotografía, el cine, la prensa, la radio, la televisión, los sistemas de mapeo, la publicidad y los videojuegos.

Existen cada vez más proyectos artísticos ubicados dentro del campo Ecomedia, muchos de ellos referentes para este trabajo de investigación desde un punto de vista conceptual o técnico-práctico cuyas obras serán detalladas más adelante a lo largo de los apartados 5. y 6. en la descripción de los dos prototipos realizados como práctica para este proyecto. Cabe adelantar que algunos de ellos son Eva y Franco Mattes con la plantación del primer árbol virtual, *Telegarden* de Ken Goldberg, Sabrina Raaf y su proyecto *Translator II: Grower* o los dispositivos *Jllr* de Prokop Bartoníček y Benjamin Maus y el proyecto agrícola *Farmbot* de código abierto.

### **3.5. *Reset the Forest*: ecología, tecnología y didáctica**

Antes de dar paso a la propuesta práctica de este trabajo, es necesario exponer dos proyectos estrechamente relacionados desde dos perspectivas diferenciadas. En primer lugar, cabe mencionar el proyecto actualmente en marcha llamado *Reset Mar menor*, encabezado por un grupo de artistas entre los que se encuentran Clara Boj, Virginia Villaplana, Diego Díaz y Pedro Ortuño, junto con científicos y plataformas ciudadanas.

Se trata de un *laboratorio de imaginarios para un paisaje en crisis*<sup>17</sup> donde han creado un grupo de trabajo abierto y transdisciplinar para repensar de forma colaborativa el entorno del Mar Menor en la Región de Murcia, España. El objetivo es impulsar distintas acciones críticas para tratar de

---

<sup>17</sup> Cfr. <http://www.marmenorlab.org/> (consultado el 20 de agosto de 2018).

comprender y responder desde nuevas perspectivas a la problemática de deterioro y contaminación que sufre este paraje natural único.

La propuesta aúna, entre otros, arte, ciencia, tecnología, naturaleza, nuevas ecologías y extractivismo a través de intersecciones, metodologías experimentales, talleres, conferencias, exploraciones y exposiciones, hallándose cerca del presente proyecto debido al carácter transdisciplinar y colaborativo. *Reset Mar Menor* ha configurado un menú completo con el que poder cocinar soluciones íntegras y derivadas a partir de un paisaje devastado por la mano del ser humano.



Fig.11: Mapa conceptual *Reset Mar Menor* (2018).

Por último, antes de exponer la práctica de esta investigación, conviene reseñar los proyectos *CO2 Revolution* en Navarra y *DroneSeed* en Estados Unidos que consisten en reforestar espacios devastados mediante drones.

La iniciativa española, fundada por Juan Carlos Sesma, abrió una plataforma digital para hacer escalable la propuesta y donde se detalla el procedimiento que se lleva a cabo. El método consiste en volar drones que cargan en sus depósitos hasta 2.500 cápsulas biodegradables portando

semillas pregerminadas de especies autóctonas. Apoyados por una guía GPS, mapas cartografiados y software propio, los aparatos analizan la temperatura y las precipitaciones, los tipos de suelo, las especies del lugar y los requerimientos de las poblaciones locales, pudiendo recuperar o crear ecosistemas armónicos y productivos empleando 50 veces menos tiempo en reforestar y ahorrando un 10% en gastos<sup>18</sup>.

Esta propuesta de silvicultura de aproximación se encuentra estrechamente vinculada al proyecto *Reset the Forest*, aunque el objetivo de DroneSeed o CO2 Revolution es reforestar de un modo eficiente y productivo y la premisa primordial aquí es la sensibilización ambiental desde una perspectiva didáctica que aúna tecnología y ecología.

*Reset the Forest: Dispositivo de Reforestación Interactiva*, aunque podría aplicarse a cualquier contexto, se ubica geográficamente en la zona del incendio forestal de Yeste y Molinicos acontecido en el verano del año 2017 y se desarrolla a través de dos fases complementarias. La primera trata de que el usuario forme parte de una solución parcial sembrando una semilla a través de una interfaz gráfica interactiva con un dispositivo físico. Se plantea un problema (el espacio devastado por un incendio forestal) que no llega a resolverse: no se trata de reforestar el bosque, se trata de *reforestar las mentes* de los usuarios de conciencia ecológica.

Esta fase primordial, enmarcada dentro de la corriente Ecomedia, emplea una estética digital en la que prima la vista aérea del espacio quemado y desarrolla un modo de actuación personal y directo mediante el uso de nuevas tecnologías, siendo uno de los objetivos crear una analogía entre el pixel y la semilla donde, además de regenerar el bosque de árboles, se planten *semillas de sensibilidad* en los usuarios.

---

<sup>18</sup> Cfr. <https://www.co2revolution.es/> (consultado el 20 de agosto de 2018).

Tras la germinación de las semillas en la instalación, la segunda parte del proceso consiste en llevar las plántulas al lugar físico para sembrarlas en el bosque. Para ello, se organizan rutas de senderismo recorriendo parte de la zona del incendio analizado en el caso de estudio, impulsando la acción ciudadana participativa y la educación ambiental, dando cabida a colegios e institutos, asociaciones y población en general a la colaboración en estas reforestaciones con el fin de mejorar, restaurar y conservar estos espacios naturales devastados de gran importancia ecológica.

A continuación se expone la documentación, análisis y exploración realizadas para el desarrollo de la instalación interactiva, detallando paso a paso la experimentación con semillas y el sustrato fértil y los procesos de trabajo de cada una de las partes que componen el Prototipo 1.0 y su versión mejorada, el Prototipo 2.0.

#### **4. Germinación**

El dispositivo físico del proyecto se compone de una estructura en cuya base se dispone una pantalla horizontal con una placa de PVC transparente cubierta por un sustrato fértil que hace de soporte para la imagen mostrada que representa el área del incendio forestal acontecido en Yeste y Molinicos el pasado verano de 2017. El objetivo final es, mediante la interfaz interactiva, sembrar semillas de *pino carrasco* para que germinen en la instalación y después plantarlas en la zona afectada.

El proceso por el cual se ha estado indagando acerca de semillas, sustrato fértil y especies de árboles y plantas, se acerca a la biología y a la ciencia desde una humilde perspectiva, ya que se trata de un campo desconocido para mí. Por ello, se llevan a cabo abundantes pruebas a partir del método ensayo y error.

Para lograr el objetivo de que broten plantas autóctonas, es necesaria la germinación, procedimiento mediante el cual la semilla pasa de un estado de reposo o latencia a un estado de actividad<sup>19</sup>. Se trata de un proceso por el cual un embrión se hincha y rompe la cubierta de la semilla, para lo que ésta necesita humedad, temperatura, luz, oxígeno y dióxido de carbono, desarrollándose por un periodo de tiempo hasta que brota y se transforma en una nueva planta.

Germinar, en un sentido más general, puede implicar todo lo que se expande en un ser más grande a partir de una existencia pequeña o germen. Dicha definición genérica, bien podría ser una metáfora de uno de los objetivos más importantes de este proyecto: sensibilizar desde una perspectiva didáctica e interactiva, mostrando el lento y frágil proceso del nacimiento de un árbol, evidenciando y valorando aquello que necesita de

---

<sup>19</sup> Cfr. <https://boletinagrario.com/ap-6-germinacion.441.html> (consultado el 30 de julio de 2018).

mucho tiempo para volver revivir: el bosque quemado. Así mismo, el hecho de que los receptores potenciales de dicha sensibilización puedan ser personas en edad infantil, carga aún de mayor sentido la idea de germinación.

#### **4.1. Sustrato fértil**

En el transcurso de la asignatura de Arte y Ciencia, impartida por Salomé Cuesta, dentro del del máster en Artes Visuales y Multimedia, se hizo una visita a la Ciudad de la Innovación de la UPV y, entre otros departamentos, se acudió al Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMC) donde el responsable del servicio de Bioinformática, Javier Forment, mostró a los alumnos las instalaciones y el trabajo de investigación acerca de biología molecular y bioinformática aplicada al análisis del ADN de plantas, bacterias y otros compuestos como proteínas, etc.



Fig.12: Placa de Petri con agar y semillas germinando en cámara de humedad en el IBMC de la UPV.

Este episodio fue clave, pues conllevó el conocimiento del uso del agar agar en el cultivo de bacterias y plantas dispuestas en placas de Petri y supuso un antes y un después en el desarrollo del proyecto, pues tanto la intención de emplear semillas como el desarrollo técnico, dieron un giro completo e inesperado.

Tras varios estudios, se llegó a la conclusión de que esta sustancia daría sentido al dispositivo físico de la instalación a desarrollar. El agar permite crear una capa transparente de sustrato fértil y, por tanto, puede ser empleada como soporte para proyectar o colocar un monitor, generando así un diálogo entre el propio pixel y la semilla. El hecho de crear una 'pantalla' en la que puedan germinar plantas, configura una potente imagen visual que define estéticamente y conceptualmente gran parte de la investigación.

En términos técnicos, el *agar* o *agar-agar* es una sustancia gelatinosa, un polisacárido sin ramificaciones obtenido de la pared celular de varias especies de algas de los géneros *Gelidium*, *Euchema* y *Gracilaria*, entre otros. Si bien se ha empleado en países de Asia Oriental desde la antigüedad, su introducción en Europa no tuvo lugar hasta mediados del siglo XIX.



Fig.13: *Gelidium almansii*, Huang Su-fang Taiwan (1997), National Taiwan Museum.

El agar deshidratado se disuelve en agua caliente a unos 80° y, una vez enfriado, se solidifica formando un gel prácticamente incoloro con un alto contenido de agua. Además del uso como laxante o como espesante para, por ejemplo, sopas, helados o mermeladas en tecnología alimentaria, también se emplea como soporte de cultivo en microbiología para el crecimiento de bacterias, hongos y virus bacteriófagos. La ventaja que presenta es que no puede ser degradado por ningún microorganismo, por lo

que las placas fabricadas con agar no sufren alteraciones<sup>20</sup>. Se le pueden agregar otros compuestos, como nutrientes o antibióticos para hacer el medio selectivo, donde sólo crecen organismos específicos<sup>21</sup>.



Fig.14: *Future Flora* (2018) Giulia Tomasello.

Actualmente el agar se emplea en multitud de propuestas, tanto a nivel científico como, por ejemplo, en trabajos de restauración. El reciente proyecto ganador del *STARTS Prize - Artistic Exploration 2018* expuesto en el festival Ars Electrónica consiste en un kit de recolección diseñado para mujeres con el que se pueden tratar y prevenir las infecciones vaginales. *Future Flora* ha sido creado por la diseñadora de interacción especializada en *wearables* y biotecnología Giulia Tomasello. En la almohadilla bacteriana compuesta de agar, similar a una toalla higiénica para la menstruación, crecen bacterias de *Lactobacillus* que generan un ambiente hostil para el desarrollo del hongo vaginal *Candida Albicans*, actuando como cultivo de probióticos.

<sup>20</sup> Cfr. <https://es.wikipedia.org/wiki/Agar-agar> (consultado el 11 de agosto de 2018).

<sup>21</sup>Cfr. [https://es.wikipedia.org/wiki/Placa\\_de\\_agar#cite\\_ref-Sherris\\_4-0](https://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_agar#cite_ref-Sherris_4-0) (consultado el 11 de agosto de 2018).



## **4.2. Ensayos con semillas**

Para el Prototipo 1.0, del cual se hablará más adelante en el apartado 5, se realizaron varios ensayos con semillas de distintos tipos. Se procuró obtener un agar de primera calidad en una herboristería, evitando los compuestos en polvo del supermercado, para trabajar con el alga del modo más puro y natural posible. Por lo tanto, el agar se adquirió en tiras y sin ningún tipo de conservante.

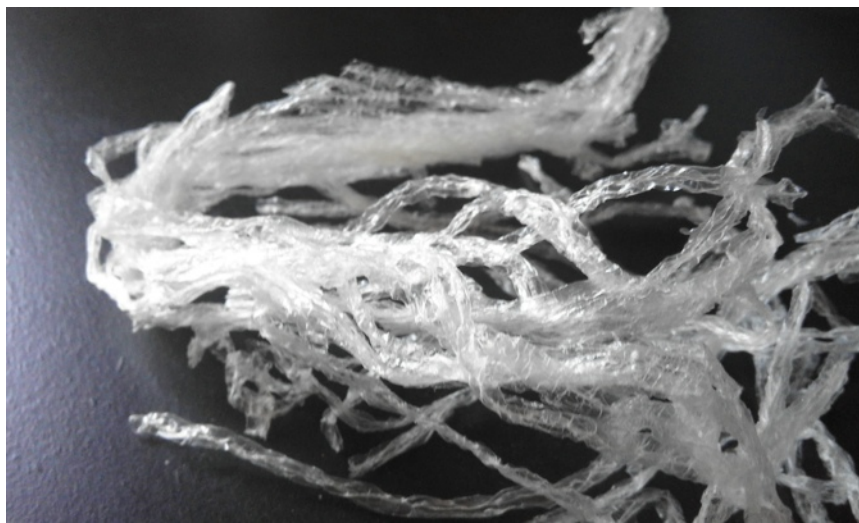


Fig.15: Agar agar en tiras.

Primero se probó con simientes comunes como chíá y lentejas. Debido a que la chíá no daba señales de vida, se investigó qué semillas germinaban relativamente deprisa para ver así el desarrollo en pocos días. Posteriormente se probó con semillas de berro y de rabanito redondo rojo.

De todos los ensayos con las distintas semillas, se decidió continuar con la lenteja, ya que además de su rápido crecimiento, el tamaño de las simientes es similar al de los edulcorantes sintéticos y esto era una ventaja pues el dispensador de semillas se realizó interviniendo uno de estos envases. En los apartados 5.3 y 5.4 se explica el funcionamiento del dispensador intervenido a nivel mecánico y electrónico.

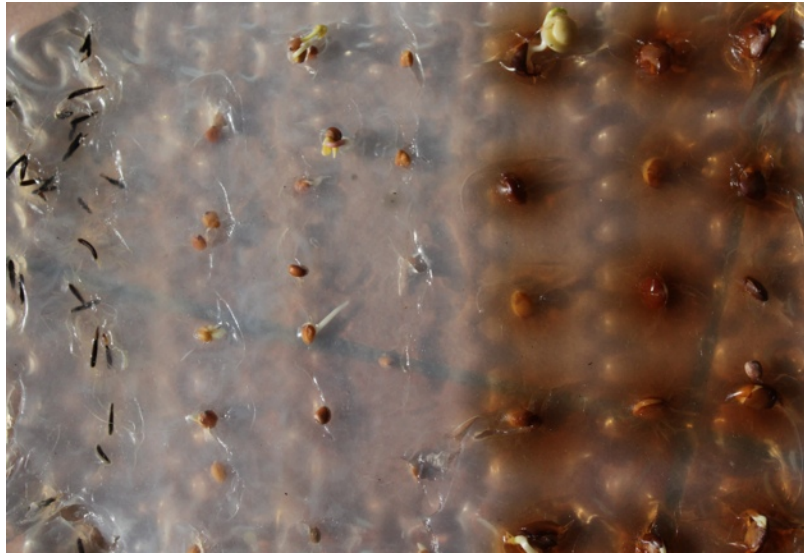


Fig.16: Semillas de berros, rabanitos y lentejas en agar.

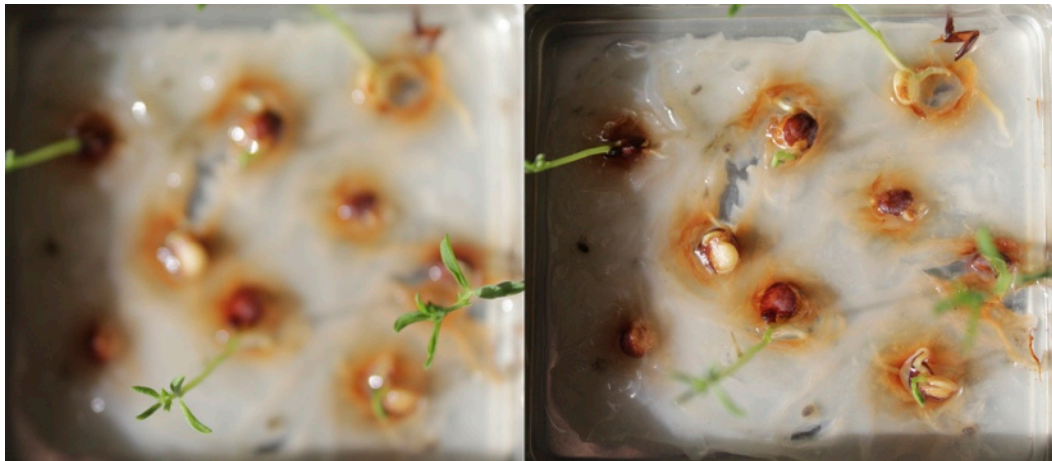


Fig.17: Semillas de lentejas en varios estados de germinación en agar.

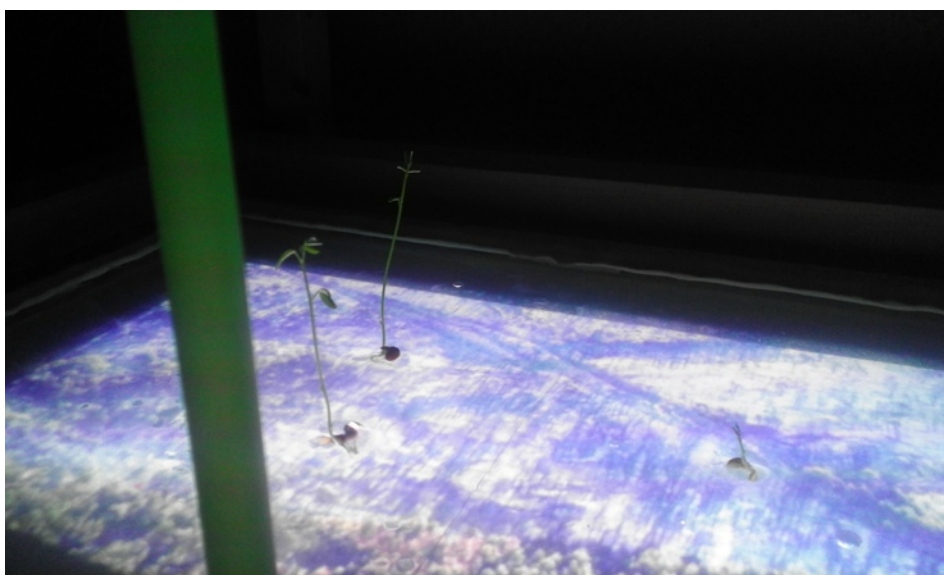


Fig.18: Semillas de lentejas germinadas en agar con retroproyección, Prototipo 1.0.

### 4.3. Especies autóctonas

Una de las dudas para realizar un proyecto sólido y coherente al completo, consistía en saber si sería posible sembrar especies autóctonas de la zona devastada por el incendio forestal en agar y, por lo tanto, que germinasen en la instalación. Por ello, se realizaron pruebas con semillas de romero y tomillo, arbustos aromáticos propios de la región. Aunque, en principio, no se tomaron en cuenta estas especies para ser sembradas en la instalación, forman parte del trabajo a futuro descrito en el apartado 7.1, ya que se prevé crear varios dispensadores de semillas con distintas especies donde el usuario elija lo que desea plantar, dando así la opción de reforestar con varios tipos de plantas.

Con el asesoramiento del Doctor en CC. Biológicas Jorge de las Heras, catedrático de la Universidad de Castilla-La Mancha, se abrió la puerta a sembrar especies autóctonas en agar con total seguridad y además se clarificó qué especies serían necesarias. Según las directrices del catedrático, las dos especies autóctonas con las que se debe regenerar el monte afectado durante el incendio forestal en las zonas de Yeste y Molinicos son: *pinus halepensis* o pino carrasco y *pinus nigra* o pino negral. Ya que en el Prototipo 2.0. tan sólo es factible sembrar semillas de una especie debido a que se ha desarrollado un único dispensador, se decidió emplear semillas de pino carrasco o carrasqueño.

Estos árboles habitan en colinas y laderas secas soleadas desde el nivel del mar hasta los más de 1600 metros. Pueden medir hasta 20 metros, siendo de copa globosa y tronco tortuoso, corteza blanquecina-cenicienta con grietas pardo rojizas. Las ramas son delgadas y erectas con hojas perennes de medidas entre los 6-13 x 0.07-0.1 cm, flexibles y en fascículos de dos de color verde claro. Sus frutos son piñas alargadas, de forma aovado cónica y color pardo rojizo o pardo amarillento de medidas 5-12 x

3.5-4.5 cm, permaneciendo en el árbol durante bastantes años y poseyendo dos semillas aladas por cada escama.

Las semillas son de forma largamente aovada de color grisáceo o parduzco y de tamaño entre 6 a 7 mm con un ala triangular de 22-28mm. La extracción de la semilla se lleva a cabo mediante secado solar, desalado mecánico o con agua, cribado, aventado y con separación densimétrica para la distinción de semillas vacías. Se almacenan en ambientes fríos y secos para su conservación.<sup>22</sup>



Fig.19: semillas aladas y semillas simples de pino carrasco.

El factor limitativo para la germinación de estas semillas es la temperatura, ya que necesitan de un ambiente entre los 15 -20° para que el proceso sea óptimo. Si la temperatura es más elevada, por encima de los 25°, induce a las semillas a un letargo que permanece hasta que vuelven a establecerse condiciones favorables. Temperaturas inferiores entre 10-15° retardan la germinación pero sin afectar totalmente a la misma. La plántula que crece es de hojas juveniles aciculares entre los 3-4cm, verticiladas por cuatro de color verde claro. La germinación suele prolongarse por tres semanas después de la siembra aunque puede acelerarse si las semillas son introducidas en agua durante los días previos.

---

<sup>22</sup> Cfr. <http://www.floramu.com/verficha.php?ficha=25> (consultado el 16 de agosto de 2018).



La ficha técnica de las semillas empleadas en la instalación se adjunta a continuación:

*Pinus halepensis*

Cantidad 0.50Kg

Nº de certificado patrón: E-07/031/10

Categoría: Identificada

Registro de procedencia: ES10- Levante interior

Material: Autóctono

Año de recogida: 2009

Fecha de envasado: 09/04/2018

Tipo: Fuente semillera



Fig. 20: Semillas de pino carrasco en proceso de germinación en agar.

## 5. Prototipo 1.0

A raíz de conocer la instalación digital interactiva del colectivo Team Lab *Living Digital Forest*, expuesta en Pace Beijing (China) en el año 2017, donde se muestran las estaciones del año cambiando gradualmente en el espacio y los asistentes interfieren con el crecimiento de las flores, nació una pequeña idea acerca de realizar un proyecto interactivo que relacionara el crecimiento y desarrollo de las plantas con la acción de los usuarios. En la instalación de *Living Digital Forest*, si éstos quedan inmóviles, las flores los rodean y crecen en abundancia; sin embargo, si las tocan o pisan, éstas se marchitan y mueren. La interacción entre espectador e instalación es continua y causa cambios constantes en la obra, siendo un trabajo de programación en tiempo real donde los estados visuales previos no se repiten.



Fig. 21: *Living Digital Forest* (2017) Team Lab.

Si bien hasta el momento estaba diseñando una interfaz gráfica interactiva a modo de videojuego donde se trabajase el concepto de reforestación, siembra y sensibilización acerca de problemáticas medioambientales pero, esta obra del “bosque digital viviente” inspiró el hecho de realizar un proyecto a tiempo real donde el usuario interviniese directamente con la instalación a efectos digitales y físicos.

De este modo, el primer prototipo fue realizado entre los meses de noviembre y diciembre de 2017 para la asignatura de *Electrónica y Computación Física* impartida por los profesores Moisés Mañas y Miguel Sán-

chez dentro del Máster en Artes Visuales y Multimedia de la UPV. Tras aprender el control básico de motores paso a paso mediante una placa Arduino y una MotorShield, junto con los conocimientos acerca de servomotores adquiridos en la materia de *Programación para Arte Multimedia* del curso anterior, se creó un código que recibe órdenes por comunicación serial desde Processing. Además, se construyó una estructura donde se incrustó todo el *hardware* y se simuló la interactividad junto con una retroproyección y el sustrato fértil.

Uno de los objetivos de este primer prototipo era controlar la interactividad mediante una App, la cual se realizó en la asignatura de *Comunicación, redes y dispositivos* en el mes de enero de 2018. A continuación se muestra el mapa conceptual que motivó y orientó genéricamente el trabajo:

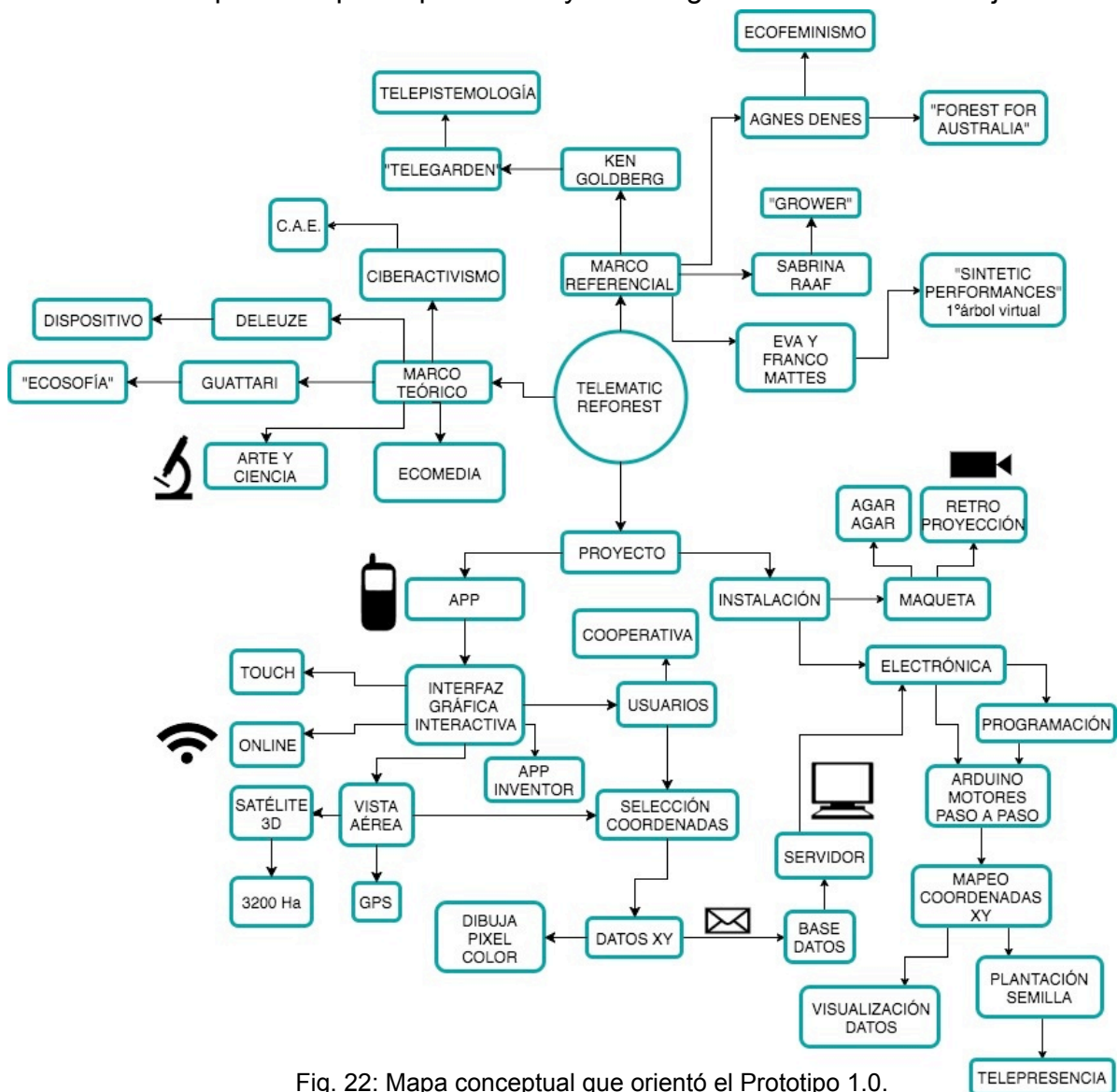


Fig. 22: Mapa conceptual que orientó el Prototipo 1.0.

## 5.1. Interacción y diagrama de flujo

Investigando acerca de piezas que trabajasen el concepto de acción telemática ligada con el cultivo de plantas descubrí *Telegarden*, de Ken Goldberg, creada en el año 1994, a la que se le podría designar el papel de pieza pionera de la corriente Ecomedia cuando, por aquel entonces, todavía no existía tal concepto.



Fig. 23: *Telegarden* (1994) Ken Goldberg.

*Telegarden* es un proyecto ejemplar en muchos sentidos ya que propició la creación de una comunidad en el ciberespacio y ahondó en el concepto de *telepistemología*<sup>23</sup> a través de la comunicación telemática y de la interacción en tiempo real de los usuarios con la instalación. En palabras de Goldberg:

“Creo que la combinación de la telerrobótica y la Web puede ampliar la instalación como forma artística”. (BURT, 1998: 137)

---

<sup>23</sup> El estudio del modo en el que la distancia determina y modifica la creencia, la verdad y la percepción.



Puesto en marcha en agosto de 1995, el *site* físico consistió en un brazo telerrobótico que ejercía acciones sobre una pequeña parcela con distintos tipos de plantas que iban desde caléndulas o pimientos a petunias, ubicado en el Ars Electronica Center en Linz (Austria).

A lo largo de los años fue evolucionando, pues el proyecto estuvo activo hasta el 2004. Cualquiera podía acceder a verlo; el derecho a plantar y regar estaba garantizado para toda persona dispuesta a facilitar su dirección de correo electrónico a otros miembros de la cooperativa. La actividad se grababa en bitácoras, de manera que la cooperativa era autogobernable. La instalación tuvo alrededor de 10.000 miembros y más de 100.000 visitantes.

A pesar de haber realizado el diseño de interacción de este prototipo 1.0 previamente, *Telegarden* supuso un pilar sobre el que apoyar el proyecto a nivel conceptual, técnico e interactivo. La interfaz se diseñó para que fuese colaborativa y multiusuario a nivel global, de modo que cualquier persona en cualquier lugar del mundo pudiese acceder a la aplicación para realizar la acción telemática de plantar una semilla en la instalación física en tiempo real.

A diferencia de *Telegarden*, en este caso la intención no está tan ligada a crear una comunidad *online*, sino más bien a permitir el acceso a la instalación a todas las personas posibles, independientemente del lugar donde se encuentren. Seguidamente, se muestra el diagrama definitivo de flujo de interacción de la interfaz gráfica y el dispositivo físico:

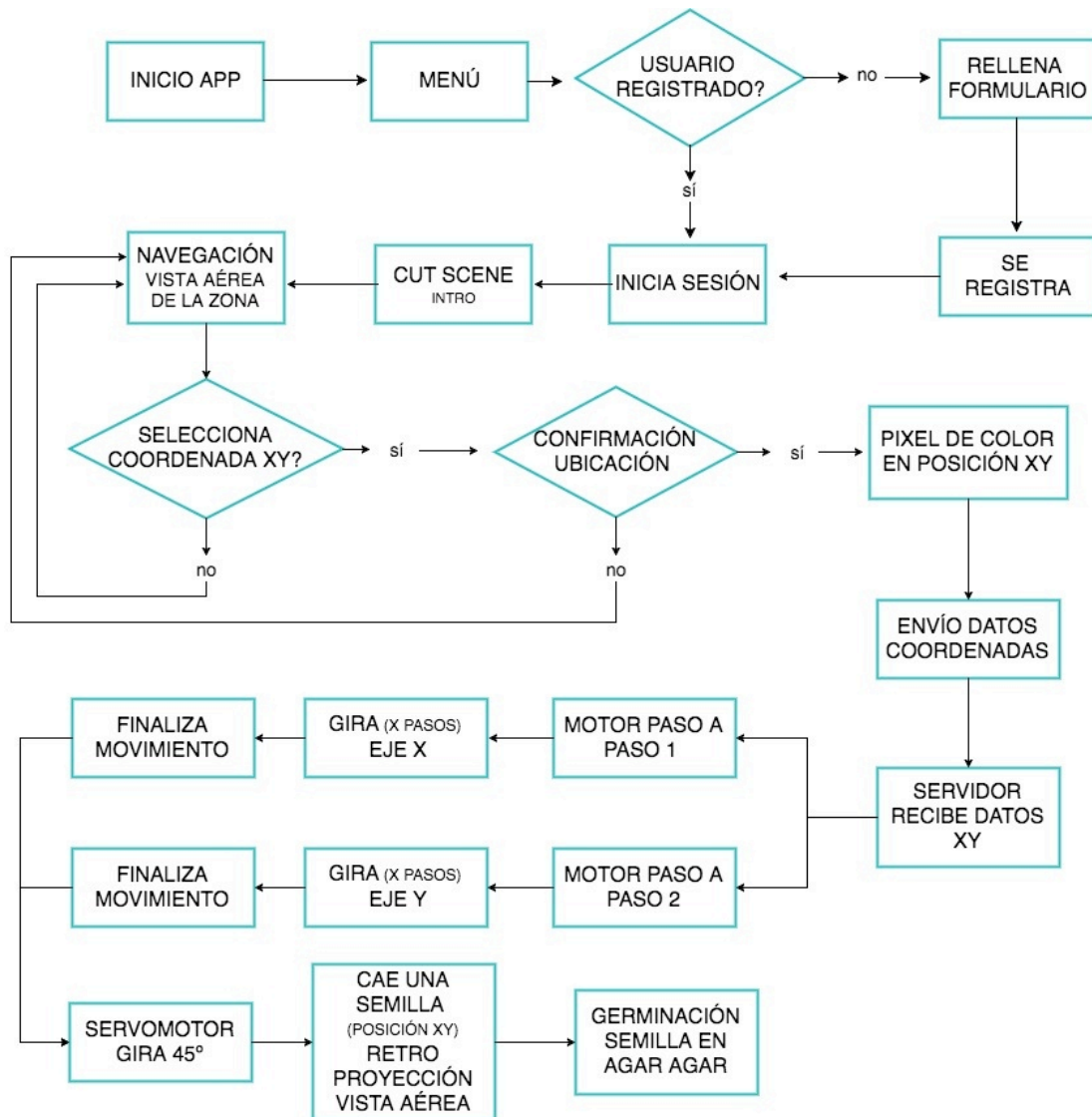


Fig. 24: Diagrama de flujo de interacción del Prototipo 1.0.

## 5.2. GUI / App

La interfaz gráfica de usuario (GUI) se diseñó mediante el software online App Inventor del MIT durante la asignatura de Comunicación, redes y dispositivos con los profesores Ramón Miralles y José Gosálvez del Máster en Artes Visuales y Multimedia de la UPV.

La aplicación está dirigida a dispositivos móviles y consiste en una interfaz compuesta por varias pantallas que el usuario puede visualizar y se-

leccionar mediante la interacción táctil o *touch*. A nivel estético, el desarrollo de la misma quedó como boceto, ya que no se pulieron detalles relacionados con el diseño. Sin embargo, la programación fue eficiente para un correcto funcionamiento en la transmisión de datos.

Como referentes inmediatos para este proyecto se tomaron los catálogos *Ökomedien Ecomedia. Ecological Strategies in Today's Art* (Himmelsbach y Volkart 2008) y *Ecomedia. Estrategias ecológicas en el arte actual* (Del Cerro 2009) de la exposición celebrada en Valencia en la Sala Parpalló. Una de las performances sintéticas en Second Life de los italianos Eva y Franco Mattes (0100101110101101.org) llamada *Recreación de los 7.000 robles de Joseph Beuys*, llevada a cabo el 16 marzo de 2007, donde se plantó el primer árbol virtual, es un claro precedente de este proyecto en cuanto a concepto y enfoque colaborativo online.



Fig. 25: *Sintetic Performance* (2007) Eva y Franco Mattes.

En mi caso, el inicio de la App llamada *FORES(e)T* consiste en un menú sencillo donde el usuario puede optar por *Inicio* o *Salir*. Al iniciar, se abre otra pantalla donde puede leerse una explicación condensada del proyecto definiendo la función de la App de visualización de datos.

En la parte inferior se sitúan dos botones, uno de ellos conduce a una URL de la plataforma Vimeo donde el usuario puede ver el audiovisual del

prototipo realizado. El otro, llamado *Acción*, abre otra pantalla en la que aparece una vista del incendio forestal de Yeste y Molinicos.

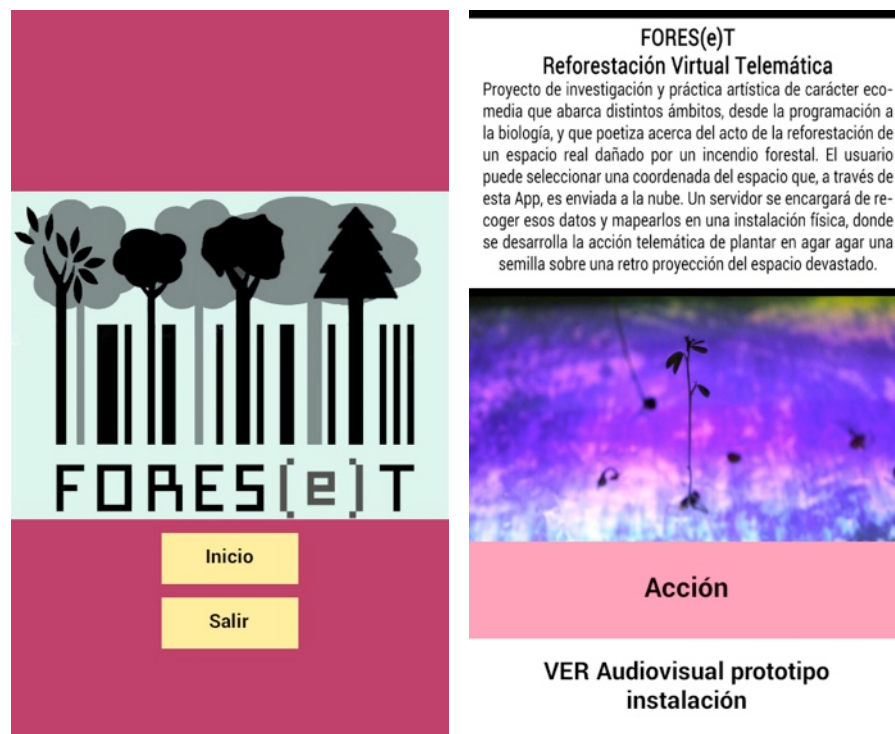


Fig.26: Capturas de pantallas 1 y 2 de la App.

En la zona superior se especifica el mensaje *Selecciona una coordenada*, ya que si el usuario realiza un toque sobre la imagen, se abre una ventana en la que se puede elegir entre confirmar y cancelar. Claro está, si selecciona cancelar podrá elegir otra coordenada y, si selecciona aceptar, se dibujará un círculo de color random, entre los tonos verde y azul.

Seguidamente en la parte superior el texto cambia para informar acerca de la transmisión de los datos en tiempo real mediante el mensaje *Coordenadas guardadas y enviadas a la instalación física*. En todo momento el usuario puede volver a las pantallas anteriores mediante el botón estándar del dispositivo móvil.

Una vez el usuario ha elegido y aceptado reforestar en la coordenada seleccionada, los datos de los ejes X e Y son enviados a una carpeta en la plataforma Dropbox que almacena la información. Mediante el *software*

Processing se realiza el vínculo para enviar los datos a la placa Arduino y proceder al funcionamiento de la electrónica en la instalación física.



Fig.27: Capturas de pantalla 3 y 4 de la App.

### **5.3. Estructura y piezas**

La instalación interactiva *Translator II: Grower* de Sabrina Raaf desarrollada en los años 2004-05 propone un pequeño robot que deambula por la periferia de una sala con el que los visitantes participan de forma involuntaria, proyectando una memoria del lugar mediante el registro de datos y generando una condición metabólica a través de una metáfora, donde la sensibilidad hacia el medio ambiente y sus condiciones se refuerza al poder observar la producción artística de una máquina tan frágil.



Lo que caracteriza este artefacto es su capacidad para recibir los datos por ondas inalámbricas de un sensor digital colocado en el techo de la habitación que mide los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el aire. El robot responde dibujando unas líneas verticales que simulan la sección de un campo de césped sobre las paredes con tinta verde. Tal y como lo describe la autora:

“La altura de la línea depende directamente del nivel de CO<sub>2</sub> (y, por tanto, también del tránsito de personas) en el espacio. Cuanto más CO<sub>2</sub>, más alta es la línea que dibuja [...]” (en DEL CERRO, 2009: 20)

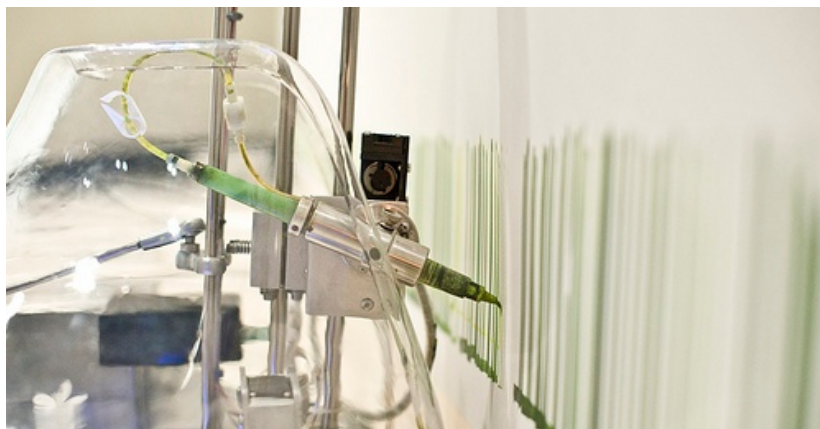


Fig. 28: *Translator II: Grower* (2004-05) Sabrina Raaf.

Esta instalación queda reflejada, no por el concepto ni el tipo de interactividad, ya que se trata de un dispositivo reactivo, sino por el hecho de haber construido un artefacto que, mediante acero, motores y código cuenta una narrativa y, de algún modo, tiene vida propia. Generar una pieza de estas características no es tarea fácil ya que requiere conocimientos de ingeniería, informática y mecánica, y esta instalación de Sabrina Raaf podría reflejar una parte del trabajo que se pretende desarrollar en los prototipos que propone este proyecto. Además, el hecho de que esté enmarcada en la corriente Ecomedia suscita un lazo de unión y plasma perfectamente los conceptos que la definen: ecología y nuevos medios.

Regresando al Prototipo 1.0, en su mayoría la estructura fue realizada en madera mediante listones y tacos, de modo que fuera desmontable. El

armazón posee unas dimensiones de 50 x 50 x 50 centímetros y está compuesto por 9 listones rectangulares y 4 cilíndricos.

Para conseguir el movimiento del eje Y, se dispuso una varilla de metal en uno de los lados a la que van unidas unas poleas dentadas de 5mm de diámetro interno. Éstas son usadas en toda la estructura para el deslizamiento de las correas dentadas a través del movimiento de los motores paso a paso, disponiendo de un total de 7 poleas.

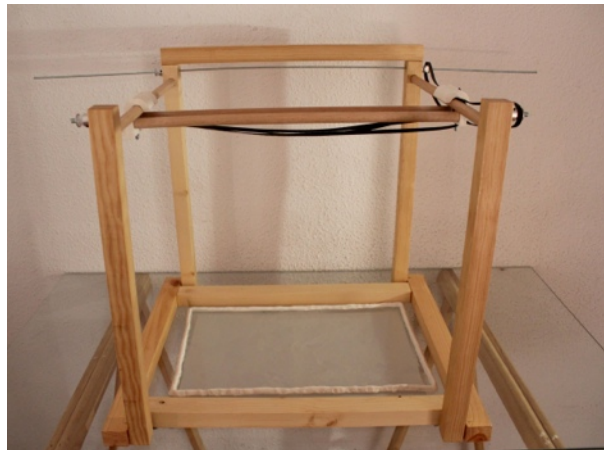


Fig. 29: Estructura de madera Prototipo1.0.

Las piezas que sostienen dos de los listones cilíndricos que soportan el eje X, fueron modeladas con el software online OnShape e impresas en 3D mediante el programa Cura. Se imprimieron con la impresora Witbox a las medidas que requería el prototipo, albergando una de las piezas una cavidad con perforaciones para acomodar uno de los motores paso a paso.

El dispensador de semillas se realizó mediante la intervención de un bote de edulcorante sintético, al cual se le suprimió el sistema de muelle para proveerlo de un servomotor que acciona la compuerta de salida de las cápsulas, en este caso semillas, que caen por un tubo de plástico traslúcido hasta el sustrato fértil.

El sustrato fértil está depositado sobre un cristal paralelo al suelo que hace de base de la estructura. La imagen es retro proyectada en el mismo

desde abajo, generando la imagen de los resultados del incendio donde se enraizarán las plantas y, por lo tanto, llevándose a cabo esa analogía entre el propio pixel y la semilla.

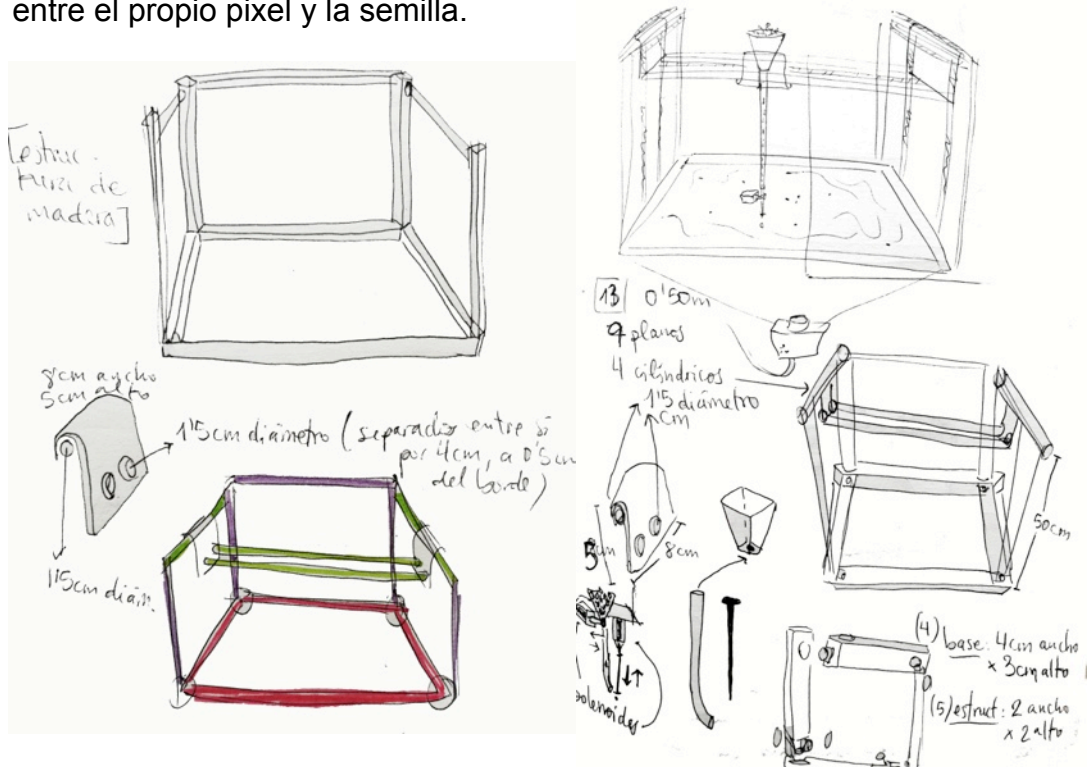


Fig.30: Bocetos de la estructura.

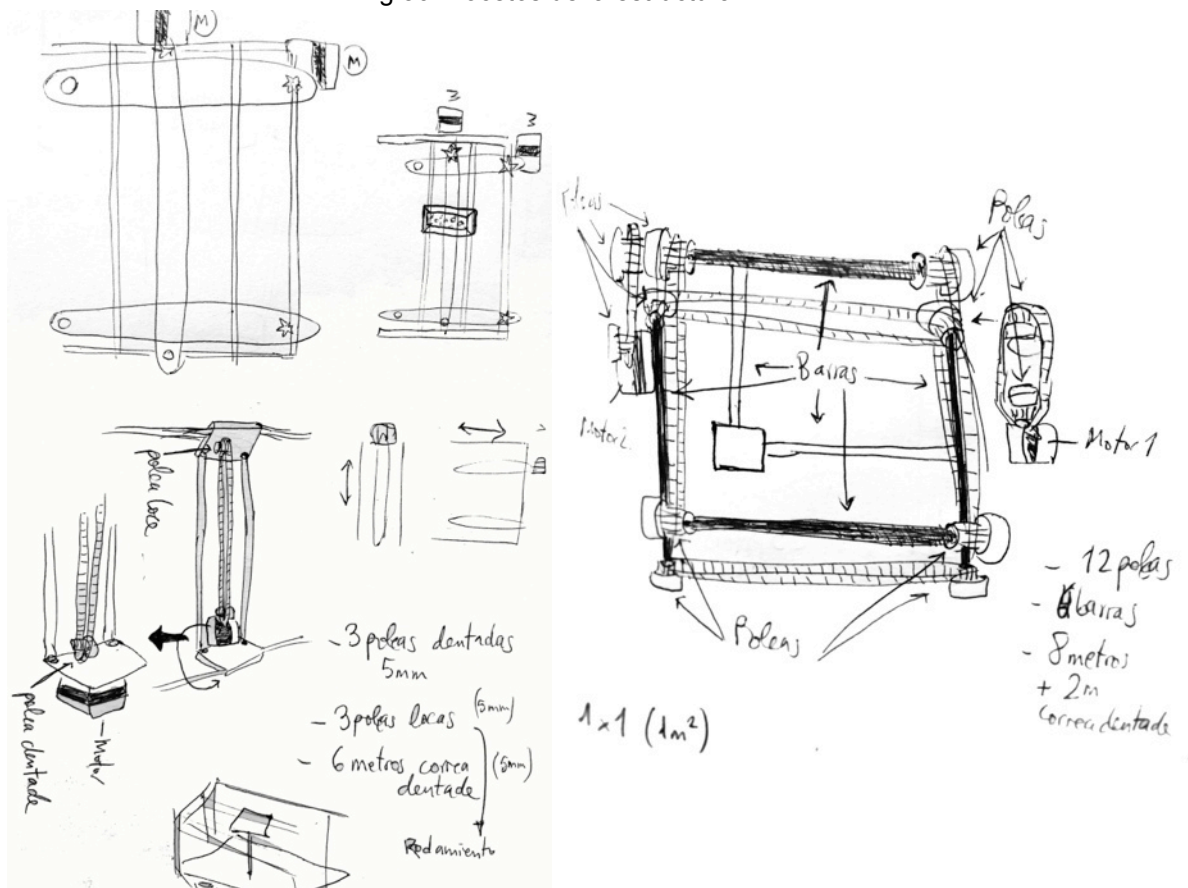


Fig.31: Bocetos del sistema de poleas y motores.



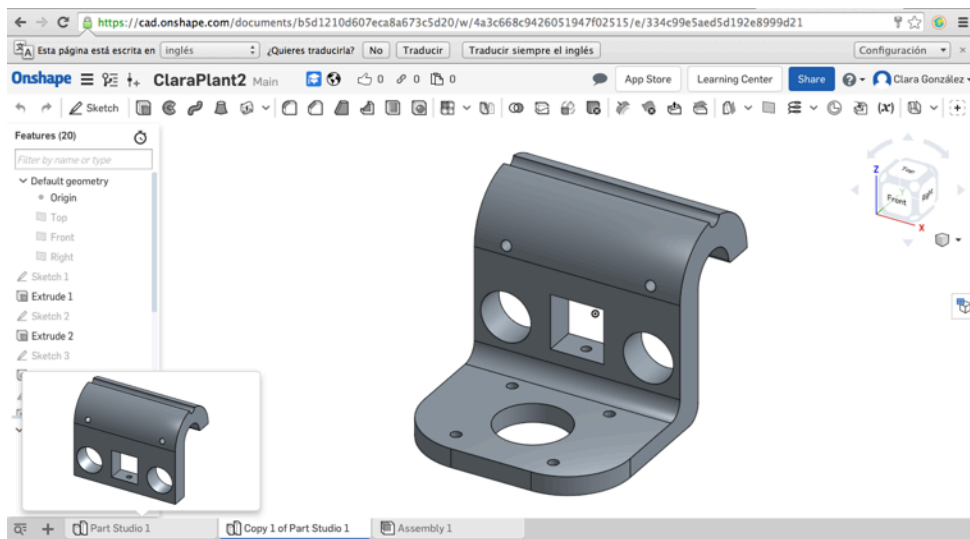


Fig.32: Muestra del modelado de las piezas 3D con el software OnShape.

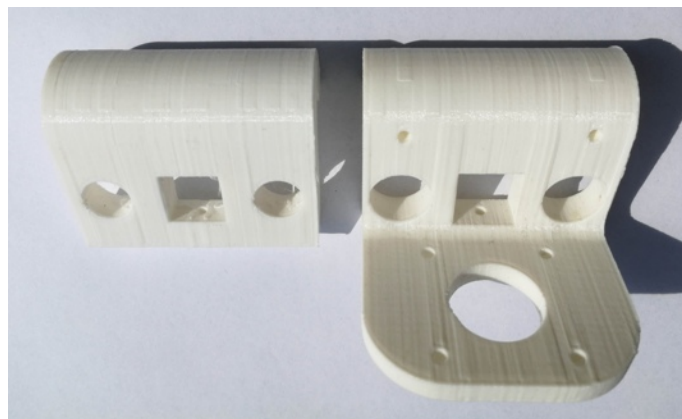


Fig.33: Impresiones en 3D.

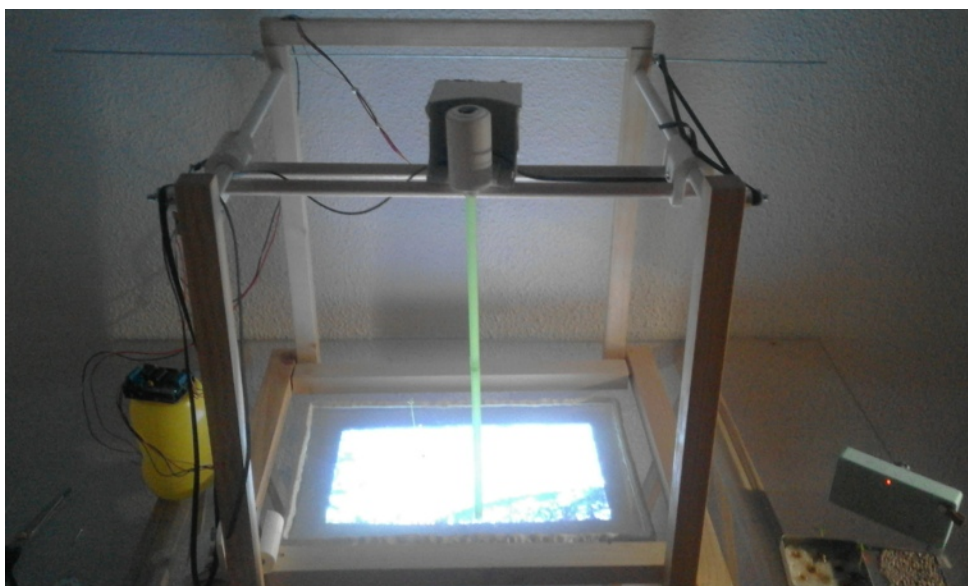


Fig.34: Prototipo1.0.

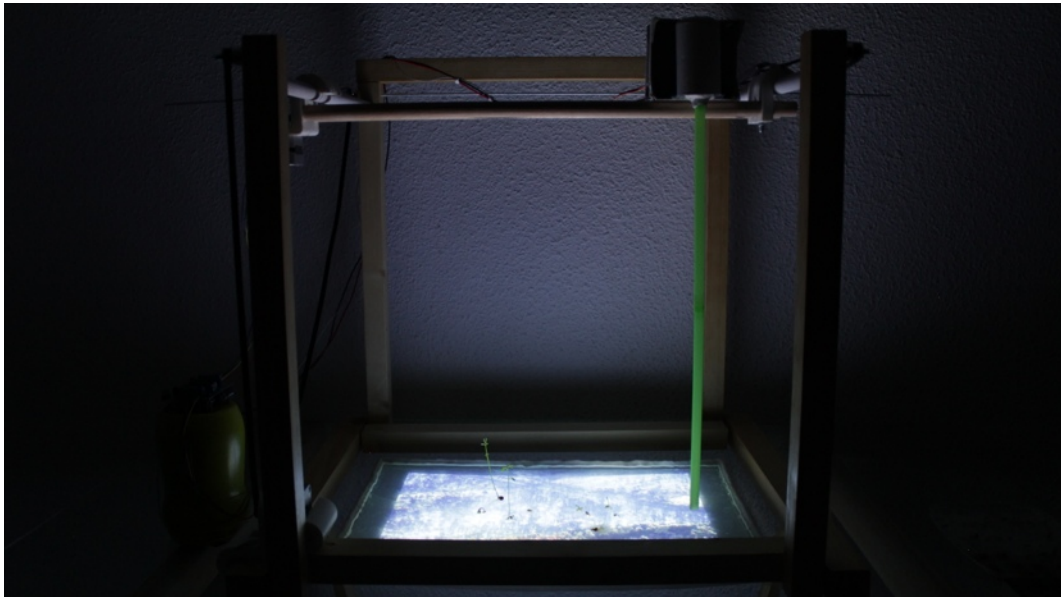


Fig.35: Prototipo1.0.

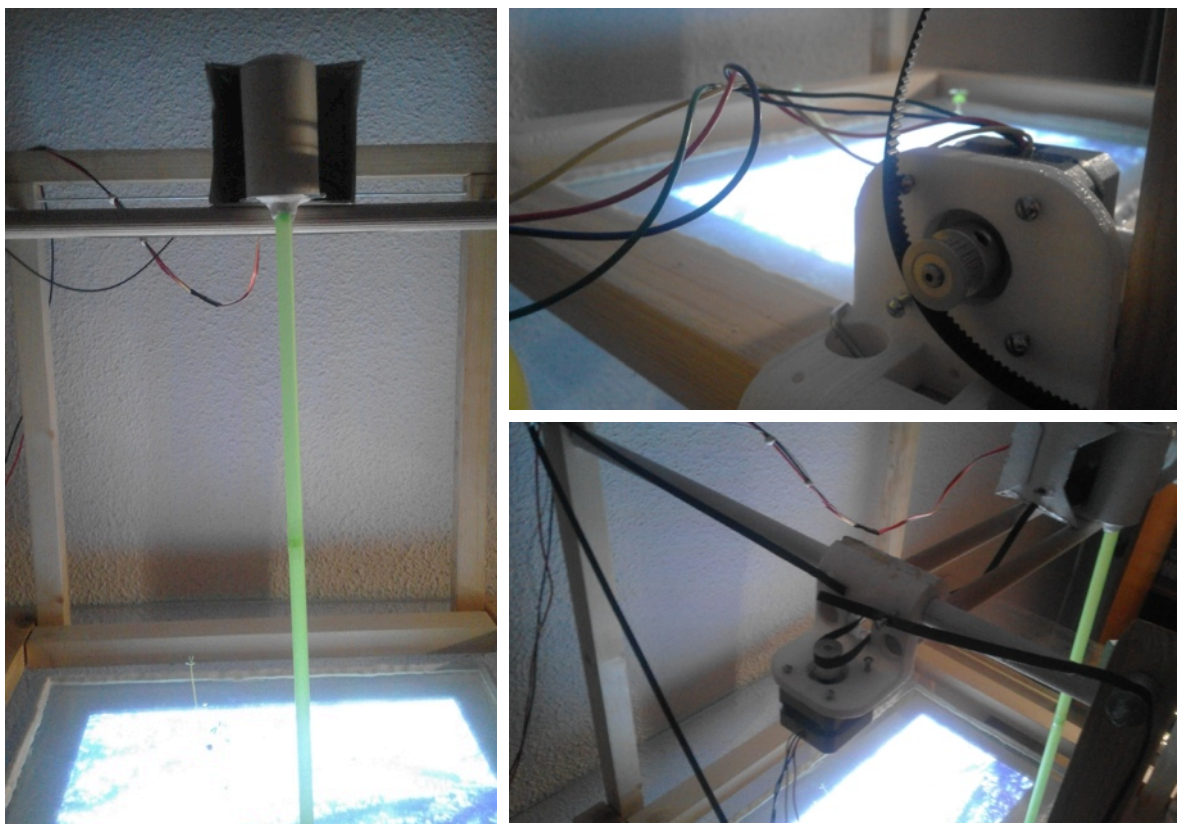


Fig.36: Detalles Prototipo1.0.

## 5.4. Electrónica y programación

A continuación se detallan cada uno de los componentes electrónicos, desde los motores paso a paso, el servomotor, la fuente de alimentación y las placas Arduino y MotorShield. Los archivos con el código fuente de programación de las interfaces, tanto de Processing como de Arduino, están incluidos en el apartado de Anexos adjuntado al final de la memoria.

### 5.4.1. Arduino y Motor Shield

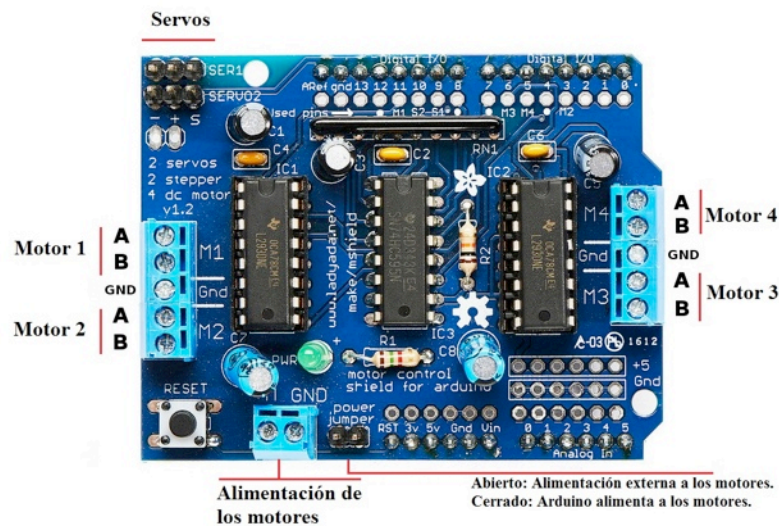


Fig.37: Motor Shield v1.

En clase de Electrónica y Computación Física se aprendió a controlar el movimiento de motores paso a paso mediante una placa Adafruit Motor Shield v1 incrustada en un Arduino Uno. Esta placa está diseñada para cargas inductivas, por lo que también permite conducir motores de DC, relés y solenoides<sup>24</sup>.

Para el Prototipo 1.0 se conectaron dos motores paso a paso y un servomotor; además, se retiró el puente “jump power” y se acopló la fuente de alimentación de 1.5A para suministrar energía a los motores paso a paso,

<sup>24</sup> Cfr. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/arduino-motor-shield/> (consultado el 12 de agosto de 2018).

puesto que los 5V que alcanza el Arduino mediante la conexión USB al ordenador no son suficientes para excitar las bobinas.

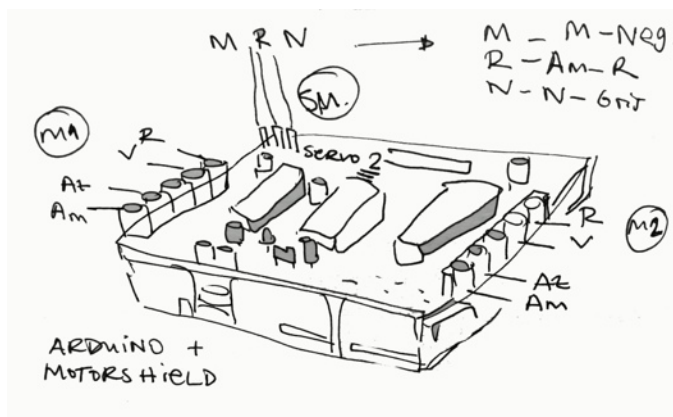


Fig.38: Esquema de conexiones de cableado de los motores a la Motor Shield.

#### 5.4.2. Motores paso a paso

Estos dispositivos electromecánicos llamados motores paso a paso o motores de pasos, convierten una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, girando una cantidad de pasos dependiendo de sus entradas de control por impulsos procedentes de sistemas digitales. Lo que los caracteriza es la precisión y repetitividad respecto al posicionamiento, por lo que son usados en la actualidad en infinidad de aplicaciones como, entre otras, impresoras 3D, drones o robots.

Dependiendo del número de cables de salida que posean, serán unipolares los que tengan seis cables o bipolares los que tengan cuatro cables. De todos modos, los unipolares pueden ser usados como bipolares si se dejan al aire las líneas comunes<sup>25</sup>. Los empleados para el Prototipo 1.0 son bipolares con un torque<sup>26</sup> de 2.4kg/cm y un ángulo de paso de 1,8

<sup>25</sup>Cfr.[https://www.staticboards.es/blog/motores-paso-paso/#Guia\\_sencilla\\_para\\_identificar\\_que\\_tipo\\_de\\_motor\\_paso\\_a\\_paso\\_tienes](https://www.staticboards.es/blog/motores-paso-paso/#Guia_sencilla_para_identificar_que_tipo_de_motor_paso_a_paso_tienes) (consultado el 13 de agosto de 2018).

<sup>26</sup> Fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión.



grados, es decir, 200 pasos por vuelta. Consumen aproximadamente 0.33A y la alimentación máxima que requieren es de 12V, el diámetro del eje circular es de 5mm por lo que las poleas dentadas cuentan con este mismo diámetro interno para ser ajustadas a los motores y, así, efectuar el movimiento de las correas dentadas y, por tanto, de los ejes X e Y.

La programación mediante la cual se controlan los motores paso a paso se lleva a cabo dentro de la interfaz de Arduino, para la que es necesario abrir las librerías AccelStepper y AFMotor. En el código se especifica la velocidad máxima y la aceleración que tendrá cada motor paso a paso, además de mapear la distancia física con la digital, es decir, se realiza una suma, resta, división o multiplicación que afecta al número de pasos que ejecuta el motor en función de las dimensiones de la estructura.

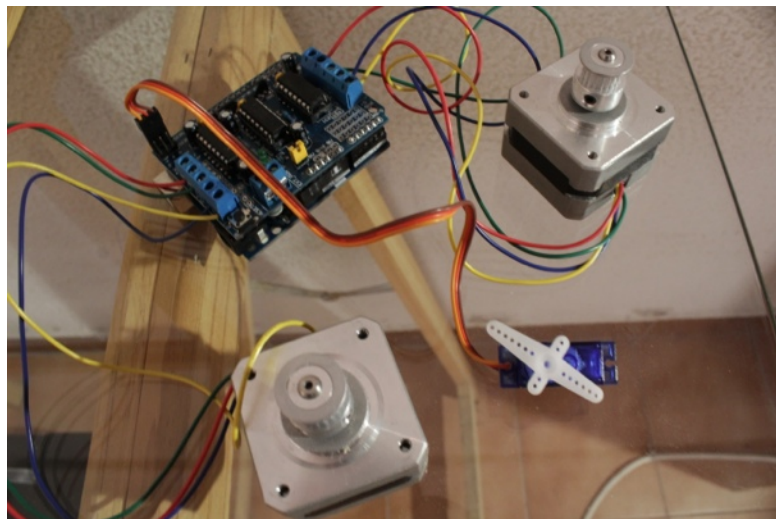


Fig.39: Componentes conectados a la Motor Shield y Arduino: 2 motores paso a paso con poleas dentadas y un servomotor.

### **5.4.3. Dispensador de semillas**

Como ya se comentó, para construir el dispensador de semillas hubo que desarrollar la imaginación y, tras varias ideas fracasadas, finalmente se optó por manipular un envase de edulcorante sintético abriendo el meca-

nismo diseñado para dejar caer las cápsulas y eliminando el sistema de muelle. De este modo, en el pulsador, ahora sin resorte, se incrustó un servomotor que acciona la compuerta cuando dicta el código.

Para controlar este servomotor es necesario emplear la librería Servo en la interfaz de Arduino. En las líneas de código se especifica un giro de 90° hacia un sentido y hacia otro, con un pequeño delay o retraso. De este modo se abre la compuerta, cae la semilla y se vuelve a cerrar en cuestión de milisegundos. Se dispuso un tubo de plástico translúcido de unos 37cm aproximados para conducir la semilla desde la salida del envase hasta el sustrato fértil, evitando que extravíe su posición durante la caída.

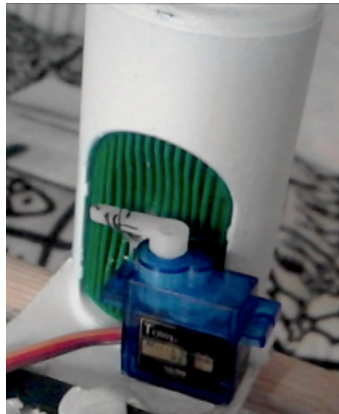


Fig.40: Servomotor unido al pulsador del envase.

#### **5.4.4. Programación y comunicación**

Aunque ya se ha explicado brevemente cómo funcionan los motores paso a paso y el servomotor, y teniendo en cuenta que los códigos completos se adjuntan en el apartado de Anexos, es de relevancia exponer la comunicación entre la interfaz y el dispositivo físico.

Cuando se montó la instalación, todavía no se contaba con la App, debido a que se desarrolló posteriormente en la asignatura de Comunicación, re-

des y dispositivos. Sin embargo, el diálogo entre la interfaz visualizada en el ordenador con la que el usuario puede interactuar con el dispositivo físico, funciona a través de la denominada comunicación serie<sup>27</sup>.

Para ello, se utiliza el lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto de Processing basado en Java<sup>28</sup>. El requisito para establecer la comunicación serie es importar la librería Serial en la interfaz de Processing y, también, la librería Arduino para poder compartir la información con la electrónica que se ha puesto a punto anteriormente. Se establece el nombre del puerto por el que se va a llevar a cabo la transmisión de datos y se establecen las unidades de baudios, en este caso 9600.

La interacción tiene lugar cuando el usuario selecciona una coordenada X e Y en la imagen de la interfaz de Processing, pues, inmediatamente y en tiempo real, esta información de la posición del ratón es enviada por comunicación serie al entorno de Arduino. Allí, los motores paso a paso son activados y, en el dispositivo físico, desplazan el dispensador de semillas por medio de poleas y correas dentadas hasta la ubicación seleccionada por el usuario. Cuando los motores giran un número de pasos determinado y llegan al punto XY correspondiente, el servomotor se activa girando 90° dejando caer una semilla.

---

<sup>27</sup> En telecomunicaciones e informática, es el proceso de envío de datos de un *bit* a la vez, de forma secuencial, para comunicación entre dispositivos.

<sup>28</sup> Cfr. <https://processing.org/> (consultado el 13 de agosto de 2018).



## **5.5. Instalación**

El montaje del Prototipo 1.0 fue realizado en la project room A.2.7 de la Facultad de Bellas Artes de la UPV en diciembre de 2017. La disposición de la instalación se realizó del siguiente modo:

Se colocaron dos caballetes de madera de 80 cm de alto sobre los que se dispuso una lámina de cristal de unos 70 x 100 cm. En el suelo se ubicó un proyector que arrojaba hacia arriba una imagen de la superficie quemada en el incendio estudiado anteriormente. Sobre el cristal se esparció una delgada capa de agar, previamente tratado y enfriado para verterlo dentro de los límites de la imagen proyectada, y se acomodó la estructura de madera con todas las piezas que la componen: los ejes, las poleas y correas dentadas, los motores y el dispensador de semillas. A un lado de la estructura se dispuso el Arduino con la Motor Shield y el cableado. Finalmente, en una peana junto al dispositivo se situó el ordenador con la interfaz de Processing, donde aparece la misma imagen proyectada sobre el sustrato fértil, con la que los usuarios pueden interactuar.

Hubo varios problemas a la hora de ejecutar el dispositivo, debido a la fragilidad de los componentes y, especialmente, a la necesidad de implementar otras piezas mecánicas, como rodamientos lineales y piezas específicas para el agarre de las correas dentadas. El movimiento del eje X resultó eficaz, pero el eje Y apenas lograba arrancar de su posición. El dispensador de semillas funcionaba de forma correcta aparentemente, pero tras varios usos se atascaba y era necesario agitarlo manualmente para continuar con su actividad.

Tras un análisis pormenorizado de todos los errores y debilidades que presentaba este primer prototipo, se decidió dedicar los siguientes meses correspondientes del Taller Intensivo del Máster en Artes Visuales y Multimedia a producir un segundo prototipo que superase al ya construido.

Puede observarse la documentación en vídeo este primer prototipo en el siguiente enlace *online*: <https://vimeo.com/248316615>



Fig.41: Fotograma 01:33 del vídeo documental de la instalación.

## **6. Prototipo 2.0**

El segundo prototipo realizado para el trabajo final de máster se comenzó a idear en el mes de febrero de 2018 y se concluyó en el mes de julio siguiente. En todo momento se partió de las pruebas y errores experimentados en el desarrollo del prototipo anterior, aunque en esta ocasión las dimensiones, materiales, electrónica y programación cambiaron, suponiendo nuevos retos más complicados de abordar.

Han sido siete meses llenos de altibajos, frustraciones y, como no, aprendizaje en múltiples áreas. Aunque por momentos la realización parecía imposible, poco a poco se logró superar los distintos obstáculos.

Se decidió no aplicarle un acabado estético y dejar “las tripas a la vista” debido a que se trata de un prototipo y, así, mostrar el trabajo que conlleva un proyecto de estas características. Además, hay otras razones de orden técnico: hacer accesibles los mecanismos, detectar y solventar posibles problemas de funcionamiento, aligerar el artefacto, favorecer su desmontaje y portabilidad, etc.

### **6.1. Interacción y diagrama de flujo**

A continuación se muestran dos proyectos considerados de gran referencia para esta investigación debido a su relación conceptual directa con el bosque, al carácter colaborativo y a la interactividad con los usuarios. Desde que en el año 2010 apareció el proyecto *The Wilderness Downtown*, quedé fascinada por las herramientas interactivas. Este primer videoclip interactivo lo desarrolló el artista Aaron Koblin junto al guionista y director Chris Milk, donde se visualiza la canción *We Used to Wait* de Ar-

cade Fire con datos de Google Maps y Street View y hasta posee una herramienta de dibujo integrada.



Fig.42: Capturas de pantalla <http://www.thewildernessdowntown.com/>.

Este corto programado con HTML5 crea una experiencia específica para el usuario que lo ejecuta, ya que permite introducir una dirección postal concreta que el programa localiza. De repente, comienzan a aparecer múltiples pantallas en tu ordenador, donde un personaje comienza a recorrer las calles de tu ciudad y, lo realmente interesante surge cuando comienzan a emerger árboles en medio de tu barrio, convirtiéndolo así en un bosque verde.

Otro proyecto de Aaron Koblin y Chris Milk producido por el equipo de Google Data Arts y la Tate Modern es *This Exquisite Forest*. Entre los años 2012 y 2014, los visitantes tanto del museo como de forma *online* podían usar una herramienta de dibujo para crear una animación corta. Ésta iba incrementándose en ramificaciones, por lo que la narración estaba en constante evolución, produciéndose un crecimiento similar al de los árboles. El proyecto se concluyó en agosto del 2014, pero el sitio web continúa abierto por lo que todavía se puede explorar este bosque de animaciones.

Ambos proyectos proponen una interactividad que desarrollan de forma distinta, aunque el hecho de hacer partícipe al espectador y considerarlo

usuario es esencial para lograr una implicación directa con la obra. Por ello *Reset the Forest: Dispositivo de Reforestación Interactiva* se formula también como proyecto interactivo, para lograr el propósito de germinar sensibilidad en las mentes. Regresando a la explicación del Prototipo 2.0, a continuación se muestra el diagrama de flujo de la interacción que lleva a cabo el usuario entre la interfaz gráfica y la instalación física:

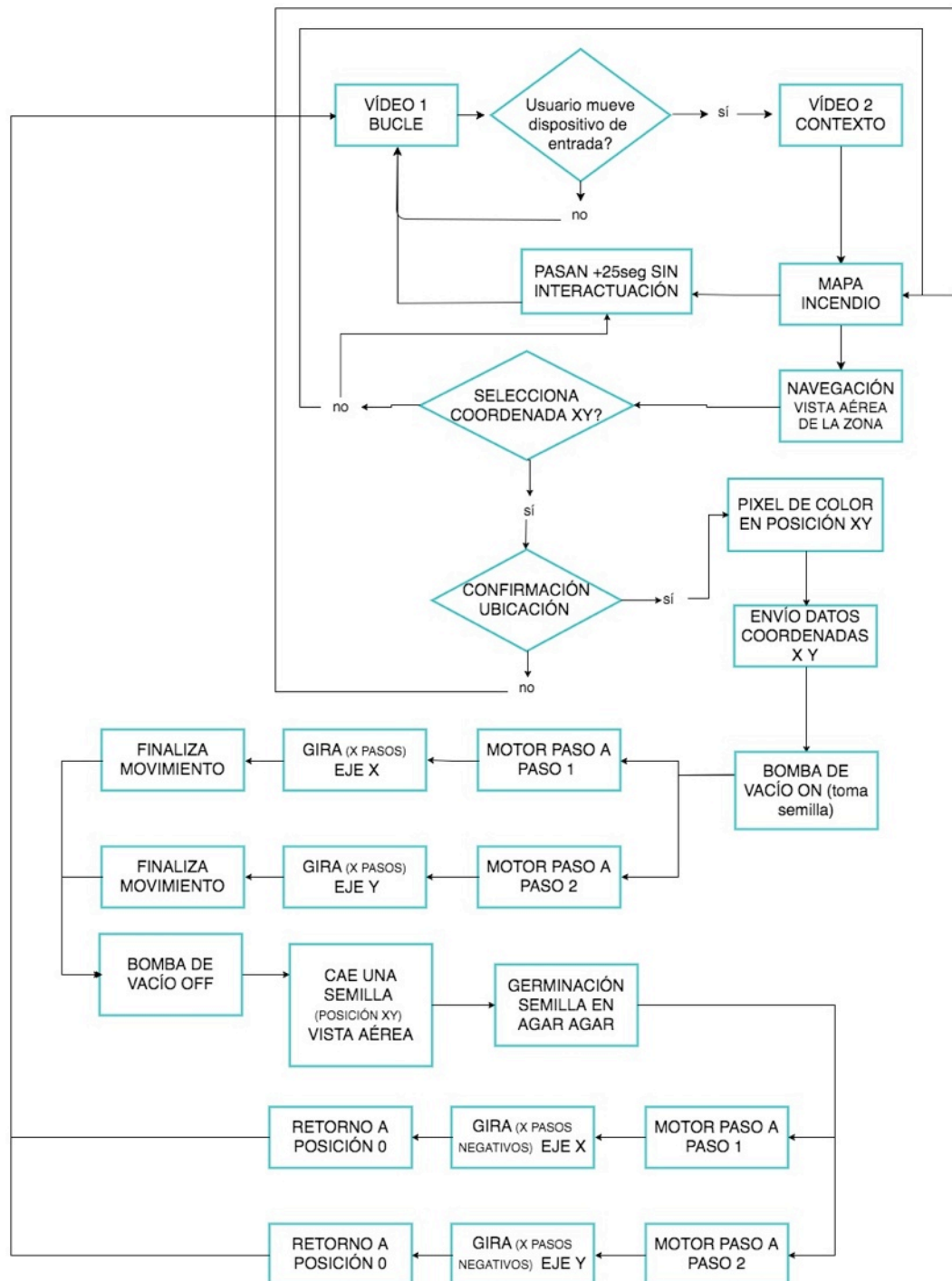


Fig.43: Diagrama de flujo de interacción del Prototipo 2.0.

## 6.2. Interfaz GUI

Como se viene indicando, la idea para crear la interfaz gráfica de usuario trata de visualizar el resultado de la zona del incendio forestal de Yeste y Molinicos a través de una imagen de la vista aérea del espacio. El hecho de plasmar de forma virtual el bosque y las montañas surge a partir del conocimiento del videojuego de simulación *Mountain* desarrollado por David O'Reilly en 2014. Se trata de un juego inactivo donde el usuario tan sólo puede dibujar objetos al inicio del programa y contestar una serie de preguntas, mientras que el resto del tiempo el juego sigue su curso de forma automática. El autor lo describe como "silencio visual"<sup>29</sup> y se considera de gran relevancia el hecho de observar la vida y el paso del tiempo de una montaña sin más. Aunque no tiene relación directa ni estética ni conceptualmente con *Reset the Forest*, se estima oportuno mencionar el aporte de O'Reilly ya que fue un detonante para este proyecto interactivo.

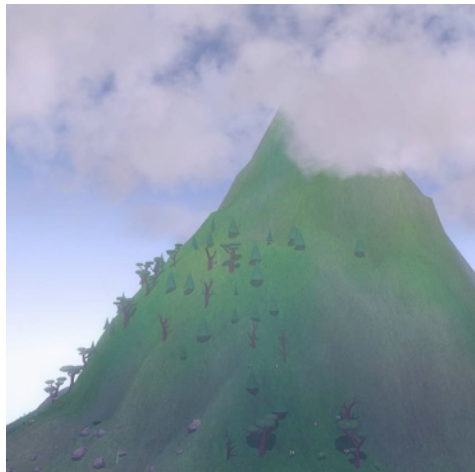


Fig.44: *Mountain* (2014) David O'Reilly.

Respecto a la interfaz gráfica realizada para el Prototipo 2.0, en principio se quería mantener la App realizada para el Prototipo 1.0, llevando a cabo mejoras en la interacción, el diseño de las distintas pantallas y los gráficos. Sin embargo, esta idea tuvo que ser desechada debido a las distintas complicaciones que conllevaba la interacción multiusuario online.

Las objeciones variaban: desde una posible acumulación de semillas en un mismo espacio del mapa a la posible saturación del servidor de Dropbox, y por consiguiente de la electrónica y, por último, el hecho de

---

<sup>29</sup> Cfr.

[http://www.gamasutra.com/view/news/220443/There\\_is\\_nothing\\_to\\_do\\_in\\_OReillys\\_Mountain\\_and\\_thats\\_a\\_good\\_thing.php](http://www.gamasutra.com/view/news/220443/There_is_nothing_to_do_in_OReillys_Mountain_and_thats_a_good_thing.php) (accedido el 23 de junio de 2018).

requerir una retransmisión en vídeo por streaming a través de la App de la interacción de los usuarios con el dispositivo físico, ya que de lo contrario, la acción no cumpliría el objetivo inicial de sensibilización.

Este cambio derivó en decidir desarrollar la interactividad con los usuarios de forma local y presencial. De este modo se evitan problemas electrónicos y se personaliza la acción de sembrar una semilla en directo.

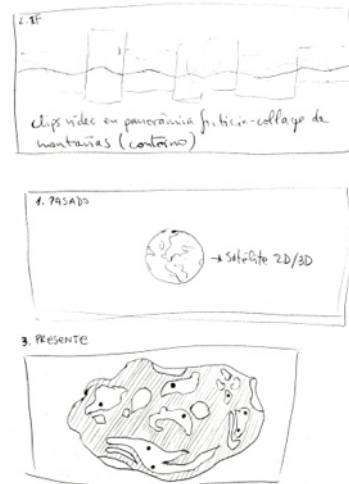


Fig.45: Bocetos de los vídeos e imagen de la interfaz gráfica.

La interfaz gráfica de usuario consiste en una proyección en la misma sala en la que se encuentra la instalación. Junto a ella se encuentra el dispositivo de entrada para interactuar con la interfaz.

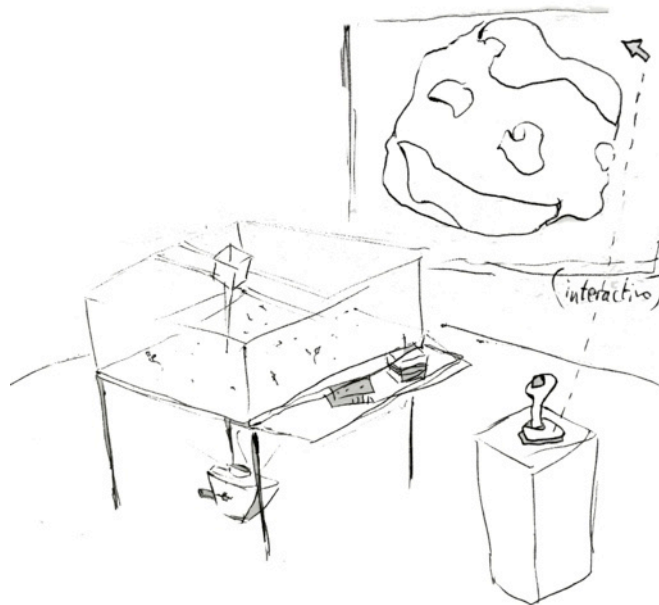


Fig.46: Boceto de la instalación del dispositivo.

A modo de presentación, se reproduce en bucle un vídeo collage de varios audiovisuales filmados por vecinos y medios de comunicación durante los días del incendio forestal ocurrido en Yeste y Molinicos. Si el usuario mueve el dispositivo de entrada, este vídeo entra en pausa y a continua-



ción se reproduce otro vídeo de apenas cinco segundos donde se visualiza el globo terráqueo el cual, a través de un zoom, amplía la escala hasta posicionarse en la vista aérea del espacio delimitado por el incendio forestal.

En esta vista, el usuario puede seleccionar una coordenada haciendo tan sólo un click con el dispositivo de entrada. A continuación se dibuja una forma similar a la que tienen las semillas empleadas en el dispositivo físico de color verde en la posición deseada y, seguidamente, esta información es enviada por comunicación serial a la placa Arduino. De este modo, se activa la bomba de vacío y se produce el movimiento de los motores paso a paso para sembrar una semilla de *pino carrasco* sobre el sustrato fértil transparente que se encuentra sobre la misma imagen de la interfaz gráfica interactiva, es decir, el mapa de la zona del incendio forestal.

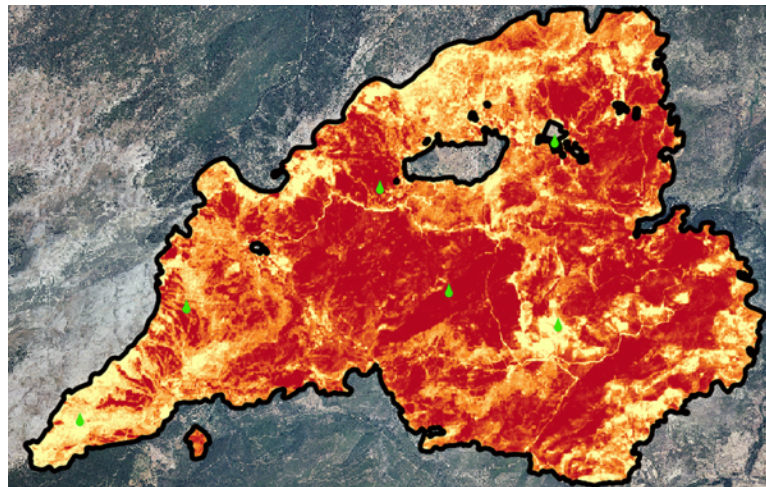


Fig.47: Vista de la interfaz gráfica de usuario.

### 6.3. Dispositivo

Deleuze reflexiona acerca del concepto de *dispositivo* declarando que:

“Las dos primeras dimensiones de un dispositivo, o las que Foucault distingue en primer termino, son curvas de visibilidad y curvas de enunciación. [...] los dispositi-

vos [...] son maquinas para hacer ver y para hacer hablar. [...] Cada dispositivo tiene su régimen de luz, la manera en que ésta cae, se esfuma, se difunde, al distribuir lo visible y lo invisible, al hacer nacer o desaparecer el objeto que no existe sin ella.” (DELEUZE, 1990: 155)

El hecho de denominar “dispositivo” al artefacto físico que, de forma interactiva con el usuario y mediante comunicación serial, mueve el dispensador de semillas para realizar la acción de plantar una semilla no es más que protocolo nominal, pero la definición que propone Deleuze acerca del dispositivo como ‘máquina para hacer ver y para hacer hablar’ se considera acertada para determinar este caso.

Dicho dispositivo está compuesto de varias piezas y partes que requieren una explicación pormenorizada: en primer lugar se explican los caminos transitados hasta llegar al procedimiento mediante el cual se construyó la estructura, seguidamente se muestran los trabajos de modelado e impresión de las piezas en 3D y, por último, se describen los mecanismos empleados para el movimiento de los ejes. Posteriormente, se especifica la electrónica y la programación empleadas así como el modo de instalación que requiere el prototipo para su correcto funcionamiento y ejecución.



Fig.48: Mosaico creado por *Jlller* (2016) Prokop Bartoníček y Benjamin Maus.

Antes de dar paso a la parte técnica del Prototipo 2.0, es inevitable mencionar dos proyectos con los que reúne cierta similitud desde un punto de vista tecnológico. El primero de ellos es la máquina autómatas recolectora *Jlller* de Prokop Bartoníček y Benjamin Maus. Este dispositivo selecciona y

clasifica las piedras de río según su edad geológica mediante una serie de patrones que distingue el software de la máquina, creando así un mural de gran interés científico y belleza estética. Se trata de un proyecto de investigación en los campos de automatización industrial y la geología histórica. El brazo mecánico se desplaza por unos carriles laterales portando un sensor y unas ventosas. Para seleccionar las piedras, realiza un análisis de la imagen de cada guijarro extrayendo datos acerca del color, las capas de sedimentos y la textura de la superficie. Esta información la compara con las categorías predefinidas en la base de datos y, de esta manera, obtiene los parámetros para situar la roca en el lugar correspondiente.

El siguiente proyecto de gran relevancia para esta investigación, especialmente desde la parte técnica, es el conocido *FarmBot* desarrollado por Rory Aronson, Rick Carlino y Tim Evers. El inicio del trabajo comenzó en el año 2013, en 2014 se creó la empresa *Farmbot.io* y en julio de 2016, tras nueve versiones del diseño, se comercializó como *FarmBot Génesis*<sup>30</sup>.

Esta máquina puede plantar más de 30 cultivos distintos en un área de 3 x 1.5 metros aproximadamente, pudiendo realizar casi todos los procesos previos a la cosecha como son la siembra, el control de malezas y el riego, además de recopilar información acerca de la edad de la planta y las condiciones climáticas a las que está expuesta.

Para su manejo, consta de una aplicación web con la que controlar varios aspectos de la máquina, como las entradas de agua, fertilizantes y pesticidas, utilizando una base de datos de cultivos en línea llamada *OpenFarm* para crear un plan de siembra óptimo basado en el tamaño de la cosecha adulta.

---

<sup>30</sup> Cfr. <https://farm.bot/> (consultado el 22 de agosto de 2018).

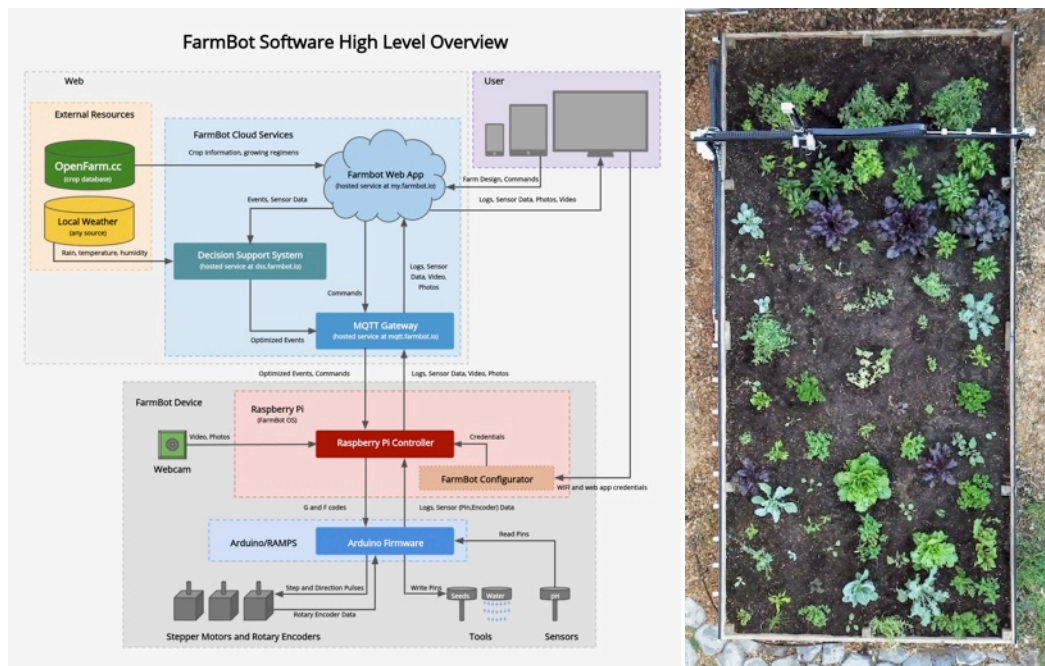


Fig.49: *FarmBot*: Diagrama de flujo y vista desde un plano cenital del dispositivo.

Se trata de una máquina de *hardware* de código abierto cuyo diseño no depende de un único proveedor, sino que es capaz de adaptarse y reproducirse en función de la disponibilidad de componentes. De hecho, la montura y otras herramientas están impresas en 3D y la electrónica que utiliza consta de una Raspberry Pi 3 y un Arduino Mega 2560 con una pantalla RAMPS 1.4 y una cámara para registrar datos.

Este proyecto ambicioso tardó varios años en gestarse ya que fue realizado por estudiantes de ingeniería mecánica y, a día de hoy, tiene cientos de usuarios por todo el mundo e incluso la NASA se ha interesado por este sistema para realizar ensayos de cultivos en la Luna y Marte.

### 6.3.1 Estructura

El diseño de la estructura ha sido uno de los procesos más complicados de llevar a cabo para el desarrollo del prototipo en su segunda versión. En primer lugar, se estudió el modo en que están construidas varios tipos de impresoras 3D. Por otra parte, se recurrió a material profesional de escenografía para la creación de la estructura, que después se descartó, y fi-

nalmente se tuvieron que modificar algunas ideas iniciales para poder hacer factible tanto la construcción como el concepto de instalación que requería la propuesta.

Al inicio del proceso del diseño, el planteamiento era construir una pantalla de retro proyección horizontal sobre la que colocar el sustrato fértil. Se requería un proyector de corta distancia para que desde el suelo y proyectando verticalmente hacia arriba se pudiese visualizar la imagen ocupando toda la superficie, la cual mediría 1,5 x 1,5 metros.

Dadas estas grandes dimensiones y teniendo en cuenta que se quería realizar una pieza fácil de transportar, montar y desmontar, por lo tanto, se investigaron materiales para crear esta pantalla específica tratando de evitar superficies rígidas como el cristal o el metacrilato. Por lo tanto, se buscaron superficies traslúcidas y maleables, que pudiesen ser enrolladas.

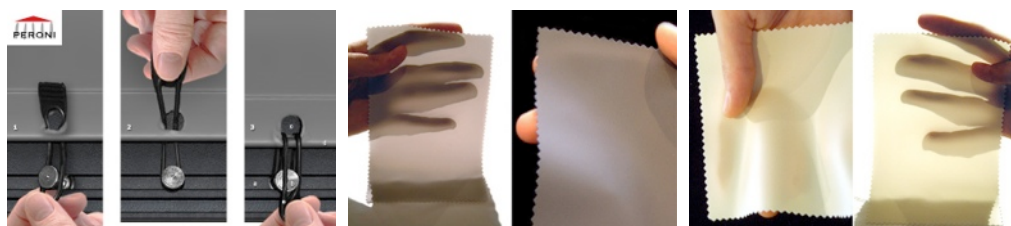


Fig.50: Posibles materiales y sistema de fijación para la pantalla de retro proyección.

Indagando en distintos portales de Internet, se encontraron pantallas específicas y films para retro proyección con y sin marco, los cuales se descartaron por tres motivos: primero, porque no están pensadas para colocarlas horizontalmente al suelo ni para soportar el peso del sustrato fértil, segundo debido a que no existían pantallas a medida y tercero, porque el coste era elevado.

Se encontraron diferentes tipos de plásticos de silicona traslúcidos, unos más gruesos, otros más delgados, muy válidos para la propuesta en tiendas de materiales sintéticos. La idea era construir una estructura con la





requerimientos sin que la idea original fuese modificada, el proyecto tenía que tomar otra dirección y su diseño cambiaría en gran medida.

Se decidió entonces que en vez de construir la estructura con una pantalla de retro proyección, se utilizaría como sustituto aplicable y factible un monitor. A partir de este punto, el diseño del esqueleto se realizaría a la medida del monitor a emplear. Se buscaron varias opciones en la UPV, tomando medidas y sopesando posibilidades, hasta que se dio con un monitor de 42 pulgadas. El formato del mismo es admisible para el dispositivo, midiendo 103 x 64 cm, por lo que la estructura se realizaría a partir de estas nuevas dimensiones.

Para proteger la pantalla del monitor y poder extender el sustrato fértil, ésta se recubre con una placa de PVC transparente rígida de 105 x 70 cm que cubre toda la superficie del monitor. A continuación, el siguiente paso consistía en elaborar el esquema de la estructura y todo el sistema mecánico de poleas, piezas, motores y correas dentadas. Para ello, se estudiaron varios tipos de impresoras 3D: los mecanismos que emplean, la estructura que las forma y las piezas que utilizan. Gracias a varios tutoriales DIY encontrados en Internet, se pudo comenzar a rediseñar la configuración y disposición del esqueleto del prototipo.

Se decidió construir una estructura parecida a la del primer prototipo pero mucho más sólida y con varios ejes de sujeción. Primeramente se planeó montar los ejes con varillas macizas de aluminio de 8mm de diámetro. Tras una búsqueda desesperada en varios portales en Internet, centros especializados como Leroy Merlin e incluso visitando directamente la empresa Alsimet, la opción de encontrar varillas con esos requisitos de más de un metro se convirtió en misión imposible.

Aunque la intención de usar aluminio reside en su bajo coste y fácil manipulación, finalmente se optó por emplear acero inoxidable en varillas lisas



igualmente macizas de 8mm de diámetro lo cual ha resultado, aunque a un precio más elevado, una mejor solución tanto en la calidad del material, rigidez, acabado y deslizamiento. Por lo tanto, se encargaron a un proveedor 8 varillas de 1,5 metros que fueron cortadas a la medida requerida con ayuda externa, ya que los talleres en los que se encuentran las máquinas de corte de hierro de la UPV no se encontraban operativos en esos momentos.

El número y longitud final de las varillas queda como sigue: 4 varillas de 32 cm para los ejes verticales, 4 varillas de 118 cm para los ejes horizontales largos, 4 varillas de 75 cm para los ejes horizontales cortos y 2 varillas de 75 cm para los ejes portadores del dispensador de semillas.

### 6.3.2. Piezas en 3D

Se realizaron varios estudios para resolver la unión de las varillas de acero inoxidable entre sí y formar la estructura de modo que fuese desmontable y ajustable a las medidas necesarias. Para ello se diseñaron a medida tres tipos de racores que fueron modeladas con el software de código libre Blender.

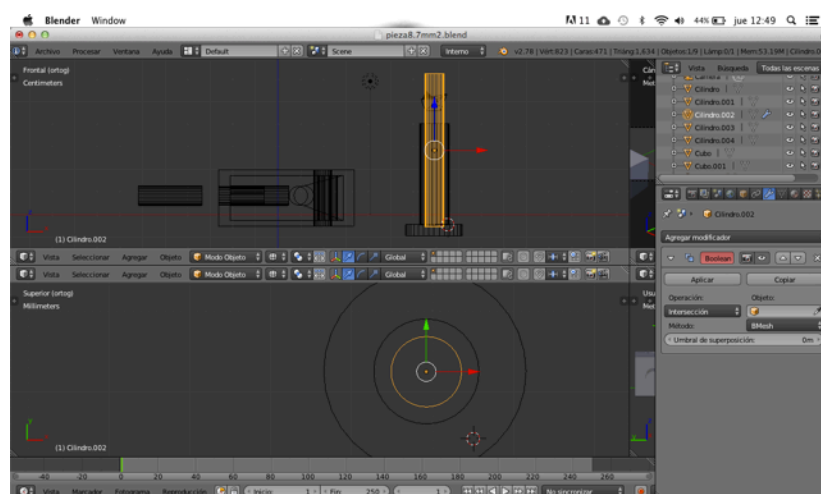


Fig.52: Captura de pantalla del software Blender con dos modelados en 3D.

Posteriormente estas piezas se imprimieron por cuadruplicado en 3D con material PLA. Este material es ácido poliláctico, generado por polimerización del ácido láctico procedente de la fermentación de azúcares derivados de vegetales, principalmente de almidón de maíz, yuca, mandioca o caña de azúcar. Es completamente biodegradable puesto que en su producción no se usan derivados del petróleo y se degrada fácilmente en óxido de carbono y agua. A continuación se muestran las capturas de pantalla de las piezas modeladas y listas para imprimirlas a través de los softwares Cura y Blender e imágenes del proceso:

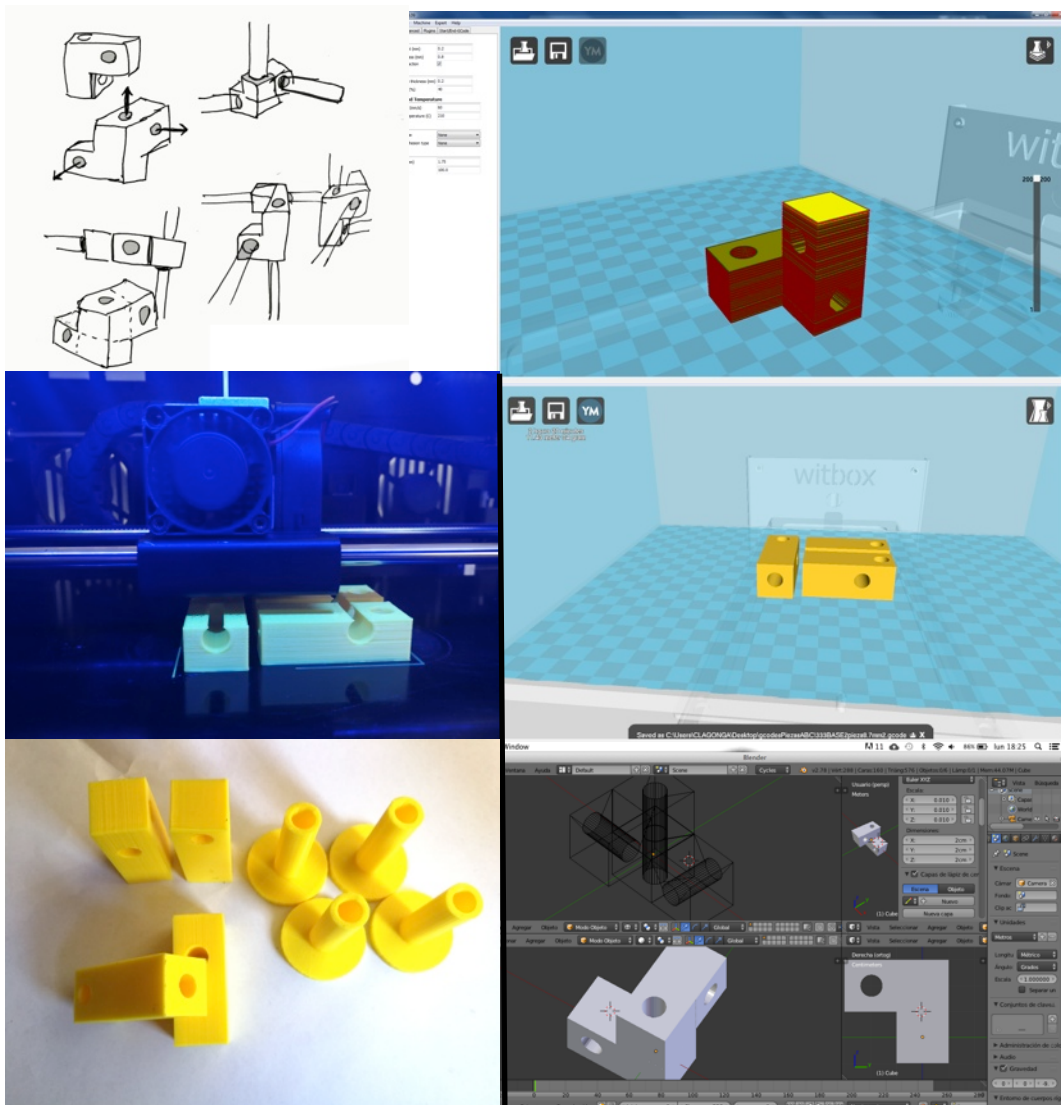


Fig.53: Bocetos, capturas de pantalla de los softwares Blender y Cura e imágenes del proceso de impresión y de las piezas en 3D terminadas.

Una vez impresas las piezas y montada la estructura, hubo que idear un método para que las piezas no se moviesen de su posición, ya que al tratarse de un juego de partes desmontable, sucedía que en ocasiones los ejes se desplazaban unos milímetros, lo cual desajustaba la estructura por completo. Tras varios análisis probando con bridas, pegamentos y otros accesorios, se decidió utilizar topes de profundidad para brocas de 8mm con el fin de bloquear el indebido desplazamiento de los racores sobre los ejes.

Conseguir tales piezas fue una odisea, ya que lo que se encuentran en el mercado son juegos de topes de diferentes medidas. Tras recorrer varias ferreterías, se dio con un pack de cuatro topes de 8mm cuyo precio todavía estaba en pesetas. Continuando con la búsqueda, se localizaron en tres portales distintos de internet el resto de topes necesarios para asegurar la estructura.



Fig.54: Topes de profundidad de 8mm.

El siguiente paso fue diseñar el sistema de movimiento de los ejes X e Y que desplazan los motores paso a paso. Se examinó el funcionamiento de diferentes tipos de impresoras 3D como inspiración para realizar el prototipo. Para ello se observaron las impresoras de la propia facultad, se buscaron otras de varias marcas en la web y se visitaron diferentes blogs donde la comunidad cibernética ha compartido información sobre cómo construir impresoras DIY de un modo completamente casero y artesanal.

La aportación más clara y valiosa fue la llevada a cabo por unos *makers* en el portal *Zona Maker*<sup>31</sup> donde explican paso a paso cómo crear tu im-

---

<sup>31</sup> Cfr. <https://www.zonamaker.com/> (consultado el 3 de agosto de 2018).

presora 3D del modelo Prusa i3. Por medio de varios apartados con fotografías y vídeos, describen cómo montar todos los elementos, la electrónica a emplear, el firmware, el extrusor, la cama caliente, etc.

La electrónica empleada para el Prototipo 2.0 es diferente a la que se propone en Zona Maker, aunque la forma en que construyen los ejes sirvió de ejemplo para ajustarlos a este proyecto y, sobre todo, las piezas a imprimir en 3D para encajar los rodamientos lineales, correas y motores. Este apartado fue de gran ayuda debido a que se encuentran las piezas para descargar en formato .stl<sup>32</sup> de forma gratuita.

De este modo, se analizaron las piezas una por una con el software Blender y se decidió cuáles serían necesarias para el proyecto y cuáles se descartaban. Otras fueron modificadas, ensambladas o rediseñadas según las necesidades del proyecto a desarrollar. A continuación se muestran las capturas de pantalla donde puede observarse el modelado de algunas de las distintas piezas que se emplearon:

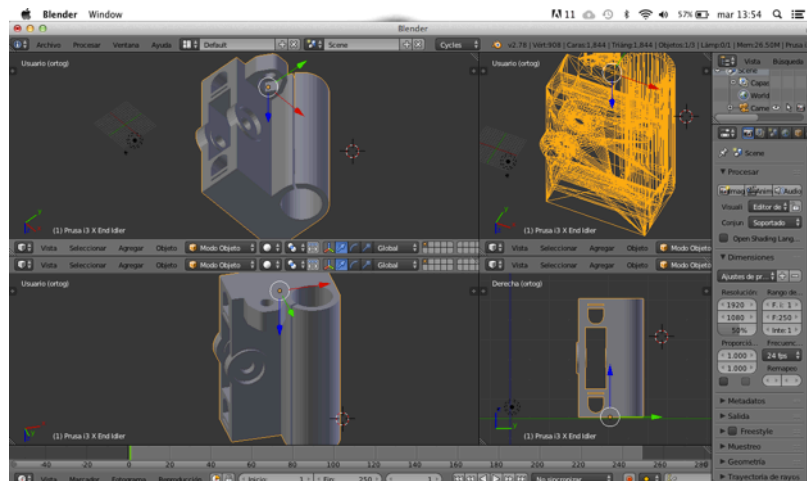


Fig.55: Eje Y: Pieza para incrustación de rodamientos lineales que desplazan el eje X y sujeción de polea con rodamiento para el movimiento de la correa dentada.

<sup>32</sup> STL (Standard Triangle Language) es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D.

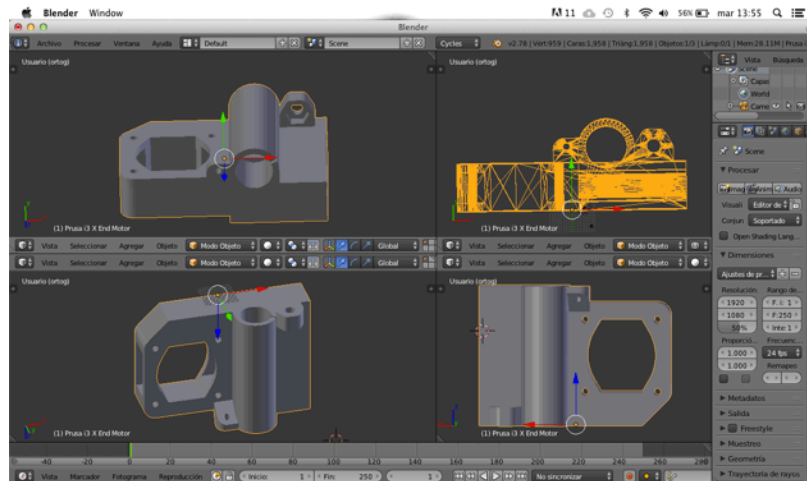


Fig.56: Eje Y: Pieza para sujeción de uno de los motores paso a paso e incrustación de rodamientos lineales que desplazan el eje X.

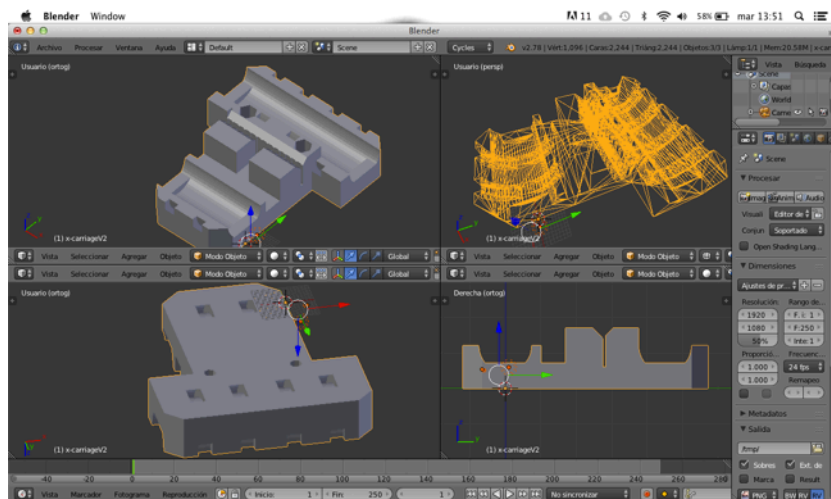


Fig.57: Eje Y: Soporte para bomba de vacío, rodamientos lineales que desplazan el eje Y y sujeción de correa dentada.

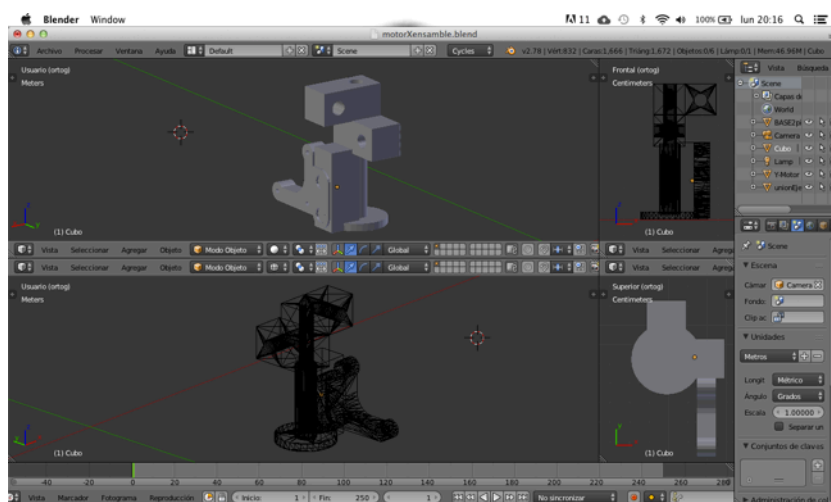


Fig.58: Eje X: Ensamblaje de tres piezas para la sujeción de dos ejes de apoyo horizontales, un eje vertical y uno de los motores paso a paso.

### 6.3.3. Mecanismos

El sistema de transmisión de movimiento se realiza en su totalidad mediante correas de distribución, las cuales reciben la energía de los motores paso a paso y son desplazadas a través de una serie de poleas dentadas que conectan cada eje.

En la estructura pueden encontrarse dos tipos de ruedas dentadas: unas poseen un diámetro interno de 5mm, que son las que ajustan con los ejes de los motores paso a paso, y el resto son de 8mm, para acoplarse al diámetro de las varillas de acero inoxidable. Ambos modelos de poleas se ensamblan a los distintos ejes mediante llaves hexagonales y se han dispuesto un total de 6 unidades.



Fig.59: Correa dentada GT2 y poleas dentadas.

Las correas de distribución son dentadas del modelo GT2 para que encajen correctamente con las poleas, midiendo ambas 5mm de ancho y siendo de vital importancia la tensión con la que se ajustan para que el desplazamiento de los ejes sea efectivo. Para la sujeción de las mismas, se imprimieron en 3D tres piezas específicas que poseen la forma y dimensiones de los dientes de las correas. De este modo, se encaja la correa ya tensada en la pieza y se une el extremo de ésta mediante una brida para asegurar el freno y evitar que se distienda durante la puesta en funcionamiento del desplazamiento de los ejes.

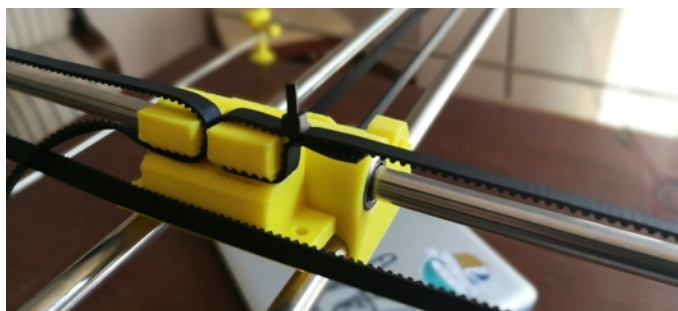


Fig.60: Sistema de sujeción de correa dentada.



Otro elemento totalmente necesario para lograr un desplazamiento eficaz de los ejes X e Y son los rodamientos lineales. Se han empleado un total de 7 piezas de este tipo del modelo KH08-B que reducen la fricción entre las varillas de acero y las piezas impresas en 3D a las que van unidas, sirviendo de apoyo y facilitando su desplazamiento.



Fig.61: Rodamiento lineal y polea formada por un rodamiento de bolas 623zz y piezas impresas en 3D.

También se ha usado un rodamiento de bolas 623zz para, junto a otras dos piezas impresas, crear una polea que arrastra la correa dentada del eje Y. De este mismo tipo, pero de mayor tamaño, se han dispuesto otros cuatro rodamientos del modelo RS-Pro cuyo diámetro es de 8mm.

Estos elementos se incluyeron más tarde debido a que hubo que modificar las piezas impresas en 3D que ensamblaban los ejes horizontales X e Y con los verticales. El motivo es la rotación de las varillas de los ejes horizontales que apoyan el movimiento del eje X. Por lo tanto, para lograr un giro sin fricción, se rediseñaron las piezas en 3D para no dañarlas e incrustarles estos rodamientos de bolas.

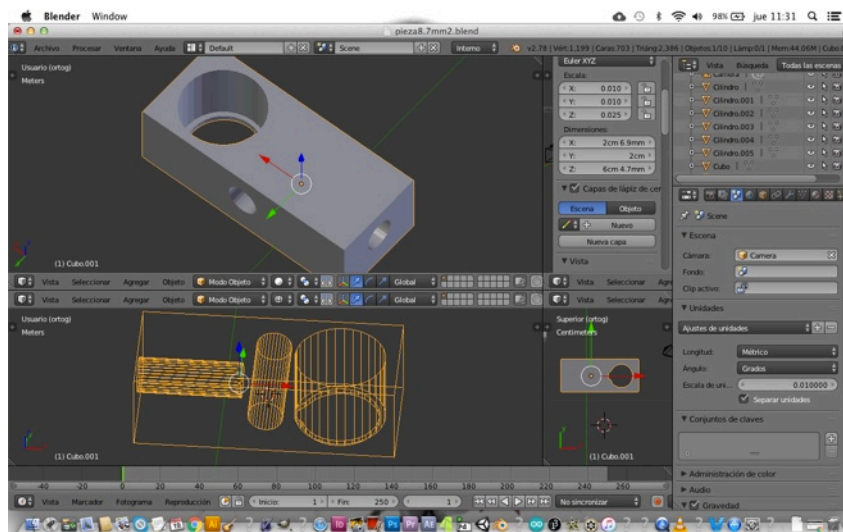


Fig.62: Piezas de ensamblaje de ejes horizontales y verticales rediseñadas para incrustar rodamientos de bolas de 8mm.



#### 6.4. Electrónica y programación

Antes de dar inicio a la explicación de los elementos electrónicos empleados y su programación, cabe aludir a la pieza *Plantas Nómadas* del mexicano Gilberto Esparza creada en el año 2010 por su valor inspirador y afinidad con la propuesta. Este proyecto de investigación surgió como reflexión sobre los impactos ambientales generados por la actividad humana y sobre cómo la tecnología puede favorecer las grandes transformaciones que requiere el planeta. La *Planta Nómada* es una especie híbrida formada por diversos organismos que coexisten en simbiosis para sobrevivir en entornos contaminados<sup>33</sup>. Está formada por un sistema robótico, una especie vegetal orgánica y un conjunto de celdas de combustible microbianas y fotovoltaicas.



Fig.63: *Planta Nómada* (2010) Gilberto Esparza.

La unión de distintas formas de inteligencia constituyen una especie más fuerte, un anticuerpo que es capaz de restaurar a pequeña escala agua contaminada que procesa en sus celdas mediante una colonia de bacterias autóctonas de estas aguas, las cuales se alimentan transformando los nutrientes en electricidad. Se trata de un proceso de biodegradado que mejora la calidad del agua y libera oxígeno y en el que la energía cosechada le permite desplazarse para ir en busca de alimento a otros lugares.

<sup>33</sup> Cfr. <http://plantasnomadas.com/> (consultado el 23 de agosto de 2018).

Aunque la electrónica empleada para el Prototipo 2.0 no tiene nada que ver con la complejidad de los elementos dispuestos para esta planta itinerante, conceptualmente se encuentra cerca al presente proyecto debido a la reflexión sobre los impactos ambientales y al uso de la tecnología como arma potencial de transformación, ya sea física o en un plano de conciencia mental del usuario o espectador.

En los siguientes puntos, se prosigue con la explicación de cada uno de los componentes a nivel tecnológico del Prototipo 2.0 y con la descripción de la configuración de la programación para el control de la electrónica.

#### **6.4.1. CNC y Arduino**

En el prototipo anterior se empleó, junto al hardware Arduino Uno, una placa Motor Shield para el control de los motores paso a paso. Esta vez se necesitaba mayor energía para impulsar dichos motores, por lo que se recurrió al uso de una CNC Shield v3, es decir, una placa cuyo sistema está configurado por control numérico computarizado y puede ser ejecutado desde el entorno de Arduino.

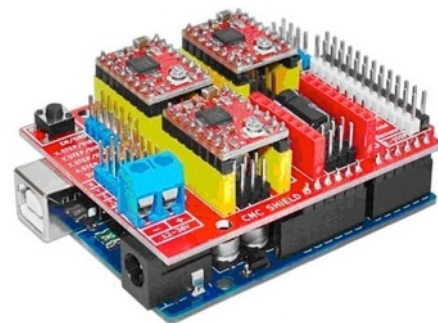


Fig.64: Arduino Uno con CNC Shield v3 y controladores para motores paso a paso.

La alimentación de la placa se realiza mediante una fuente de 2A, aunque se intervino el circuito con un puente desde el positivo de la alimentación al pin Vin de la CNC para que no fuese necesario insertar más de una fuente y así todo el hardware reciba energía de un sólo origen.

#### **6.4.2. Motores paso a paso**

En el apartado 5.4.2. se explicaba el funcionamiento de los motores paso a paso. Para este prototipo se probaron distintos tipos de motores hasta dar con los que poseen el torque necesario para mover los ejes X e Y.

En un principio se optó por realizar pruebas con un motor Nema 23 con un torque de 9 Kg/cm y otro Nema 17 de 3.2 Kg/cm. Finalmente se descartó el Nema 23 debido a su volumen, peso y su excesiva fuerza. Tras varias pruebas a base de ensayo y error, se llegó a la conclusión de que el eje X sería movido por el Nema 17 B00L7Z8F7W y el eje Y por un motor más pequeño, Nema 17HS2408, como los usados en el Prototipo 1.0 con un torque de 1.2 Kg/cm.

Para facilitar el manejo de los motores, en la placa CNC se han dispuesto dos controladores para motores paso a paso del modelo Pololu A4988 que soportan hasta 2A por bobinado con las salidas auto reguladas de 5V para alimentar la lógica externa sin necesitar un regulador adicional. Además cuentan con un potenciómetro para establecer la salida máxima ajustable a los motores y se les ha insertado un disipador de calor.

#### **6.4.3 Dispensador de semillas**

Otro gran reto a superar reside en la construcción del dispensador de semillas. Como se ha visto anteriormente, para el Prototipo 1.0 se intervino un envase de edulcorante sintético mediante un servomotor. Tenía varios inconvenientes, el principal consistía en el posible atasco de las semillas a la salida del recipiente y otro de ellos era el tamaño. Anteriormente se usaron lentejas como ensayo, pero en el Prototipo 2.0 se emplean semi-

llas autóctonas de la zona de pino carrasco y el tamaño es más reducido y de forma irregular.

Tras varios estudios, se llegó a la conclusión de utilizar una bomba de vacío que succionase las semillas, dispuestas en un recipiente en uno de los extremos de la estructura, y las soltase cuando el dispensador se desplazase mediante los ejes X e Y hasta la posición elegida por el usuario.

Se obtuvieron unas micro bombas de vacío que funcionaban a 3V, condición perfecta para ser ejecutadas desde Arduino sin tener que añadir electrónica adicional. El problema es que no succionaban al aire, sino que están construidas para realizar tal tarea con agua, por lo tanto, se descartaron.

Tras el fracaso, se adquirió una bomba de vacío DCM-0030 compuesta por un potente motor a 12V y un mecanismo frontal que le permite crear un vacío. Tiene dos tubos, uno de salida de aire y otro de vacío para poder conectar un tubo.



Fig.65: Bomba de vacío de 12V y ventosa de caucho.

En la salida que succiona y produce el vacío, se ha colocado un tubo de goma de PVC cristal flexible y transparente de unos 5 mm de diámetro al que recubre otro tubo rígido más fino verde translúcido. Dentro del primer tubo se ha insertado otro conducto más fino de goma de PVC de unos 2.5mm de diámetro, al que va unida una ventosa de vacío de caucho fluorado, modelo SMC ZPT04UF-A5, de 4mm de apertura de diámetro.

La bomba de vacío se conecta directamente a la CNC en las entradas que posee para el final de carrera del eje Z. Ya que este eje no es usado en el dispositivo, pueden emplearse las entradas derivadas que dispone para este otro fin. Además, para su control a través de Arduino, es necesario emplear un diodo, un transistor y una resistencia de 100Ω.

El recipiente donde se hallan las semillas, a la espera de que el dispensador las succione, es un bebedero de pájaros intervenido. En el interior del cilindro se ha colocado una rampa que provoca pendiente y en el extremo exterior que sobresale se ha dispuesto una paleta alargada sin bordes en la parte final. Así, la rampa facilita la salida de las semillas y la paleta sin canto en la punta evita que éstas puedan colisionar al ser succionadas y arrastradas.

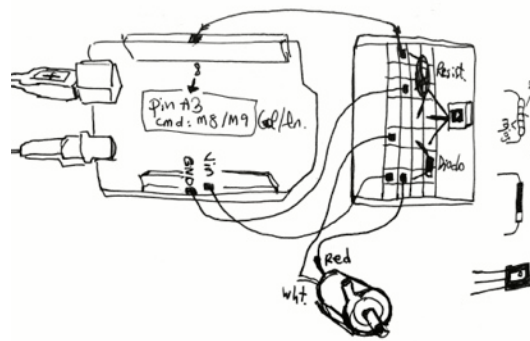


Fig.66: Esquema de conexión de bomba de vacío con Arduino.

#### 6.4.4. Programación

Los entornos en los que se ha trabajado el código de programación han sido los mismos que para el Prototipo 1.0, es decir, Arduino y Processing. Sin embargo, para controlar la placa CNC hubo que estudiar la librería de código GRBL que se instala en Arduino. Esta librería es específica para controlar motores paso a paso y, su mayor peculiaridad es la capacidad para proporcionar una aceleración suave a los motores. GRBL convierte

cada movimiento en una lista de trapecios, es decir, divide los desplazamientos en una lista de líneas rectas y calcula la aceleración y la frenada de cada segmento en cada eje.

El hecho de cargar la librería y manejarla, a pesar de que una vez entendido es aparentemente sencillo, fue un proceso complicado. A continuación, se explica por pasos a grandes rasgos el método a seguir.

Primero, se instala la librería GRBL en Arduino y se ajustan los baudios, es decir, la velocidad de datos en bits por segundo con los que se comunica por el puerto serie. Seguidamente se abre el único ejemplo del que dispone y se carga en la placa, sin más. En el monitor serie de Arduino se pueden configurar algunos parámetros mediante comandos dependiendo de los elementos que se vayan emplear. Después, mediante comunicación serial a través del entorno de Processing, se envían los comandos necesarios para activar y desactivar la bomba de vacío, desplazar los ejes X e Y hasta la posición elegida por el usuario y el retorno de los mismos hasta el punto 0,0.

Además, el código escrito en Processing también ejecuta la interfaz gráfica de usuario descrita en el apartado 6.2., siendo llevada a cabo la programación en todo momento a través de este entorno. Los códigos completos se encuentran disponibles en el anexo adjuntado al final de la investigación.

## **6.5. Instalación**

Sin duda, una obra mítica a la que hacer referencia en este proyecto es la pieza *Grass Grows*, concebida en el año 1967 por el polémico, ácido y crítico Hans Haacke. El hecho de introducir dentro del espacio del museo

un pedazo del exterior, de vida en crecimiento, un montículo de tierra donde germina césped natural observado por los visitantes, enlaza por completo con este proyecto, a pesar de que cumplen objetivos diferenciados, ya que Haacke presta un contrapunto orgánico a cuestiones como la autoría, la institucionalización del arte o la recepción del espectador.

Como instalación más reciente cabe referenciar *WaterBoard* de Mark Burton, realizada en el año 2007, donde propone un juego interactivo multiusuario con una simulación de agua virtual. Los visitantes pueden intervenir en el flujo del agua dibujando obstáculos o con su propio cuerpo. En tierra firme, cerca del agua corriente, crecen plantas y, donde ésta fluye, aparecen formas de vida acuática. Sin embargo, donde el agua se estanca, ésta comienza a decolorarse y pudrirse. El objetivo es incitar al usuario a reflexionar acerca del suministro de agua en la Tierra de forma divertida.



Fig.67: *WaterBoard* (2007) Mark Burton.

La instalación del Prototipo ha pasado por varias fases, al igual que la construcción de la estructura. En un principio, ya que se ideaba el dispositivo físico con una retro proyección y un tamaño mayor, el montaje resultaba como en el diagrama que se muestra abajo.



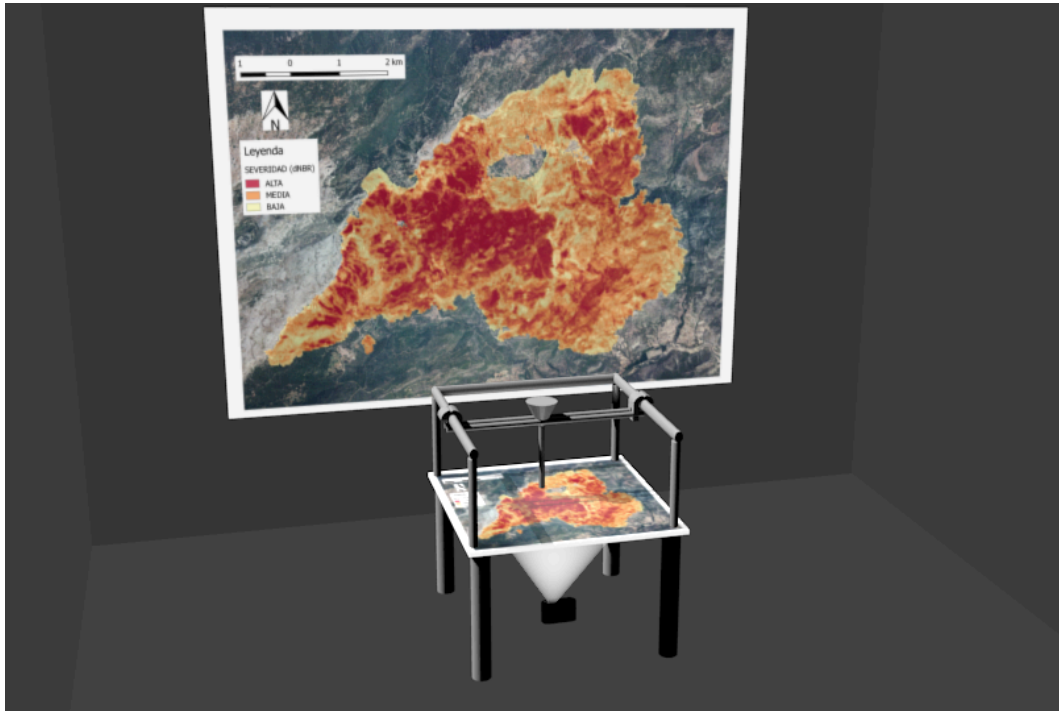


Fig.68: Simulación en 3D de la idea inicial.

Actualmente la disposición sigue siendo la misma, tan sólo han cambiado las proporciones y los elementos de los que se dispone. Por un lado la sustitución del proyector por un monitor y soporte para el mismo y, por otro, disminución de las proporciones a la mitad.

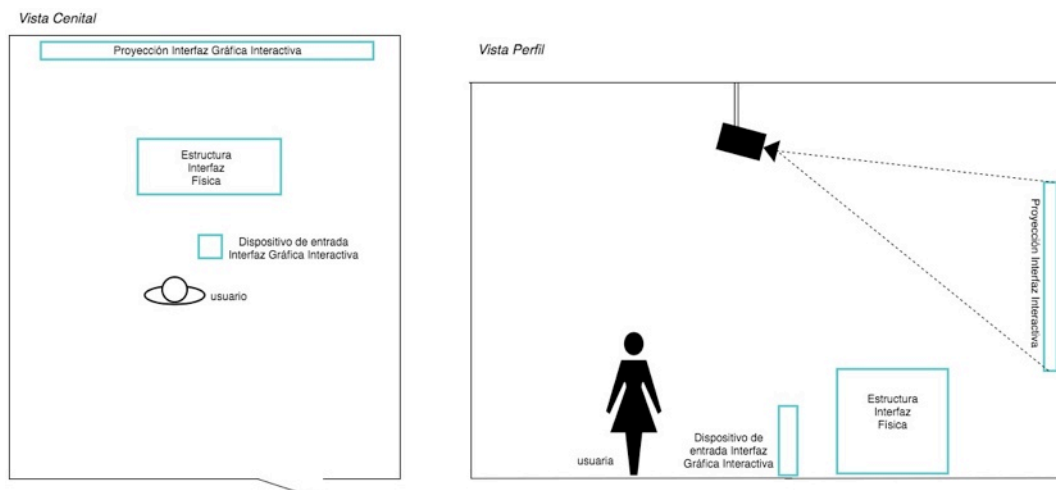


Fig.69: Esquemas planta y perfil de la instalación.

## 6.6. Presupuesto

A continuación, se realiza un desglose de los gastos invertidos en el Prototipo 2.0. y, al final, se aplica el coste estimado de elementos que esta vez han sido prestados por la UPV o son propios y deben tomarse en cuenta a la hora de instalar el dispositivo completo:

1 Motor paso a paso Nema 17 Pololu 3.2 Kg/cm	23.90 €
1 Motor paso a paso Nema 17hs2408 1.2 Kg/cm	17.90 €
1 Arduino Uno v3	22.95 €
1 CNC Shield v3	11.95 €
2 Step stick motor paso a paso 4.90 x 2	9.80 €
1 Bomba de vacío	27.65 €
1 Ventosa de caucho fluorado 4mm	9.40 €
2 Cadenas de arrastre 4,57 x 2	9.14 €
1 Diodo	0.13 €
1 Transistor	1.85 €
1 Resistencia	0.05 €
1 Fuente de alimentación	14.95 €
2000 Semillas de <i>pinus halepensis</i>	30.00 €
15 Topes de profundidad 2.38 x 15	35,70 €
1 Tubo pvc cristal 5mm	0.50 €
1 Tubo pvc cristal 2.5mm	0.40 €
15 Metros de cable 30AWG	1.55 €
7 Rodamientos lineales 16.73 x 7	117,11€
1 Rodamiento 623zz	11.48 €
4 Rodamientos de bolas 8mm 4,70 x 4	18,80 €
1 Pack de bridas	1.51 €
1 Comedero/bebedero pájaros 14cm 65ml	2.19 €
1 Pegamento de contacto	2.65 €
2 Poleas dentadas de 5mm 2.50 x 2	5 €
4 Poleas dentadas de 8mm	10.96 €
20 Metros de correa dentada de 5mm	77.81 €
8 Barras acero inoxidable dim 8mm sin rosca 9 x 8	72 €
1 Rollo de PLA	30.00 €
4 Tornillos de 5mm	3.60 €

50 gramos de Agar agar E 406	5.10 €
1 Plancha de pvc transparente de 1 x 1,40 metros	12 €

Total 588.03 €

1 Monitor de 42" Samsung C450 Serie 4 Plasma TV	866,60 €
1 Proyector BenQ de 3200 lúmenes TH 683 Full HD	545,75 €
1 Computadora (Mac OS 10.8 o posterior) MacBook Pro 13"	1505,59 €

Total 3505. 97 €

## 6.7. Ficha técnica

*Reset the Forest: Dispositivo de reforestación interactiva*

Clara González García

Máster Artes Visuales y Multimedia, UPV

Canti- dad	Componente	Notas
1	Monitor de plasma 40"	Samsung C450 Serie 4 Plasma TV
1	Ordenador portátil, OS X 10.8.5	2.9 GHz Intel Core i7, usado desde 2012
1	Proyector BenQ TK800 DLP-3000 Lúmenes	No es necesario un modelo exacto, sí una resolución similar (3840x2160)
1	Logitech Wireless Mouse M185	Inalámbrico
1	Cable VGA	Longitud del cable de mínimo 3m
1	Arduino Uno v3 + cable USB 2.0	Longitud del cable de mínimo 1.8m
1	CNC Shield v3	
2	Stepper Driver A4988 Pololu con disipador	Repuesto de al menos 2 piezas
1	Fuente de alimentación 12V 2A	5.5mm x 2.1mm
2	Conector de cable hembra	Pines para las entradas de CNC
15	Metros de cable de cobre estañado	30 AWG
1	Bomba vacío a 12V	
1	Motor paso a paso Nema 17hs2408	Torque 1.2 Kg/cm
1	Motor paso a paso Nema 17 Pololu	Torque 3.2 Kg/cm. (Referencia fabricante MOT-0013)
1	Ventosa de vacío de caucho fluorado 4mm	
10	Metros correa dentada GT2	5mm
7	Rodamiento lineal KH08-B	
1	Rodamiento de bolas 623zz	Para construcción de polea
4	Rodamiento de bolas RS-Pro	8mm de diámetro interno

Canti- dad	Componente	Notas
2	Polea dentada 5mm	Con tornillos y llave hexagonal
5	Polea dentada 8mm	Con tornillos y llave hexagonal
15	Topes de profundidad de 8mm	Con tornillos y llave hexagonal
1	Plancha de PVC transparente 105 x 70 cm	Rígida y gruesa. (Formato ajusta- ble según dimensiones de imagen del mapa a usar)
1	Paquete de agar agar natural en tiras	Preferiblemente de herboristería
1	Comedero/bebedero de pájaros 65ml 14cm	Necesita ser intervenido en la sali- da
1	Tubo PVC cristal 5x8mm	30 cm de longitud aprox.
1	Tubo PVC cristal 3x5mm	5 cm de longitud aprox.
6	Barras de acero inoxidable 8mm de diámetro sin rosca de 75cm	Ejes horizontales. (Dimensiones variables en función del dispositivo empleado para mostrar la imagen del mapa)
4	Barras de acero inoxidable 8mm de diámetro sin rosca de 118cm	Ejes horizontales. (Dimensiones variables en función del dispositivo empleado para mostrar la imagen del mapa)
4	Barras de acero inoxidable 8mm de diámetro sin rosca de 32cm	Ejes verticales. (Las dimensiones pueden ajustarse en función de la altura requerida para el dispositivo)
1	Diodo	
1	Transistor	
1	Resistencia de 100Ω	
2	Cadena de arrastre	
2000	Semillas de <i>pinus halepensis</i>	Autóctono e identificadas. Proce- dencia ES-10 Levante interior.

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sala: dimensiones mínimas de 5 x 5 x 3 metros. Color indiferente, a excepción de la pared que se destine a la proyección, de preferencia blanca.</li> <li>- Soporte de techo para proyector, mesa, pedestal y toma de corriente con multicontactos.</li> <li>- Iluminación: La sala debe estar a oscuras. Únicamente habrá luz procedente de la proyección en una de las paredes y del monitor del dispositivo físico.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Situar el proyector mediante un soporte en el techo de la sala. La distancia de la pared principal sobre la que se proyecta la interfaz gráfica dependerá del lanzamiento y los lúmenes.</li> <li>2. Ubicar en el centro de la sala (a no más de 4 metros de la pared de proyección) una mesa alargada de dimensiones 1,20 x 80 cm (como mínimo). Situar el monitor encima de forma horizontal.</li> <li>3. Realizar el montaje de la estructura del dispositivo en un espacio separado.</li> <li>4. Primero incorporar todos los rodamientos (lineales y de bolas) a las piezas 3D y barras correspondientes.</li> <li>5. Unir las barras de acero inoxidable con las piezas impresas en 3D.</li> <li>6. Colocar las poleas dentadas de 5mm en los ejes de los motores paso a paso.</li> <li>7. Colocar las poleas de 8mm en las barras de acero que requieren movimiento (eje X).</li> <li>8. El eje Y se monta por separado siguiendo las mismas pautas. La correa se ajusta solamente de un extremo para tensarla una vez construido todo.</li> <li>9. Incluido el eje Y en la estructura, desplazarla con cuidado e insertarla encima del monitor en horizontal colocado previamente.</li> <li>10. Ubicar la plancha de PVC transparente con el sustrato fértil encima del monitor.</li> <li>11. Medir y nivelar con precisión la distancia entre cada uno de los ejes de la estructura.</li> <li>12. Encajar los topes de profundidad. Deben impedir el desplazamiento de las piezas fijas impresas en 3D.</li> <li>13. Insertar los motores con ayuda de tornillería y situar las correas dentadas.</li> <li>14. Tensar manualmente al máximo las correas e incrustar los extremos en la dentada de las piezas en 3D. Asegurar con bridas.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar todos los elementos electrónicos antes y después de cada exposición.</li> <li>- El cableado será necesario cambiarlo cada temporada sólo en el caso de que sufra desgaste o rotura.</li> <li>- Las piezas impresas en 3D pueden desgastarse, por lo que se incluyen los modelos listos para imprimir en formato .stl</li> <li>- Las correas dentadas deben revisarse antes y después de cada montaje. Conviene cambiarlas cada dos años.</li> <li>- Aprovisionamiento de poleas dentadas de todos los tamaños y topes, así como de los tornillos que las ajustan.</li> <li>- Repuesto de los drivers para los motores paso a paso debido a su alta fragilidad.</li> </ul>
--	--	--

Desmontaje	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguir los pasos exactamente en el mismo orden pero a la inversa.</li> <li>- Las semillas se habrán guardado en soportes específicos.</li> <li>- La placa de PVC puede lavarse con agua.</li> <li>- Guardar cada elemento en su respectivo estuche y/o envoltura.</li> </ul>

Diagrama disposición piezas dispositivo

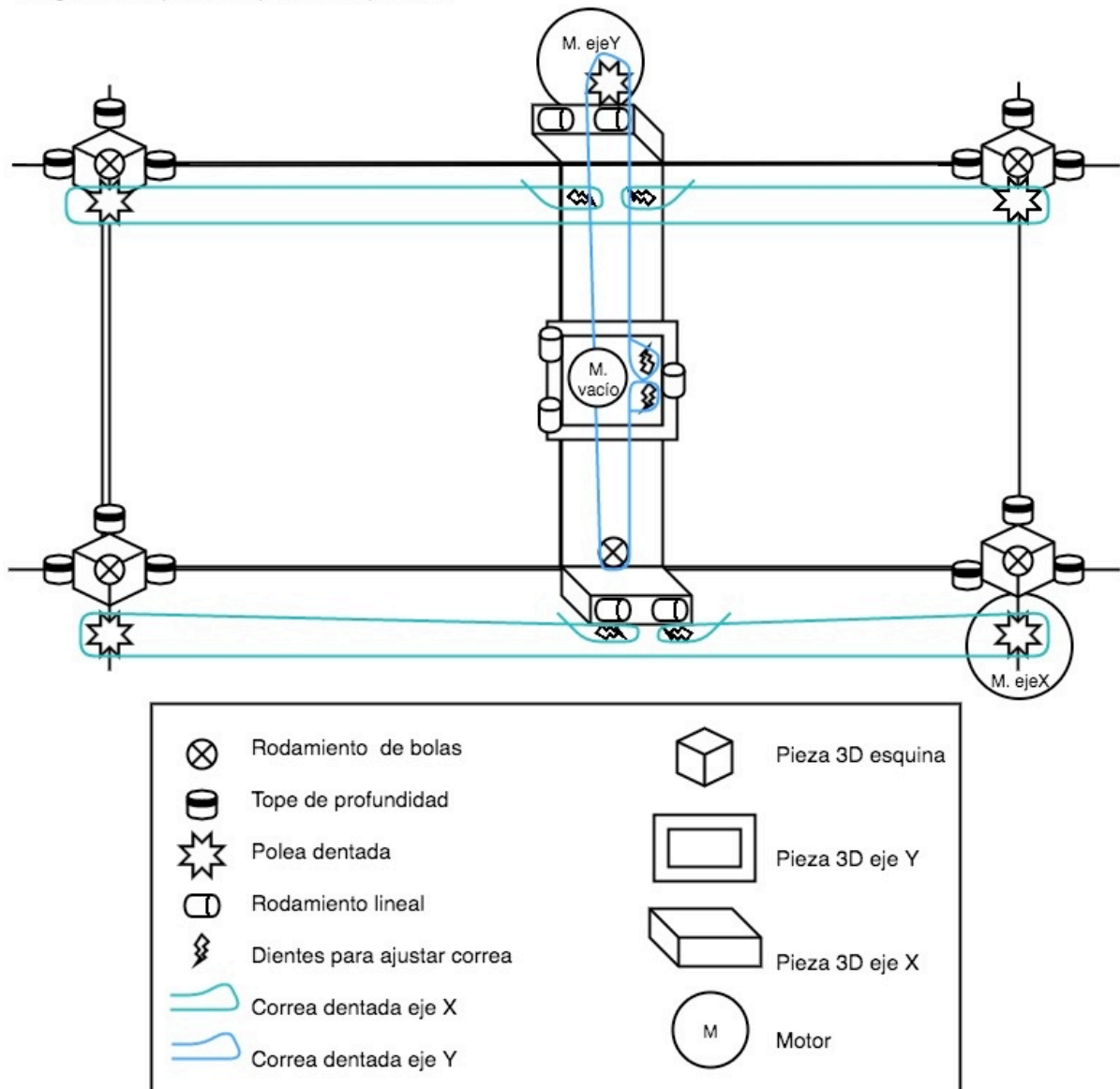


Fig.70: Diagrama de la ubicación de los distintos elementos que componen el dispositivo físico.



## **7. Conclusiones, balance crítico y trabajo futuro**

Tras la finalización del Prototipo 2.0, el proyecto cumple en gran parte con los objetivos trazados a priori, tanto en términos técnicos relativos a la realización del dispositivo interactivo como en aspectos de diseño de experiencia que involucra al usuario y, por tanto, proponiéndose una reflexión y una sensibilización sobre las consecuencias de los incendios forestales.

Por otro lado, se han analizado las debilidades que supone el trabajo y se han estudiado las mejoras que se pueden implementar en un posible Prototipo 3.0. El proyecto actual se ha desarrollado a partir de los medios de los que se dispone pero, a futuro, se plantean varios avances que podrían lograrse a través de un presupuesto adaptado a los requisitos que necesita el nuevo prototipo.

Cabe mencionar que el presente proyecto propone un caso de estudio específico localizado en un lugar concreto, pero la intención es trabajar otros casos donde se analice la problemática particular de la zona, los daños ecológicos que haya sufrido y, por supuesto, la vegetación afectada para así realizar un proyecto acorde al nuevo espacio de actuación.

La elasticidad y adaptabilidad del proyecto a distintas realidades y casos es, en este sentido, uno de sus rasgos más destacables. Uno de los objetivos futuros, consiste en realizar una pieza cuyo formato ocupe el doble de las medidas actuales empleadas para el Prototipo 2.0. Se trataría de realizar un dispositivo físico tal y como se describe en el punto 6.3.1. de una extensión de, al menos, 1,5 x 1,5 metros cuya superficie horizontal al suelo, sobre la que se dispone el sustrato fértil, no fuese un monitor, sino una capa transparente a modo de pantalla sobre la que se visualiza la imagen del mapa del lugar devastado mediante una retro proyección.

Como segunda mejora, se propone diseñar un dispensador de semillas más complejo en varios aspectos. Actualmente tan sólo se emplea la bomba de vacío en su modo de succión, pero mediante un puente en H en el circuito electrónico y una programación acorde, podría invertirse el giro del motor a conveniencia. De este modo, se emplearía la acción de succionar cuando toma la semilla en el punto 0,0 y el modo de salida de aire para impulsar a la semilla en su caída en la posición elegida. Además, se implementarían otros elementos como un eje de inyección que, mediante un servomotor, podría subir y bajar para introducir la semilla en el sustrato fértil.

En este sentido, ofrecer la opción al usuario de elegir distintos tipos de semillas de especies autóctonas de la zona es otro de los objetivos a futuro de gran relevancia. En el punto 0,0 de la estructura del dispositivo físico, se hallarían varios compartimentos con diferentes semillas y, mediante la succión de la bomba de vacío, se tomaría la especie seleccionada.

Por último, es necesario hacer referencia al propósito de implementar un sistema de riego continuo para las semillas que se encuentran en el sustrato fértil. Para ello se pretende colocar una bomba de agua cuyo circuito, formado por un sistema de pequeñas tuberías, desemboque en unos nebulizadores que, mediante un temporizador, rocíen con agua pulverizada el agar y las semillas en proceso de germinación.

Toda obra o proyecto realizado nunca se da por terminado, tan sólo se abandona en el punto en el que una vez se vio su fin debido a distintas circunstancias, casi siempre como consecuencia del factor tiempo. Siempre puede mejorarse aquello que se realiza y todavía se hace más obvio con el transcurso de los días, de los años, de la propia vida.

Desarrollar un proyecto de estas características implica ir paso a paso, subir cada escalón con paciencia y ser consciente de que se trata de un

aprendizaje continuo. Además, cuando se trabaja en términos de prototipos, se entiende que la obra está en proceso de experimentación y, por lo tanto, se trata de un artefacto prematuro e inmaduro, donde caben el error y la inexactitud y donde se permanece abierto a sugerencias, observaciones y nuevos asesoramientos por parte de personal experto en las distintas áreas que se tantean.

## Bibliografía

Dada la disparidad y el volumen de las fuentes manejadas para este proyecto de investigación y práctica artística, se ha dividido la bibliografía en distintos bloques:

### Libros:

Albelda J. & Saborit J. *La construcción de la Naturaleza*. Valencia: Generalitat Valenciana, 1997.

Carruthers, Beth. *Mapping the Terrain of Contemporary Ecoart Practice and Collaboration: Art in Ecology: a Thinktank on Arts and Sustainability*. Vancouver: British Columbia, 2008.

Critical Art Ensemble. *Digital resistance: explorations in tactical media*. Nueva York: Autonomedia. 2001.

D'Eaubonne, Françoise. *Le féminisme ou la mort*. París: P. Horay. 1974.

Del Cerro, Luisa, ed. *Ecomedia. Estrategias ecológicas en el arte actual*. Valencia: Diputación de Valencia. 2009.

Fernández Durán, Ramón. *El antropoceno: La expansión del capitalismo global choca con la biosfera*. Barcelona: Virus. 2011.

Guattari, Félix. *Las tres ecologías*. Valencia: Pre-Textos. 1989

Himmelsbach, Sabine y Volkart, Yvonne. *Ökomedien. Ecological Strategies in Today's Art*. Oldenburgo: Hatje Cantz. 2008.

Mellor, Mary. *Feminismo y Ecología*. México D.F.: Siglo XXI. 2000.

Radford, Rosemary. *Nueva mujer, nueva tierra: ideologías sexistas y liberación humana*. Nueva York: The Seabury Press. 1975.

Rust, Stephen, Monani, Salma y Cubitt, Sean, ed. *Ecomedia. Key Issues in Environment and Sustainability*. Nueva York: Routledge. 2016.

Stocker, Gerfried y J.Hirsch, Andreas. *Ars Electronica. The Practice of Art and Science*. Berlín: Hatje Cantz. 2017.

Warren, Karen J., ed. *Filosofías ecofeministas*. Traducido por Laia Oliveres. Barcelona: Icaria. 2003.

Wilson, Stephen. *Art + Science Now*. Nueva York: Thames & Hudson. 2010.

### **Capítulos de libros:**

Demarco, Richard. "Conversaciones con artistas. Richard Demarco entrevista a Joseph Beuys, Londres, 26 de marzo de 1982". En *Joseph Beuys. Ensayos y entrevistas* editado por Bernd Klüser. Madrid: Síntesis. 2006: 195.

Burt, Julian. "Sombras y residuos: el arte telerrobótico en Internet de Ken Goldberg". En *Ars Telemática: Telecomunicación, Internet y Ciberespacio*, editado por Claudia Giannetti. Barcelona: ACC L'Angelot. 1998: 137.

Deleuze, Gilles. "¿Qué es un dispositivo?". En VV. AA., *Michel Foucault, filósofo*. Barcelona: Gedisa. 1990:155.

Puleo, Alicia. "Ecofeminismo: hacia una redefinición filosófico-política de naturaleza y ser humano". En *Feminismo y filosofía*, editado por Celia Amorós. Madrid: Síntesis. 2000: 166.

### **Documentos académicos e informes técnicos:**

Banco Mundial. *Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III)*. Washington D.C.: Departamento de Medio Ambiente. 1991.

Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. "*Memoria de las actuaciones de restauración ambiental y medioambiental de emergencia en la superficie afectada por el incendio de julio-agosto de 2017 en los TTMM de Yeste, Molinicos y Riópar, provincia de Albacete*". Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2017.

Gamella, David. "Bioarte: Procesos biotecnológicos, retos sociales y educación artística en la primera década del siglo XXI". Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 2015.

Marín Ruíz, Carmen. "Arte Medioambiental y Ecología. Paradigmas de comprensión, interpretación y valoración de las relaciones entre arte y ecología (1960-2015)". Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. 2015.

Matos Romero, Gregoria. "Intervenciones artísticas en "Espacios Naturales": España (1970-2006)". Memoria para optar al grado de doctor. Universidad Complutense de Madrid. 2008.

### Artículos de revistas:

Chaparro Mendivelso, Jeffer y Meneses Arias, Ignacio. *El antropoceno: aportes para la comprensión del cambio global*. Ar@cne: Revista electrónica de recursos en Internet sobre geografía y ciencias sociales, nº 203 (diciembre 2015) Universidad de Barcelona.  
<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-203.pdf>. (consultado el 10 de abril de 2018).

De las Heras, Jorge, Moya, Daniel y López Serrano, Fco. Ramón. *El gran incendio de Yeste en 1994: regeneración natural del monte quemado e influencia de los tratamientos silvícolas en su recuperación*. Sabuco: Revista de estudios albacetenses, nº9 (febrero 2013).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4252239> (consultado el 10 de agosto de 2018).

Inwood, Hilary. "Mapping Eco-Art Education". *Canadian Review of Art Education* nº. 35 (2008): 57-73.

Jiménez de Cisneros, Roc. *Entrevista a Timothy Morton: una ecología sin naturaleza*. CCCBLAB (diciembre 2016).  
<http://lab.cccb.org/es/timothy-morton-ecologia-sin-naturaleza/> (consultado el 22 de mayo de 2018).

Puleo, Alicia. *¿Qué es el ecofeminismo?* El Ecologista, nº 31 (verano 2002) <http://www.wloe.org/que-es-el-ecofeminismo.308.0.html> (consultado el 19 de mayo de 2018).

### Artículos de prensa:

Cantera, Á. L. M. "Por cada niña un bosque" El País (27 de octubre de 2014) accedido el 9 de agosto de 2018,  
[https://elpais.com/elpais/2014/10/17/planeta\\_futuro/1413563290\\_976519.html](https://elpais.com/elpais/2014/10/17/planeta_futuro/1413563290_976519.html).

EFE. "Extinguido el incendio de Yeste, Albacete, tras 13 días" Noticias CMM (9 de agosto de 2017) accedido el 20 de octubre de 2017,  
<http://www.cmmedia.es/noticias/castilla-la-mancha/extinguido-el-incendio-de-yeste-albacete-tras-13-dias/>.

EFE “Estabilizado el incendio forestal de Yeste que ha quemado 3.300 hectáreas” La Vanguardia (2 de agosto de 2017) accedido el 20 de octubre de 2017,  
<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20170802/43288514002/estabilizado-incendio-veste.html>.

EFE. “Estabilizado el incendio forestal de Yeste, en Albacete, tras seis días” RTVE (2 de agosto de 2017) accedido el 20 de octubre de 2017,  
<http://www.rtve.es/noticias/20170802/perimetrado-incendio-veste-albacete-despues-seis-dias/1591521.shtml>.

“El fuego avanza en Yeste y Molinicos, sin control, y hay más desalojos” MasqueAlba (28 de julio de 2017) accedido el 20 de octubre de 2017,  
<http://masquealba.com/noticias/albacete/item/25824-el-fuego-avanza-en-este-y-molinicos-sin-control-y-hay-mas-desalojos.html>.

“El incendio de Yeste supera las 3.000 hectáreas y seguirá activo varios días” El País (1 de agosto de 2017) accedido el 22 de octubre de 2017,  
[https://politica.elpais.com/politica/2017/07/31/actualidad/1501513575\\_321506.html](https://politica.elpais.com/politica/2017/07/31/actualidad/1501513575_321506.html).

“El incendio de Yeste y Molinicos ya está extinguido” Cadena Ser (9 de agosto de 2017) accedido el 21 de octubre de 2017,  
[http://cadenaser.com/emisora/2017/08/09/radio\\_albacete/1502295331\\_290280.html](http://cadenaser.com/emisora/2017/08/09/radio_albacete/1502295331_290280.html).

“Los caminos afectados por el incendio de Yeste se mejorarán cuando terminen las labores de extracción de madera” Albacete Capital y Provincia (17 de abril de 2018) accedido el 19 de abril de 2018,  
<https://albacetecapital.com/tag/incendio-veste-y-molinicos/>.

Ruíz Jiménez, Iván. “El incendio de Yeste arrasa ya más de 3.200 hectáreas y tardará en controlarse unos días” El Mundo (31 de julio de 2017) accedido el 21 de octubre de 2018,  
<http://www.elmundo.es/sociedad/2017/07/31/597edcf1e5fdeac33f8b464c.html>.

“Sigue sin control el incendio en Yeste: más de 300 personas desalojadas y 1.300 hectáreas quemadas” LaSexta (28 de julio de 2018) accedido el 19 de octubre de 2017,  
[http://www.lasexta.com/noticias/sociedad/sigue-control-incendio-veste-200-personas-cinco-pedantias-desalojadas\\_20170728597acc530cf203ba202e3b61.html](http://www.lasexta.com/noticias/sociedad/sigue-control-incendio-veste-200-personas-cinco-pedantias-desalojadas_20170728597acc530cf203ba202e3b61.html).



Romero, David. “Así fue 2017... Incendio de Yeste: Una semana de infierno en la Sierra del Segura” Encastillalamancha (3 de enero de 2018) accedido el 20 de abril de 2018, <http://www.encastillalamancha.es/sucesos/una-semana-infierno-la-sierra-d-el-segura/>.

### **Webs, blogs y otras referencias online:**

“Alan Sofist”, accedido el 10 de mayo de 2018, [http://www.alansonfist.com/landscapes\\_lost\\_falcon.html](http://www.alansonfist.com/landscapes_lost_falcon.html).

CONAF. “Prevención de incendios forestales. Investigación”, accedido el 5 de julio de 2018, <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/educacion-y-difusion/>.

“CO2 Revolution”, accedido el 20 de agosto de 2018, <https://www.co2revolution.es/co2revolution/>.

Botanical-online. “Cómo germinan las semillas”, accedido el 14 de agosto de 2018, <https://www.botanical-online.com/germinacion.htm>.

“David O’Reilly”, accedido el 11 de agosto de 2018, <http://www.davidoreilly.com/mountain/>.

DIYScience. “Cómo preparar un medio de cultivo casero”, accedido el 10 mayo de 2018, <https://doityourselfscience.wordpress.com/2011/04/11/como-preparar-un-medio-de-cultivo-casero/>.

“Drone Seed”, accedido el 20 de agosto de 2018, <https://www.droneSeed.co/>.

Ecologistas en acción. “Terminología básica sobre incendios forestales”, accedido el 3 de julio de 2018, <https://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article8083>.

“Eva and Franco Mattes”, accedido el 25 de julio de 2018, <http://0100101110101101.org/>.

“Ficha técnica pinus halepensis”, accedido el 15 de agosto de 2018, <http://www.floramu.com/verficha.php?ficha=25>.

“Forest of Flowers and People: Lost, Immersed and Reborn” TeamLab, accedido el 10 de junio de 2018, <https://www.teamlab.art/w/flowerforest/>.

Geoenciclopedia. “Definición de incendio forestal”, accedido el 3 de julio de 2018, <http://www.geoenciclopedia.com/incendio-forestal/>.

“Germinación”. Boletín agrario, accedido el 16 de agosto de 2018,  
<https://boletinagrario.com/ap-6.germinacion,441.html>.

Greenpeace. “Incendios Forestales. ¿Qué perdemos?”, accedido el 10 de julio de 2018,  
<http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/incendios-forestales-que-per.pdf>.

“Hacedores. Aprende haciendo”, accedido el 16 de agosto de 2018,  
<https://hacedores.com/movimientomaker/>.

“Impactos ambientales de la reforestación”, accedido el 15 de julio de 2018,  
[https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos\\_ambientales/Reforestaci%C3%B3n](https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Reforestaci%C3%B3n)

Loureiro, Javier. “Guía sencilla para identificar qué tipo de motor paso a paso tienes” en Staticboards (blog), accedido el 12 de julio de 2018,  
[https://www.staticboards.es/blog/motores-paso-paso/#Guia\\_sencilla\\_para\\_identificar\\_que\\_tipo\\_de\\_motor\\_paso\\_a\\_paso\\_tienes](https://www.staticboards.es/blog/motores-paso-paso/#Guia_sencilla_para_identificar_que_tipo_de_motor_paso_a_paso_tienes)

“Mar Menor Lab”, accedido el 23 de agosto de 2018,  
<http://www.marmenorlab.org/>.

Olivarría. “Un árbol por cada niño” en Está bueno (blog), accedido el 8 de agosto de 2018, <http://www.estabueno.com.ar/un-arbol-por-cada-nino/>.

“Pipilantri: el pueblo de la India que planta 111 árboles por cada niña que nace” en Videostory, accedido el 9 de agosto de 2018,  
<http://m.videostory.bles.com/historias/piplantri-el-pueblo-de-india-que-plant-a-111-arboles-por-cada-nina-que-nace.html>.

Plantas en microgravedad simulada. “Técnicas de siembra en agar para seguimiento del crecimiento vegetal”, accedido el 20 de junio de 2018,  
<https://plantasenmicrogravedad.wordpress.com/2014/04/29/tecnicas-de-siembra-en-agar-para-seguimiento-del-crecimiento-vegetal/>.

“Plantas Nómadas”, Gilberto Esparza, accedido el 3 de agosto de 2018,  
<http://plantasnomadas.com/>.

“Processing”, The Processing Foundation, accedido el 17 de agosto de 2018, <https://processing.org/>.

Red de áreas protegidas de Castilla-La Mancha. “Microreserva Peñas Coloradas. Áreas protegidas de Castilla-La Mancha”, accedido el 21 de julio de 2018, <http://areasprotegidas.castillalamancha.es/rap/enp-microreserva/penas-coloradas>.

Red de áreas protegidas de Castilla-La Mancha. “Parque Natural Los Calares del Mundo y de la Sima. Áreas protegidas de Castilla-La Mancha”, accedido el 21 de julio de 2018, <http://areasprotegidas.castillalamancha.es/rap/espacios-naturales-protegidos/enp-parque-natural/parque-natural-calares-del-mundo-y-de-la-sima>.

“Robert Smithson”, accedido el 24 de mayo de 2018, <https://www.robertsmithson.com/earthworks/ew.htm>.

Semillas Silvestres. “Pinus halepensis Miller”, accedido el 25 de mayo de 2018, <http://www.semillassilvestres.com/gimnospermas/1156/pinus-halepensis-miller/>.

“The Green Belt Movement”, accedido 19 diciembre 2017, <http://www.greenbeltmovement.org/>.

“The Harrison Studio”, accedido el 3 de mayo de 2018, <http://theharrisonstudio.net/>.

“The Wilderness Downtown”, accedido el 17 de junio de 2018, <http://www.thewildernessdowntown.com/>.

“This Exquisite Forest”, Chris Milk y Aaron Koblin, accedido el 15 de agosto de 2018, <http://www.exquisiteforest.com/>.

Van den Heuvel, Arnoud. “Playing with Dry Water” en Next nature (blog), accedido el 3 de mayo de 2018, <https://www.nextnature.net/2008/07/dry-water/>.

“Wangari Maathai Foundation”, accedido 19 diciembre 2017, <http://wangerimaathai.org/>.

WikiHow. “Cómo cultivar pinos”, accedido el 17 de junio de 2018, <https://es.wikihow.com/cultivar-pinos>.

World Wildlife Fund: WWF España. “Contra el fuego: prevención”, accedido el 6 de julio de 2018, [https://www.wwf.es/nuestro\\_trabajo\\_bosques/incendios\\_forestales/](https://www.wwf.es/nuestro_trabajo_bosques/incendios_forestales/).

**Referencias audiovisuales:**

*Baraka* [DVD] dirigida por Ron Fricke. EEUU: Magidson Films, 1992. (96min.): son, col.

*La huella ecológica del hombre*. National Geographic. EEUU, 2007. (47 min.): son, col. <https://www.youtube.com/watch?v=mQeFxSHme8w>.

*Terra* [DVD] dirigido por Yann Arthus-Bertrand y Michael Pitiot. Francia: Hope Production / Calt Production, 2015. (97 min.): son, col.

*Waterboard*. Mike Burton. 2007. (3 min.): son, col. <https://www.youtube.com/watch?v=T1K-dTMpkRo>.

## Índice de imágenes

Fig. 1: *Hoja de ceniza que llegó a casa* (2017).

Fig. 2: Gráfica del incendio de Yeste y Molinicos de 2017.

Fig. 3: Mapa que refleja las zonas de severidad del incendio.

Fig. 4: Superficie afectada por estratos conforme información del Tercer Inventario Nacional Forestal.

Fig. 5: Albarrada mediante apeo de biomasa.

Fig. 6: Madera afectada por plaga de escolítidos.

Fig. 7: Mujeres de Chipko Movement protegiendo los árboles de los madereros.

Fig. 8: *Forest for Australia* (1998) Agnes Denes.

Fig. 9: *7000 Robles* (1982-87) Joseph Beuys.

Fig.10: *Turing Tables. An Untitled Composition for Tectonic Spaces* (2003-7) Franz John en la exposición *Ecomedia* celebrada en la Sala Parpalló de Valencia en el año 2009.

Fig.11: Mapa conceptual *Reset Mar Menor* (2018).

Fig.12: Placa de Petri con agar y semillas germinando en cámara de humedad en el IBMC de la UPV.

Fig.13: *Gelidium almansii*, Huang Su-fang Taiwan (1997), National Taiwan Museum.

Fig.14: *Future Flora* (2018) Giulia Tomasello.

Fig.15: Agar agar en tiras.

Fig.16: Semillas de berros, rabanitos y lentejas en agar.

Fig.17: Semillas de lentejas en varios estados de germinación en agar.

Fig.18: Semillas de lentejas germinadas en agar con retroproyección, Prototipo 1.0.

Fig.19: semillas aladas y semillas simples de pino carrasco.

Fig. 20: Semillas de pino carrasco en proceso de germinación en agar.

Fig. 21: *Living Digital Forest* (2017) Team Lab.

Fig. 22: Mapa conceptual que orientó el Prototipo 1.0.

Fig. 23: *Telegarden* (1994) Ken Goldberg.

Fig. 24: Diagrama de flujo de interacción del Prototipo 1.0.

Fig. 25: *Sintetic Performance* (2007) Eva y Franco Mattes.

Fig.26: Capturas de pantallas 1 y 2 de la App.

Fig.27: Capturas de pantalla 3 y 4 de la App.

Fig. 28: *Translator II: Grower* (2004-05) Sabrina Raaf.

Fig. 29: Estructura de madera Prototipo1.0.

Fig.30: Bocetos de la estructura.

Fig.31: Bocetos del sistema de poleas y motores.

Fig.32: Muestra del modelado de las piezas 3D con el software OnShape.

Fig.33: Impresiones en 3D.

Fig.34: Prototipo1.0.

Fig.35: Prototipo1.0.

Fig.36: Detalles Prototipo1.0.

Fig.37: Motor Shield v1.

Fig.38: Esquema de conexiones de cableado de los motores a la Motor Shield.

Fig.39: Componentes conectados a la Motor Shield y Arduino: 2 motores paso a paso con poleas dentadas y un servomotor.

Fig.40: Servomotor unido al pulsador del envase.

Fig.41: Fotograma 01:33 del vídeo documental de la instalación.

Fig.42: Capturas de pantalla <http://www.thewildernessdowntown.com/>.

Fig.43: Diagrama de flujo de interacción del Prototipo 2.0.

Fig.44: *Mountain* (2014) David O'Reilly.

Fig.45: Bocetos de los vídeos e imagen de la interfaz gráfica.

Fig.46: Boceto de la instalación del dispositivo.

Fig.47: Vista de la interfaz gráfica de usuario.

Fig.48: Mosaico creado por *JlIer* (2016) Prokop Bartoníček y Benjamin Maus.

Fig.49: *FarmBot*: Diagrama de flujo y vista desde un plano cenital del dispositivo.

Fig.50: Posibles materiales y sistema de fijación para la pantalla de retro proyección.

Fig. 51: Bocetos del posible diseño de la estructura.

Fig.52: Captura de pantalla del software Blender con dos modelados en 3D.

Fig.53: Bocetos, capturas de pantalla de los softwares Blender y Cura e imágenes del proceso de impresión y de las piezas en 3D terminadas.

Fig.54: Topes de profundidad de 8mm.

Fig.55: Eje Y: Pieza para incrustación de rodamientos lineales que desplazan el eje X y sujeción de polea con rodamiento para el movimiento de la correa dentada.

Fig.56: Eje Y: Pieza para sujeción de uno de los motores paso a paso e incrustación de rodamientos lineales que desplazan el eje X.

Fig.57: Eje Y: Soporte para bomba de vacío, rodamientos lineales que desplazan el eje Y y sujeción de correa dentada.

Fig.58: Eje X: Ensamblaje de tres piezas para la sujeción de dos ejes de apoyo horizontales, un eje vertical y uno de los motores paso a paso.

Fig.59: Correa dentada GT2 y poleas dentadas.

Fig.60: Sistema de sujeción de correa dentada.

Fig.61: Rodamiento lineal y polea formada por un rodamiento de bolas 623zz y piezas impresas en 3D.

Fig.62: Piezas de ensamblaje de ejes horizontales y verticales rediseñadas para incrustar rodamientos de bolas de 8mm.

Fig.63: *Planta Nómada* (2010) Gilberto Esparza.

Fig.64: Arduino Uno con CNC Shield v3 y controladores para motores paso a paso.

Fig.65: Bomba de vacío de 12V y ventosa de caucho.

Fig.66: Esquema de conexión de bomba de vacío con Arduino.

Fig.67: *WaterBoard* (2007) Mark Burton.

Fig.68: Simulación en 3D de la idea inicial.

Fig.69: Esquemas planta y perfil de la instalación.

Fig.70: Diagrama de la ubicación de los distintos elementos que componen el dispositivo físico.



**ANEXO**

## Código de Processing del Prototipo 1.0.

```
app2
1 import processing.serial.*;
2 import cc.arduino.*;
3
4 Serial miPuerto;
5 PImage espacio;
6 int xpos, ypos;
7
8 void setup () {
9   size(942,662);
10  espacio = loadImage("if2123.jpg");
11  image(espacio,0,0);
12
13  println(Serial.list());
14  //println(Arduino.list());
15  String portName = Serial.list()[4];
16  miPuerto = new Serial(this, portName, 9600);
17  miPuerto.bufferUntil('\n');
18  smooth();
19 }
20
21 void draw(){
22 }
23
24 void mousePressed(){
25   dibujaPixel(12);
26   xpos=mouseX;
27   ypos=mouseY;
28   String outString= str(xpos) + "," + str(ypos) + '\n';
29   miPuerto.write(outString);
30   //println(mouseX+","+mouseY);
31   println(outString);
32 }
33
34 void dibujaPixel(int tam){
35   fill(random(0),random(255),random(255),random(255));
36   rect(mouseX, mouseY, tam, tam);
37 }
38
39
```

Consola Errores

## Código de Arduino del Prototipo 1.0.

```
otro 5

#include <Servo.h>
#include <AccelStepper.h>
#include <AFMotor.h>

AF_Stepper motor1(200, 1);
AF_Stepper motor2(200, 2);
Servo servomotor;

String linea;
int posX = 0;
int posY = 0;
int pos = 0;

void forwardstep1() {
  motor1.onestep(FORWARD, SINGLE);
}
void backwardstep1() {
  motor1.onestep(BACKWARD, SINGLE);
}
// wrappers for the second motor!
void forwardstep2() {
  motor2.onestep(FORWARD, SINGLE);
}
void backwardstep2() {
  motor2.onestep(BACKWARD, SINGLE);
}

AccelStepper stepper1(forwardstep1, backwardstep1);
AccelStepper stepper2(forwardstep2, backwardstep2);

void setup()
{
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);

  servomotor.attach(9);

  stepper1.setMaxSpeed(40.0);
  stepper1.setAcceleration(20.0);
  //stepper1.setSpeed(20);

  stepper2.setMaxSpeed(50.0);
  stepper2.setAcceleration(30.0);
}

boolean pendiente = false;
int i = 1;

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) {
    linea = Serial.readStringUntil('\n');
    int coma = linea.indexOf(",");
    posX = linea.substring(0, coma).toInt();
    posY = linea.substring(coma + 1).toInt();
    //Serial.println(posX);
    //Serial.println(posY);
    while (Serial.read() != -1);
    stepper1.moveTo(posX + 200);
    stepper2.moveTo(posY + 200);
    pendiente = true;
  }

  stepper1.run();
  stepper2.run();

  if (stepper1.distanceToGo() == 0 && stepper2.distanceToGo() == 0 && pendiente)
  {
    Serial.println("OK");
    pendiente = false;

    for (pos = 90; pos >= 0; pos -= 1) {
      servomotor.write(pos);
      delay(10);
    }
    for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
      // in steps of 1 degree
      servomotor.write(pos);
      delay(0);
    }
  }
}
}
```

23 Arduino/Genuino Uno en /dev/cu.usbmodem1421

## Código de Processing del Prototipo 2.0.

```
videoYmapeo
1 import processing.serial.*;
2 import cc.arduino.*;
3 import processing.video.*;
4 Movie movie1; //bosque
5 Movie movie2; //context.geográfica
6 PImage espacio;
7 Serial miPuerto;
8 int xpos, ypos, xposnegativo, yposnegativo;
9 //boolean pixel = false;
10 void setup () {
11   size(1280,720);
12   movie1 = new Movie(this, "02.mp4");
13   movie2 = new Movie(this, "09.mp4");
14   movie1.play();
15   espacio = loadImage("mapal.jpg");
16
17   println(Serial.list());
18   //println(Arduino.list());
19   String portName = Serial.list()[9];
20   miPuerto = new Serial(this, portName, 115200);
21   miPuerto.bufferUntil('\n');
22   smooth();
23 }
24
25 void draw() {
26   image(movie1,0,0,width, height); //tamaño videos
27   image(movie2,0,0,width, height);
28   movie1.loop();
29
30   if (movie2.available()) {
31     movie2.read();
32   }
33   image(movie2, 0, 0);
34   // Draws a line on the screen
35   // when the movie half-finished
36   float md = movie2.duration();
37   float mt = movie2.time();
38   if (mt > md/1.01) {
39     //line(0, 0, width, height);
40     image(espacio,0,0);
41     //dibujaPixel(12);
42   }
43
44 void mouseMoved() {
45   movie1.stop();
46   movie2.play();
47   movie2.noLoop();
48 }
49 void movieEvent(Movie _mov) {
50   _mov.read();
51 }
52 void mousePressed() {
53   dibujaPixel(12);
54   xpos=mouseX/4;
55   ypos=mouseY/6;
56   xposnegativo=mouseX/20;
57   yposnegativo=mouseY/20;
58   //pixel=true;
59   String bombasemilla= "M3S2000" + '\n'; //bomba vacio ON
60   miPuerto.write(bombasemilla);
61   println(bombasemilla);
62   delay(5000);
63   //Al principio,siempre especificar velocidad con F (F2000)
64   //instrucciones GCode G1YpasosXpasos (G1Y50X100) o con la vel G1F2000Y70X123
65   String outStringA= "G1F1000Y" + str(ypos) + '\n';
66   miPuerto.write(outStringA); //coordenadas seleccionadas
67   println(outStringA);
68   String outStringB= "G1F1000X" + str(xpos) + '\n';
69   miPuerto.write(outStringB);
70   println(outStringB);
71   delay(10000); //tiempo real desde que comienza el movimiento ejesXY
72
73   /* String outString3= "G4P5.500" + '\n'; //supuesta pausa grbl, no actúa!
74   delay(5000);
75   miPuerto.write(outString3);
76   println(outString3); */
77
78   String bombasemillaout= "M5" + '\n'; //bomba vacio Off
79   miPuerto.write(bombasemillaout);
80   println(bombasemillaout);
81
82
83   /*String outString2= "G1F1000Y" + "-" + str(ypos) + "X" + "-" + str (xpos)+ '\n';
84   miPuerto.write(outString2); //vuelve a posición 0,0
85   println(outString2); */
86   String outString2= "G1F1000X" + "-" + str(xposnegativo) + '\n';
87   miPuerto.write(outString2); //vuelve a posición 0,0
88   println(outString2);
89   String outString3= "G1F1000Y" + "-" + str (yposnegativo) + '\n';
90   miPuerto.write(outString3); //vuelve a posición 0,0
91   println(outString3);
92 }
93
94 void dibujaPixel(int tam) {
95   //if (pixel=true) {
96   fill(0,random(255),0,155);
97   noStroke();
98   ellipse(mouseX, mouseY, tam, tam);
99 }
100 }
101
```

You are running Processing revision 0257, the latest build is 0264.

Consola Errores