



Universidad Nacional de Quilmes

1. Título: **“Diseño e implementación de interfaz para sensado espacial”**.
2. Autor: **Fernando Ariel Mastrasso**.
3. Dirección electrónica: fmastrasso@gmail.com
4. Formación de grado y/o posgrado en curso: **Lic. En Música y Tecnología**.
5. De corresponder, tipo de beca: **Beca 2015 de “Formación en docencia e iniciación a la investigación”**.
6. De corresponder, tema de la tesis en preparación: **Diseño de interfaz interactiva y Arte Sonoro**.
7. Director de la beca y/o de la tesis: **Martin Matus**.
8. Denominación del programa o proyecto en cuyo marco se inscribe la beca y/o la tesis y director del mismo: **“Desarrollos Tecnológicos Digitales Aplicados al Arte”**.
9. De corresponder, denominación del agrupamiento (instituto, centro, unidad de investigación, observatorio o laboratorio) en cuyo marco se inscribe la beca y/o la tesis y director del mismo: **Escuela Universitaria de Artes**.

Introducción:

En el presente trabajo se citan a algunos referentes del “Arte Sonoro e interactivo”. Dentro del gran abanico que nos ofrece el arte sonoro e interactivo, se mencionan algunas obras de interés y se profundiza en las que se consideran de mayor relevancia y vinculación con el presente trabajo.

Las obras seleccionadas en las que se pone énfasis son aquellas en las que se desarrollaron interfaces físicas electrónicas e interactivas de sensado espacial, en donde el espectador tiene un rol determinante para la generación de la obra, ya que las diferentes interfaces tienen distintos modos y grados de interactividad entre la misma y los espectadores. Algunas sensan presencia, movimiento, superficie ocupada, etc. respectivamente.

Se realizan entrevistas a algunos autores vinculados al área del arte sonoro y la Universidad Nacional de Quilmes, en ellas se obtuvo mayor información sobre sus obras.

Se estudiaron aquellos sensores en profundidad, que por sus características se estimo que podían ser útiles para llevar a cabo mi futura tesis, la propuesta de la obra de arte sonoro e interactivo que dejo planteada en este trabajo.

Por ultimo se diseño, construyó una interfaz física, electrónica e interactiva para incluirla en mi futura tesis, con el plan de la instalación / obra de arte sonoro e interactivo aquí mencionada y llamada “Cerebro 1.0”.

1. Arte sonoro e interactivo

1.1. Definiciones

Manuel Rocha caracteriza al arte sonoro como

un concepto artificial que surge como una necesidad de definir todo lo que no cabe dentro del concepto música. (...) Arte sonoro tiene que ver en general con obras artísticas que utilizan el sonido como vehículo principal de expresión, que lo convierten en su columna vertebral. La mayor parte de estas obras son de carácter intermedia, es decir, que utilizan distintos lenguajes artísticos que se entrecruzan e interactúan dándole

una dimensión temporal a la experiencia plástica (en el caso de obras sonoro visuales) (...) (Rocha, N.N)¹.

Es decir, el arte sonoro es un campo amplio relacionado con las artes visuales, que incluye la escultura sonora, la instalación sonora, y otras manifestaciones.

Por su parte, el arte interactivo hace referencia a prácticas artísticas en las cuales participa el espectador de modo directo en la realización de la obra, como receptor e intérprete. Joshua Noble define a la interactividad como

El intercambio de información entre dos o más participantes activos. (...) En general, cuando estamos hablando de la interacción, hay algún elemento de control al que una persona está tratando de llegar para hacer algo. (...) La persona para la que se está diseñando el equipo o sistema mecánico se llama usuario, y lo que el usuario está utilizando se llama el sistema. Hay muchos términos diferentes que flotan alrededor de la actualidad, como la interacción persona-ordenador, la interacción ordenador-persona, o el diseño de la experiencia (Noble, 2009).

Algunos ejemplos permiten al espectador caminar sobre la obra o alrededor de ella. Otras incluyen diversas interfaces de sensado, interactuando con el movimiento, distancia, sonido y más en instalaciones interactivas.

Las interfaces van a depender siempre de los usuarios, la tarea y el contexto en el que la interacción se lleve a cabo.

Noble habla de la interacción basada en el movimiento del espectador como

una de las experiencias que más inmediatamente satisfacen a crear para un usuario o espectador. (...) Se puede utilizar la detección de movimiento de una manera ambiental, no ser evidente para el usuario, o se puede usar más como un control para indicar al ordenador. La diferencia entre ser aparente u oculta para el usuario está determinada por la colocación y la evidencia del control (...). (Noble, 2009).

¹ Para una discusión sobre la dificultad de categorizar algunos géneros y obras ver: (Rocha, "Que es el arte sonoro?").

² Para conocer artistas que hicieron esculturas y objetos sonoros, como así también artistas que dedicaron gran parte de su obra al arte sonoro ver: (Rocha, "El arte sonoro, hacia una nueva disciplina?").

³ Ambos escritos pueden encontrarlos en la web de Manuel Rocha Iturbide. <<http://artesonoro.net>>

El arte sonoro interactivo vuelve a cambiar el modo de escucha de sus espectadores haciéndolos interactuar con ellas, el espacio que la misma ocupa y su contexto, con lo cual están obligados a ser espectadores activos, no existe la posibilidad en la que un espectador se siente en una silla a escuchar una obra de arte sonoro interactivo. Y es el mismo quien no solo escucha de modo activo sino que debe descubrir los sonidos, tocando la obra.

Manuel Rocha Iturbide habla sobre la relación entre la obra, el espacio que abarca y el público:

Existe una interacción natural que se da entre el público y la obra en el espacio. (...) la presencia del elemento sonoro en una instalación puede producir una permanencia mayor del público en el sitio que alberga la obra, ya que el sonido tiene un carácter temporal, y el desarrollo de esta temporalidad obligará al receptor a esperar, a escuchar, y a estar atento a los cambios graduales o súbitos que se producen entre el sonido y el espacio (...). (Rocha, N.N).

En relación a las estéticas de las obras, deben poder manifestarse tanto si pasamos delante y/o a través de ella unos instantes, o varios minutos. El uso de las herramientas informáticas y tecnológicas para la generación de una instalación sonora nos pide naturalmente una estética de carácter abierto.

1.2. Análisis de casos de referencia.

1.2.1. “Ocupación invisible” de Buenos Aires Sonora.

Ocupación invisible es una instalación sonora interactiva realizada por el grupo Buenos Aires Sonora en el marco de la muestra colectiva Post-it City²:

El concepto de post-itcity designa distintas ocupaciones temporales del espacio público, ya sean de carácter comercial, lúdico, sexual o de cualquier otra índole, con la característica común de apenas dejar rastro y de auto-gestionar sus apariciones y desapariciones. Los fenómenos post-itcity ponen de relieve la realidad del territorio urbano como el lugar donde, de forma legítima, se solapan distintos usos y situaciones, en oposición a las crecientes presiones para homogeneizar el espacio público.

²La muestra se desarrolló originalmente en Buenos Aires, Argentina en el 2010 y tuvo una adaptación para su segunda presentación en Montevideo, Uruguay en el 2010.

Ocupación Invisible utiliza como material sonoro una gran cantidad de horas de registros de radios clandestinas, capturadas a lo largo de la ciudad de Buenos Aires. Ese material está organizado a partir de diferentes criterios propuestos por los integrantes del grupo.

En relación con la interactividad de la obra, Liut explica que:

Una vez logrado que el espectador, a partir de sus movimientos, interactúe con lo que la instalación propone, el espectador-intérprete se ve ante una problemática nueva: su propia destreza, concreta -física- ante la obra. (...) (Liut, 2010).

Chimenti, otro integrante de B.A.S., explica que el concepto de la instalación Ocupación Invisible plantea

una reflexión sobre la situación de las llamadas radios “clandestinas” que hay en la ciudad de Buenos Aires. El espectador es en sí mismo un dial que se mueve por el espacio radioeléctrico porteño, representado por un espacio vacío con sensores y parlantes ubicados en el techo (...). (Chimenti, 2010).

La obra posibilita que se pueda escuchar ciertos fragmentos de radios de manera puntual cuando es una sola persona quien recorre el espacio intervenido pero en cambio si son varias personas las que interactúan en el espacio, se generan diversos tipos de montajes sonoros en tiempo real generando diferentes polifonías.

Para la funcionalidad de la obra, se llevo a cabo un desarrollo en el software de Arduino al programar los códigos para el funcionamiento del sensado, la electrónica y los sensores pero además se hizo un trabajo de programación sobre Pure Data que a nivel sonoro permitía realizar interferencias entre las grabaciones, intermodulaciones, así cuando las personas se aproximaban se escuchaba intervenida y al separarse se escucharan más limpias. El modo en que se alteraban mutuamente estaba regido por un algoritmo, que en este caso tenía en cuenta el estado de presencia de zonas circundantes para determinar la condición sonora de una zona en particular.

Por otra parte como el grupo Buenos Aires Sonora desarrollo varias obras de arte sonoro para sitios específicos, Esteban Calcagno observa:

“En la obra *Ocupación Invisible* estrenada en el año 2010 (...) “se trabajó con una grilla de sensores que podían seguir el movimiento de los espectadores que circularan por allí”. Estos sensores de movimiento, estaban ubicados en el techo de la instalación y disparaban una serie de archivos de audio, tomados de radios ilegales de Buenos Aires. “Lo interesante de este proceso fue la emulación directa del dial de una radio, pero en este caso la sintonización se realizaba con todo el cuerpo y además dependiendo del espacio que se estaba cubriendo” (Calcagno, 2010).

En esta obra la agrupación Buenos Aires Sonora utilizaron Arduino para el diseño de la interfaz en software y hardware conectado a dos tipos de sensores, por un lado para lo que ellos llamaron la sintonía gruesa usaron sensores de movimiento conocidos como sensores PIR, los cuales son sensores digitales a los que se los puede calibrar para sentir si hay movimiento o no hasta una cierta distancia que dependerá del modelo del sensor utilizado, dicho de otro modo el sensor no envía ninguna señal hasta que se lo activa mediante la presencia humana y después de un tiempo determinado el mismo se apaga incluso si la persona está delante de él, quieta, solo se activa cuando hay cambios en el movimiento. En cambio para la sintonía fina utilizaron los sensores de distancia infrarrojos, comúnmente conocidos como Sharp, estos últimos sensores son investigados en este trabajo de investigación y más adelante se amplía más de ellos. A diferencia de los primeros estos son sensores analógicos, realizan una medición de manera continua, por las características de este sensor es necesario calibrarlo mediante el diseño de un filtrado analógico y el desarrollo del código de programación para realizar promedios de medición y de esa manera eliminar el ruido del sensor.

1.2.2. “Huerta Hipermedial” y “Topografías Sonoras” de Fabián Sguiglia.

Huerta Hipermedial, fue la segunda Instalación sonora interactiva presentada por Sguiglia donde trabajó con el sensor de la Kinect, pero esta vez es para una sola persona y con auriculares inalámbricos. En este caso, puntualmente para la segunda versión de la obra utilizaron dos Kinect para realizar el sensado. Una de ellas que sentaba la ubicación del espectador y generaba diferentes paisajes sonoros que partieron de grabaciones de campo, realizadas en la selva amazónica, eran fragmentos de aproximadamente un minuto que estaban previamente espacializados y mutaban de acuerdo a de donde se estuviera mirando a la Huerta. Para entender la parte más fina del trabajo, antes hay que saber que la Huerta era un espiral con plantas, efectivamente

estaba todo el tiempo circulando agua y las plantas vivían en base a eso, entonces esta segunda Kinect sentaba cuando el espectador efectivamente tocaba a las plantas de la Huerta misma, que dependiendo en donde la tocaba se generaban diferentes materiales sonoros pero además por mas que repita la acción tenía un juego de impredecibilidad para que no se lo aprenda a tocar como un instrumento si no mas bien de llenarla de sentido de vida, logrando que un mismo gesto genere diferentes materiales ya que estaban previamente categorizados al haber sido grabados alrededor de 200 pequeños fragmentos para esta parte interactiva de la obra. Además La huerta constaba de diferentes especies de plantas y efectos de luces que interactuaban rítmicamente con las acciones del espectador vinculando la velocidad a la que la huerta le respondía. En resumen la Huerta Hipermedial articula una huerta hidropónica automatizada con una obra sonora que se construye en tiempo real a partir de los movimientos de un espectador. (Sguiglia, 2014).

Topografías Sonoras, fue un híbrido entre instalación y objeto sonoro interactivo. La obra representa, a través de piezas con diferentes texturas, distintos comportamientos sonoros. Las diferentes texturas, depende de cómo se las recorriera con el dedo, la pieza que se estuviera tocando y la velocidad con la que se lo haga, cambiaba el sonido. El sonido de la instalación, pretende imitar la sensación táctil del roce de los dedos contra las piezas, el cual fue desarrollado realizando montajes con fuentes acústicas procesadas.

El sensado en la obra se realiza a través del sensor Leap Motion, que captura los movimientos de las manos de un espectador y envía los datos adquiridos al software de código abierto, "Pure Data", en este caso cada pieza con su textura, tenían sonidos predeterminados. (Sguiglia, 2015).

1.2.3. Otras obras.³

³ Otras obras interactivas de interes son:

"Reactive Sound & Light Art Installation". <<https://www.youtube.com/watch?v=MHCevkoe7HA>>.

"Sonnice Tennis". <<https://www.youtube.com/watch?v=IQUy436XQM4>>.

"Who made who" <<https://www.youtube.com/watch?v=55r6MuWc-gA>>.

"Reconfigurable House." <<http://www.haque.co.uk/reconfigurablehouse.php>>.

"The Trace". <http://www.lozano-hemmer.com/the_trace.php>.

"Apparition". <<http://www.exile.at/apparition/>>.

En la obra *Random Access Music* (1963) de Nam June Paik se exponían unas cintas magnéticas de audio y los espectadores podían hacerlas sonar a gusto con los cabezales de los radiograbadores. En esa misma muestra también se exponía una escultura con un par de discos de vinilo, los cuales podían hacerlos sonar a través de una púa, pudiendo alternar entre los mismos.

Otro referente del arte interactivo es el artista mexicano Rafael Lozano Hemmer. En sus obras es fundamental la interactividad del público, para lo cual desarrolla una gran variedad de interfaces específicas. En la obra *Frequency and volume* (2003) permite a los participantes sintonizar y escuchar diferentes frecuencias de radio mediante el uso de sus propios cuerpos. Un sistema de seguimiento computarizado detecta sombras de los participantes, que se proyectan en una pared de la sala de exposiciones, estas escanean las ondas de radio con su presencia y posición, mientras que su tamaño controla el volumen de la señal. Permitiendo hasta 48 frecuencias simultáneas controladas por los movimientos de las personas. (Lozano-Hemmer, 2003).

Para la obra “Ahora” Hernan Kerlleñevich, Mene Savasta Alsina, Pablo Riera diseñaron una superficie hipertemporal, un entorno para mapear el tiempo y espacio, de forma tal que aquellos sonidos que tenían temporalidad y movimiento ahora estaban fijos en el espacio. Ellos profundizan sobre el concepto de la superficie hipertemporal:

Sólo al recorrer ese espacio es posible conocer la temporalidad inmanente de cada sonido. Lo que suena en la instalación son materiales que compusimos con Operadora. A diferencia de una canción tradicional en la que la composición se trata de crear una forma en el tiempo, en este caso dispusimos sonidos en el espacio y es el espectador quien proporciona temporalidad. (Kerlleñevich, N.N).

Ahora es una canción interactiva, compuesta e instalada en la Superficie Hipertemporal. Sus sonidos habilitan las múltiples dimensiones temporales que, solapadas, constituyen este entorno aural aumentado. Quien lo recorre evoca de un modo particular los tiempos potenciales de la composición, reescribiendo cada vez la canción.

En cuanto al concepto de la obra ellos nos explican como piensan los sonidos:

Como si fueran esculturas, sólidos temporales, cada instante de su duración original está anclado a una coordenada espacial específica. Sólo al recorrer ese espacio es posible conocer la temporalidad inmanente de cada sonido. Sólo quien transita la Superficie es capaz de develar con la escucha, la morfología espacial de esos sonidos que, silenciosos e invisibles, aguardan ser percibidos para volver a sonar. La distribución de los sonidos en el espacio configura las posibilidades de ser de la pieza musical interactiva. Porque moverse en el espacio de la Superficie es moverse en el tiempo. (Kerlleñevich, N.N).

La respuesta de la interfaz al movimiento de los espectadores termina siendo que si un espectador se queda quieto dentro del área de sensado, produce que un instante de esos sonidos se manifieste en el parlante, en cambio, si el espectador se mueve, los sonidos se desarrollan según su movimiento en la dirección y velocidad que ellos propongan. Por último reflexionan sobre la relación del tiempo y el espacio a partir de la idea de que todos los tiempos pueden coexistir siempre y en simultáneo en un mismo plano, dándole al espectador la posibilidad de darle un orden y sentido.

En cuanto al desarrollo de la interfaz y su relación con el audio, el sensado lo realizan con dos Kinects que observan el espacio desde arriba, sensado la presencia y actividad de los espectadores alrededor del parlante ubicado en el centro del área de sensado. El software desarrollado por ellos en pure data recibe las posiciones de las personas, permitiendo que varios espectadores puedan acceder a diferentes instantes del sonido de manera simultánea, mapeando cada posición espacial a una posición temporal con curvas de volumen y zonas de interacción configurables. Así es como los espectadores hacen sonar momentos del audio pre-cargado.

Tela Sonora es una Instalación sonora e interactiva su inauguración fue en el Centro Hispano Colombiano y se presentó en la muestra In-Sonora IV por el Colectivo en Construcción, (grupo francés, www.collention.canalblog.com) que nace en Estrasburgo-Francia en Mayo del 2007. Surge del encuentro entre tres artistas Italo Panfichi, Younes Baba-Ali y Joël Curtz.

Su proyecto tiende a cuestionar la relación entre el espectador y la obra de arte. La frontera entre las artes plásticas, el sonido, la performance y el teatro es otra de sus inquietudes. Para este proyecto su deseo ha sido el de trabajar una tela como una ventana abierta a sensaciones sonoras y espaciales. Para sentir el cuadro el espectador debe tocarlo. Una relación de sensualidad se establece, entonces, entre ambos.

Tela sonora esta equipada de micro contactos, sensores piezoeléctricos. Por lo que al tocar la tela, una vibración es captada por el micrófono y transmitida al ordenador. La vibración crea un sonido que será modulado por un software para producir nuevos sonidos, diferentes en función del lugar y la sensibilidad del roce. Las bailarinas para la performance fueron Teresa Acevedo mas invitadas.

2. Diseño de Interfaz para sensado espacial.

El presente trabajo de investigación abarca el diseño de una interfaz que será implementada como parte de una obra interactiva de arte sonoro. Es la primera etapa de una instalación sonora, cuya generación de sonido estará basada en la detección de parámetros físicos de presencia y distancia del espectador.

Se investigo una serie de sensores para indagar sobre los modos de sensar un espacio físico y la interacción del publico con el mismo. La idea es diseñar y armar una interfaz física electrónica e interactiva que a través del sensado espacial el publico se convierta en interprete, de forma tal que la interfaz interactúe con las personas quienes entienden y conocen de la tecnología software y hardware aplicados en la misma, como también con aquellas personas que transiten casualmente de paso en el espacio intervenido por los sensores de la interfaz física electrónica e interactiva.

Respecto al sensado se trabajo con los sensores que por sus características me permiten sensar espacio y movimiento para poder interactuar, con lo cual la investigación trata de hacer un relevo de los sensores que podrían utilizarse y enfocarnos en aquellos sensores que se puedan conseguir en el mercado local y a bajo presupuesto.

2.1. Sensores Estudiados.

Se trabajo con distintos tipos de sensores y, en cada uno de los casos se detectaron los errores a fin de minimizar los mismos y optimizar la potencialidad del trabajo.

La evaluación de distintos tipos de sensores permitió y condiciono la posterior programación en el lenguaje de Arduino que posibilito la elección del sensor adecuado para construir la interfaz física electrónica e interactiva.

Los sensores que se investigaron fueron:

- Sensor de distancia por infrarrojo (Modelo: GP2Y0A02YK0F).
- Sensor de distancia por ultrasonido (Modelo: HC-SR04).

Luego se centralizo la investigación en el funcionamiento de los sensores de distancia (tanto de ultrasonido como infrarrojo). La bibliografía encontrada se refiere a sensores similares, que hoy en día no se fabrican, por este motivo se perciben algunas diferencias.

Se tomaron esos sketches, las hojas de datos de los sensores a utilizar y se los adapto para que funcionen con los sensores existentes hoy día en el mercado.

2.1.1. Sensor de distancia por Infrarrojo.

El modelo conseguido: GP2Y0A02YK0F es un sensor de distancia por infrarrojo el cual su encapsulado tiene una combinación integrada de un detector sensitivo de posición (PSD), un Diodo emisor de infrarrojos (IRED) y una tarjeta procesadora de señales.

La diferencia en la reflectividad de los materiales, así como la temperatura de funcionamiento no afectan en gran medida la operación de este sensor debido al método usado de detección por triangulación, sin embargo en la hoja de datos dice que el receptor del sensor no puede estar expuesto directamente a la luz del sol, luces artificiales u objetos brillantes como metal, vidrio y aquellos de color blanco ya que la medición podría ser afectada, por eso se recomienda revisar la instalación del sensor a utilizar para no tener problemas.

Este dispositivo tiene como salida un voltaje analógico correspondiente a la distancia de detección. Este sensor también puede ser usado como un sensor de proximidad.

Para hacer las lecturas en cm hay que fijarse en el grafico que expresa los valores de voltaje y distancia en la hoja de datos.

La hoja de datos del sensor nos proporciona las siguientes características de este sensor, el cual posee un rango de medición de distancia que va desde 20 centímetros a 150 centímetros, una salida de tipo analógica, por lo para que funcione hay que conectarlo si o si a una entrada analógica del Arduino. Las dimensiones del encapsulado del sensor

que son 29.5×13×21.6 mm. El consumo de corriente de 33 miliampers (mA) y la alimentación del mismo para que funcione el sensor es de entre 4.5 a 5.5 Volts (V).

El valor analógico enviado desde el sensor al Arduino requiere modificaciones para poder ser leído correctamente.⁴ Para realizar la medición del parámetro sentido en centímetros, se requiere la realización de un cálculo matemático intermedio,⁵ del cual se comprobó el funcionamiento y la estabilidad de todas las formulas encontradas para transformar el valor (analógico, convertido a digital a través del Arduino) del sensor a centímetros, con la finalidad de evaluar las posibilidades del mismo. Para ver las formulas utilizadas en este sensor (Ver el anexo, con sus respectivos códigos de programación).

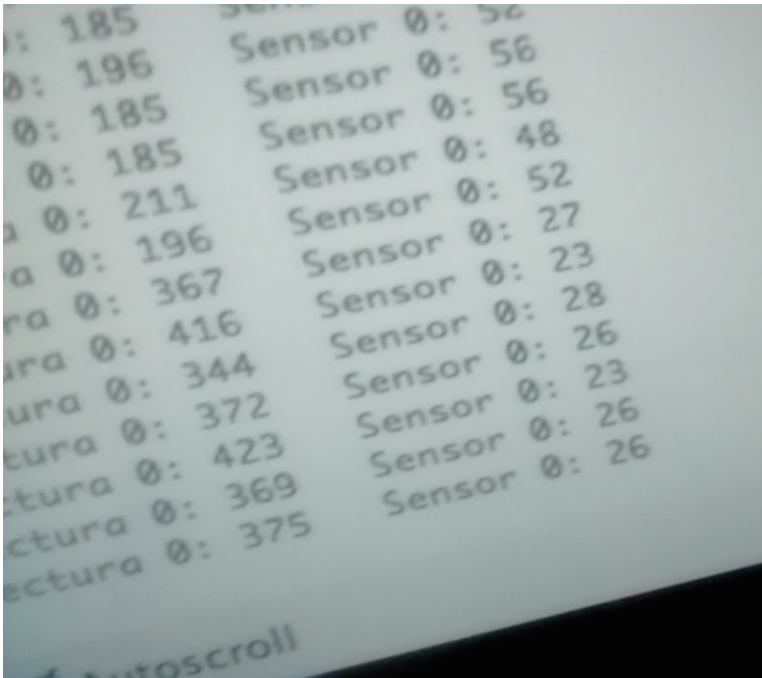
Según la hoja de datos del sensor GP2Y0A02YK0F , se requiere especial atención respecto a las condiciones de luminosidad a las que se exponga el receptor del sensor. En base a esto, fueron realizadas pruebas de interferir la medición utilizando una linterna de bajo consumo. Sin embargo, esto no demostró modificar la medición realizada.

Se evaluó la posibilidad de una apertura angular para la captación de la luz y realización del sensado y nos encontramos con que no tiene amplitud de forma vertical, ya que si movemos objetos o personas hacia arriba u abajo y nos salimos del “foco” del sensor, pierde la ubicación del mismo y nos da la devolución del sensado como si no hubiera ningún objeto/persona delante de el.

Imagen. Monitoreo en el software del Arduino. Mientras el objeto a sensar estaba a apenas 27 cm, al levantar el objeto el sensor enseguida lo perdió y detecto otro objeto mas lejano alrededor de los 50 centímetros. Ahí también puede verse la modulación que tiene este sensor en los valores que se reciben en el software de Arduino.

⁴El detalle sobre la conversión del valor analógico a centímetros se puede consultar en Margolis (2014).

⁵El calculo matemático se encontró en la web de Phidgets.
<http://www.phidgets.com/products.php?product_id=3522>

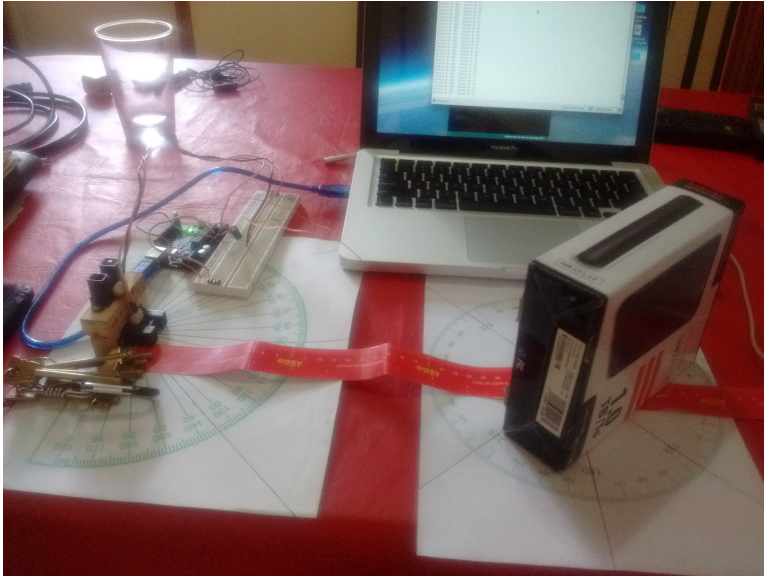


En cambio respecto a los grados de amplitud horizontal nos encontramos con una variante de acuerdo a la forma de pensarlo ya que en realidad no es una apertura angular de captación, sino mas bien un ancho de 6 cm en el haz de luz⁶ continuo que utiliza para realizar el sensado. esto lo pudimos averiguar a través de las pruebas realizadas donde ya se puede verificar que el sensado es muy puntual tanto a corta como larga distancia y lo verificamos al encontrar información un poco mas especifica entre la bibliografía, las hojas de datos de los sensores y paginas del exterior donde los vendedores proporcionan información mas puntual de cómo funciona el sensor.

Por otro lado también se evaluó el grado de inclinación en los objetos o sujetos a sensar, en los sensores de distancia por infrarrojos nos encontramos con una inclinación promedio en los 45 grados de inclinación, realizando una medición correcta. Si bien en los primeros 15 cm del rango del sensor el grado de inclinación puede ser considerablemente mayor (hasta los 70 grados).

Imagen. Realizando la prueba sobre los ángulos en los objetos a Sensor.

⁶El dato del ancho del haz de luz lo confirmamos en la web de Acroname.
<<https://acroname.com/products/SHARP-GP2Y0A02YK0F-IR-PACKAGE?sku=R144-GP2Y0A02YK>>



En cuanto al armado del circuito con este sensor se realizo la prueba de conectarlo directamente al positivo, gnd y la entrada analógica del Arduino, pero los valores eran muy cambiantes entonces luego se coloco la protoboard y se lo conecto allí, pero con una resistencia entre el pin positivo del sensor y la alimentación y además un capacitor electrolítico de 100 μf para filtrar algunos valores, si bien se estabilizo un poco la medición, ahora se filtraban algunos ceros en medio de la medición siendo que el objeto a sensar estaba quieto, este “ruido” en la impresión de los valores provenía de la protoboard ya que al conectar el pin de salida analógica del sensor de nuevo directo al Arduino se eliminaron estos ceros en la medición. Especificando un poco mas sobre la precisión del sensor y la velocidad del mismo, a medida que uno se va alejando, la medición en el sensado va perdiendo verosimilitud, la cual sumada al ruido propio del sensor termina haciendo las lecturas muy lentas para la aplicación deseada ya que para filtrar el ruido propio del sensor lo que se tiene que hacer es programar en el software de Arduino hacer un promedio de lecturas y que a través de un cierto numero de lecturas nos la devuelva como una única lectura, con lo cual la idea de poder realizar el sensado de forma constante, rápida y precisa, se esta viendo seriamente afectada por este sensor.

Se probó realizar la medición continua pero modificando el filtrado analógico que se recomienda en las hojas de datos. Se probó con un conductor en paralelo, con la resistencia del esquemático, solo con el conductor y solo con la resistencia. En los momentos de conexión genera un ruido lógico por el cambio del circuito pero mas alla de eso, no obtuve diferencias en la medición.

2.1.2. Sensor de distancia por Ultrasonido.

El tercer sensor investigado fue el modelo HC-SR04 un sensor de distancia digital por ultrasonido, el cual es un sensor de distancia de bajo presupuesto, su uso es muy frecuente en robótica, al tratarse de un sensor digital este deberá ser conectado a los pines digitales del Arduino, de los cuales uno de ellos el (Echo) tiene que tener PWM (Pulse With Modulation). Utiliza un pulso ultrasónico para determinar la distancia de un objeto en un rango entre los 2 centímetros y los 4 metros. Y la modulación por ancho de pulso (PWM), es usado para calcular el tiempo que transcurre entre la emisión del pulso a través del Trigger y la recepción del mismo en el Echo. Se destaca por su tamaño reducido, el bajo consumo de corriente, buena precisión y excelente precio.

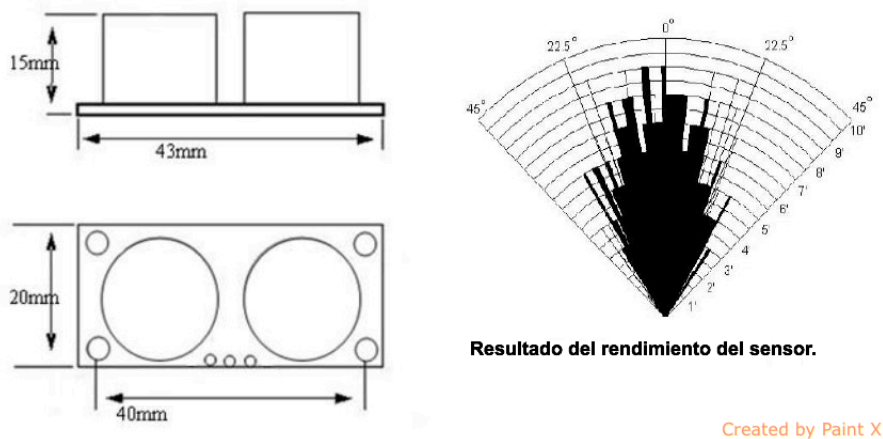
El sensor consiste en un emisor de ultrasonidos, el receptor y los circuitos de control. Básicamente el funcionamiento del sensor es el siguiente: emite una serie de impulsos ultrasónicos de 40KHz a través del Trigger (Trig), luego en el software de Arduino a través de la función `PulseIn()`, se mide la anchura del pulso de retorno (Echo), al estar conectado a un pin del Hardware Arduino con PWM, cuando se recibe el eco de un objeto. La función `PulseIn()` nos devuelve el tiempo transcurrido en milisegundos y se calcula la distancia entre el sensor y el objeto midiendo el tiempo de viaje del sonido y la velocidad de propagación del sonido. El funcionamiento al tratarse de una onda sonora, no se ve afectado por la luz solar o el color de los materiales, pero si puede verse afectado por los materiales blandos acústicamente, como la tela son difíciles de detectar.

Al igual que en el caso del otro sensor también se analizó detenidamente la hoja de datos de este sensor y nos proporciona la siguiente información. La fuente de alimentación del mismo se recomienda que sea de 5 Volts pero puede estar entre los 4,5 y los 5,5 volts, tiene un consumo de corriente en reposo menor a los 2 mili amperes (mA), y la corriente de trabajo promedio es de unos 20 mili amperes (mA), puede variar entre 10 mA y 25 mA. Las dimensiones del “encapsulado” del sensor 45mm x 20mm x 15mm. El rango de medición del mismo que va desde 2 centímetros a 400 centímetros (4 metros). Un ángulo de medición de unos 30 grados pero a pesar de captar objetos cercanos con esa apertura angular, la medición se realiza de forma más efectiva cuando se encuentra dentro de los primeros 15 grados de apertura. Cuenta con una precisión de 0.3 cm. La duración mínima del pulso de disparo es de 10 micro segundos (10 μ S),

mientras que la duración del pulso eco puede variar entre 100 y 25000 micro segundos (μ S). Los fabricantes recomiendan en la hoja de datos que el tiempo mínimo de espera entre una medición y el inicio de la siguiente sea de 20 mili segundos (mS). Y por la frecuencia a la que trabaja el sensor que es de 40 kilo Hertz (KHz).

Ahora me propuse realizar las mismas pruebas que al sensor infrarrojo, para comparar los resultados y verificar los datos proporcionados por la hoja de datos del sensor, al igual que el sensor de distancia por infrarrojos este sensor por ultrasonido tampoco tiene amplitud angular de forma vertical, pero en cuanto al grado de amplitud horizontal nos encontramos con la apertura de 15 grados como se menciona en la hoja de datos aunque a medida que se quiere sensar distancias mas lejanas esos 15 grados de apertura pierden un poco de exactitud, así y todo para la aplicación que queremos darle es tolerable.

Imagen. Esquema con las dimensiones del sensor y el diagrama de la captación angular de manera horizontal que posee el sensor.



Luego también evaluamos el grado de inclinación en el objeto o sujeto a sensar que se encuentre a determinada distancia, en el caso de los sensores de ultrasonido el promedio es entre 15 grados a 20 grados para una medición exacta y entre 20 y 30 grados de inclinación en el objeto obtenemos oscilaciones de 10 centímetros en los resultados. En cambio con una inclinación mayor a 30 grados la medición ya no es coherente con la distancia.

Imagen. Monitoreo en el software de Arduino, los valores recibidos desde el sensor.

```

uration = 7021   cm = 121   Inte
uration = 2746   cm = 47    Inte
uration = 2647   cm = 45    Inte
uration = 2677   cm = 46    Inter
uration = 2671   cm = 46    Inter
uration = 2701   cm = 46    Inter
uration = 2672   cm = 46    Inten
uration = 2647   cm = 45    Inten
uration = 7003   cm = 120   Inten.
uration = 195424 cm = 3369
uration = 1331   cm = 22    Intens
uration = 195196 cm = 3365
uration = 1333   cm = 22    Intens
uration = 2693   cm = 46    Intens
uration = 194290 cm = 3349
uration = 1207   cm = 20    Intensi
uration = 2869   cm = 49    Intensi
uration = 194119 cm = 3346
uration = 857    cm = 14    Intensi
uration = 2695   cm = 46    Intensi
uration = 2891   cm = 49    Intensi

```

La foto corresponde a la prueba de los ángulos en el objeto a sensor, en este caso el objeto tenía una inclinación de 25 grados, por eso en la captura del monitor se puede ver ruido en la medición”.

Como se menciona anteriormente este es un sensor digital y a diferencia del otro sensor por infrarrojos que es un sensor analógico, este puede conectarse todos sus pines al protoboard y de allí interconectarse con el Arduino sin que esto nos traiga problemas de ruido en la medición (ejemplo: ceros que se filtren entre medida y medida como paso con el otro sensor), por lo que no hace falta hacer un filtrado de los valores, ya sea de forma analógica como se hizo anteriormente o de forma digital a través de la programación.

2.2. Desarrollo de Interfaz.

2.2.1. Consideraciones generales.

Hay que tener en cuenta que el flujo de los datos se generan a un cierto ritmo y al darle a los espectadores un modo de dominar el tiempo del flujo de estos datos, se agrega un nivel mas para que puedan controlar. Así como cuando se les da un método de entrada de datos y creamos la forma en que las interfaces van a responder a estas entradas, estamos creando la interactividad. Lo cual es fundamental para pensar que va a intentar hacer el usuario y como deben responder las interfaces.

Kirsty Beilharz y Aengus Martin definen la interfaz en instalaciones como:

Interfaz define la relación entre la obra y el público; el método de participación interactiva; la interfaz entre mecanismo y artefacto; el momento en el que los usuarios o audiencias interpretan la presentación de los datos; la interacción del trabajo con su entorno y su entorno(...).

Al armar una interfaz física, electrónica e interactiva y pensando a futuro que va a ser integrada en una obra de arte sonoro hay que tener ciertas consideraciones, algunas de ellas como se mencionan en la cita anterior la importancia de la relación entre público y obra, el entorno donde se realiza la interacción y como se puede enriquecer del mismo.

Otro concepto para el armado de una interfaz física electrónica e interactiva en una obra de arte sonoro es el de la retroalimentación y al diseñar la interfaz este concepto es fundamental. Ya que debemos tratar de entender lo que los usuarios van a querer hacer con la interfaz y la manera en que esta les debe responder, para ello la retroalimentación es necesario que este controlada ya sea de forma interna o externa y la forma de hacerlo es que la interfaz tenga un control de los datos que ingresan y egresan de la misma a través de la retroalimentación del sistema.

Joshua Noble realiza una metáfora entre la retroalimentación de una interfaz y la retroalimentación cerebral para coordinar movimiento y equilibrio. Lo cual por la metáfora que el plantea, mi investigación y la metáfora final que planteo para la integración de la interfaz que diseñe en la obra de arte sonoro a realizar como tesis, me resulta de suma importancia.

Las personas están ajustando constantemente el equilibrio minuciosamente, con sus datos de alimentación del cerebro a su cuerpo y su cuerpo alimentando datos de nuevo en un bucle constante que le ayuda a mantener el equilibrio. Estos bucles son importantes en la noción de un sistema que hace algo constantemente. Sin retroalimentación, los sistemas no pueden regularse a sí mismos porque no saben lo que están haciendo (...). (Noble, 2009).

2.2.2. Diseño y construcción

- Testo de los sensores:

Para determinar el ángulo de captación en el sensor de distancia por Ultrasonido y el ancho del haz de luz en el sensor de distancia por Infrarrojo, se planteo el código en el

software de Arduino, se armo el hardware con el Arduino, el sensor y el circuito necesario para la interconexión de los mismos entre ellos y la pc.

Se colocó al Sensor en el centro de un transportador impreso, un metro a un costado para que no interfiriera en la medición y poder verificar los resultados que nos devolvía la impresión de los valores del sensor en el software.

Para la primer prueba donde se investigaba, verificaba y comparaba los resultados entre ambos sensores la correcta medición de la distancia de forma directa (frente al sensor), se colocó diferentes objetos (de menor a mayor tamaño) frente a los sensores, se testeó con un estuche de cámara (negro) 10x5 cm, una caja de cartón 10x15 cm, cuaderno de tapa blanda (azul oscuro) 15x20 cm y una base de cartón [(un lado es blanco y del otro lado de un color amarronado, en el sensor infrarrojo se probó ambos lados)] 23x33 cm.

Todos estos objetos se colocaron a determinada distancia del sensor, y se verificó el resultado impreso en la pantalla del software de Arduino a través de la función `Serial.print()`, asignándole la variable con la que estaba midiendo la distancia, para compararla con la posición física sobre el metro que estaba a un costado, en paralelo a la trayectoria del sensor y el objeto a sensor. Este procedimiento se repitió a varias distancias con cada uno de los objetos.

Para la verificación de los ángulos de captación del sensor de modo vertical simplemente se desplazaba los objetos desde la ubicación en la que estaban frente al sensor, hacia arriba hasta que desaparecían del sensado. En cambio para la captación de ángulos de forma horizontal, se colocó un transportador impreso debajo del sensor y se desplazaba los objetos de izquierda a derecha y viceversa, hasta que la impresión de los valores nos confirmara que ya no estaban en el área de sensado captada por cada uno de los sensores.

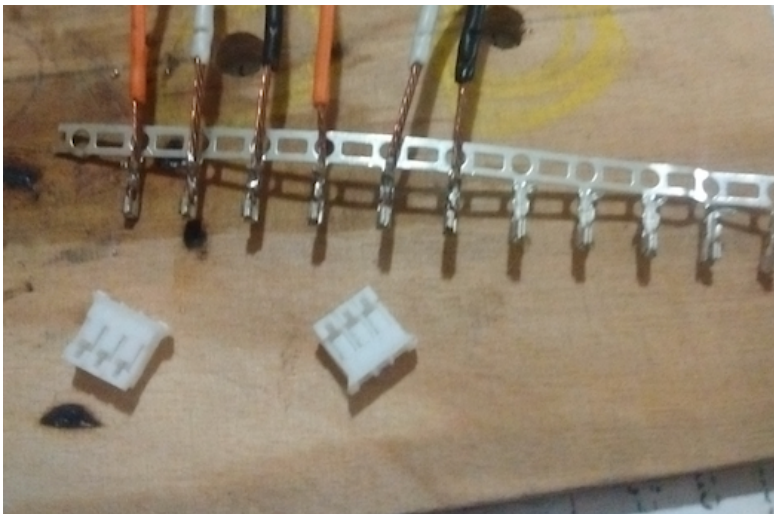
Por último para comprobar la correcta medición en el sensado de acuerdo a la inclinación de los objetos se colocó otro transportador impreso (en este caso de 360 grados) debajo de los objetos y mientras se realizaba la medición se los iban rotando sobre su propio eje a los objetos, muy lentamente, para poder corroborar viendo en la pantalla de la pc los resultados y encontrar el grado de inclinación máximo permitido de cada uno de los sensores en cuestión, donde la medición obtenida era precisa y hasta

donde se la podía exigir para una medición con algún margen de menor precisión pero tolerable para la aplicación deseada.

- Armado de cables para la conexión de los sensores con Arduino.

- Fotos del Armado de los cables para el Sensor por Infrarrojos.

Imagen. Los cables ya soldados en las semillas/terminales listas para colocar adentro del conector 2010 de tres contactos.



- Fotos del Armado de los cables para el Sensor de Ultrasonido.

Imagen. Proceso de soldado de los cables a sus semillas, para el armado de los cables definitivos en la interfaz.

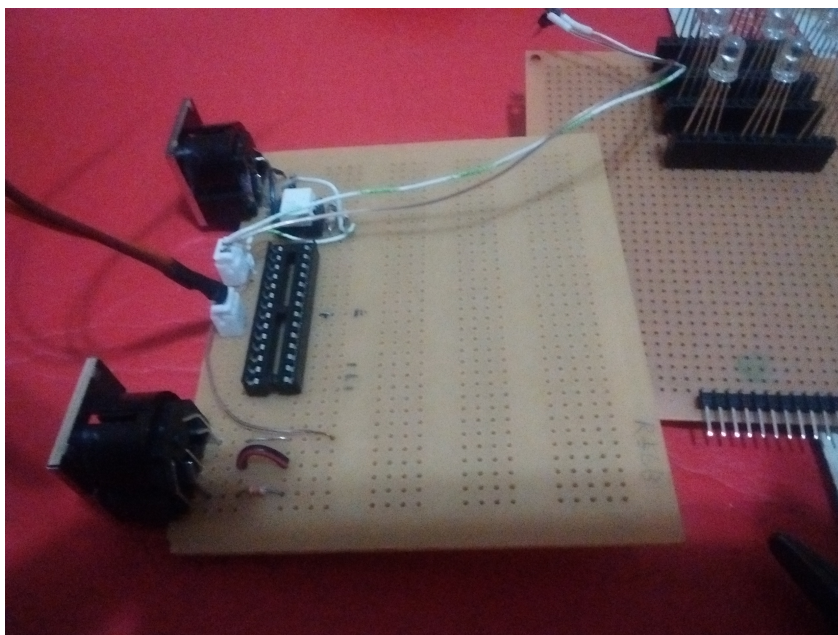


Imagen. Cable con el conector terminado.



- Conexión del Midi con Arduino.

Imagen. Se hizo la conexión para la alimentación del Midi In/Out, y el envío de las señales, se puso el zócalo para el chip del Arduino, así en la versión final se va a poder integrar directamente el chip Atmega en el circuito de la interfaz.



- Conexión de los sensores con el Arduino.

Imagen. Corresponde al momento en que se grabo el video con una pequeña muestra de la interfaz funcionando correctamente.⁷

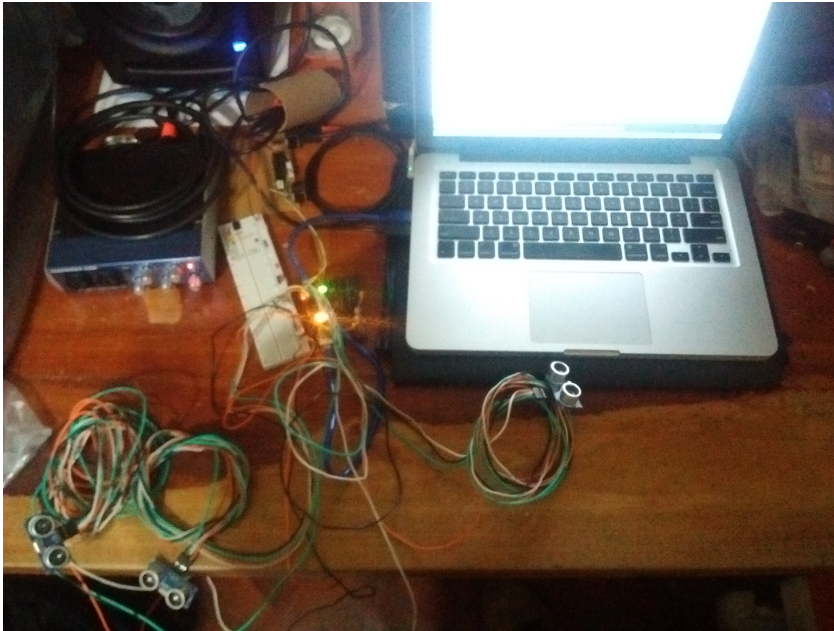
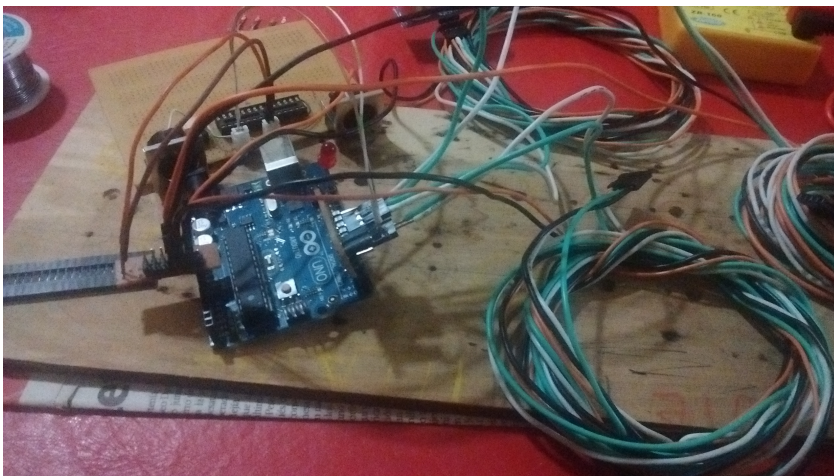


Imagen. Realizando la conexión final de los sensores, la alimentación y la placa midi al Arduino, a través de placas soldadas con pines y conectores en los cables.



2.3 Propuesta de instalación sonora: “Cerebro 1.0”

La interfaz se integrara a una obra de arte sonora mas precisamente una instalación sonora, llamada “Cerebro 1.0”. La misma plantea a modo de metáfora, según mi propia visión de cómo pensamos los seres humanos, que vivimos constantemente desarrollando ideas dentro de nuestras cabezas, incluso cuando viajamos, descansamos y dormimos, etc., estamos pensando.

⁷Para ver el video de muestra con la interfaz funcionando dirigirse a: <https://youtu.be/BUT_p96092A>

Mi teoría es que siempre hay una idea en la que pensamos en primer plano tratando de desarrollarla, pero detrás de esa idea primaria, tenemos diferentes pensamientos que pueden ser compatibles o no entre ellos y con la idea primaria.

De esta manera es que planteo la compatibilidad o la falta de la misma entre diferentes pensamientos que tenemos, como metáfora sonora para la obra a pulir y perfeccionar en mi futura tesis.

En un lenguaje mas musical, ideas que pueden ser un poco mas consonantes y/o disonantes entre si, logrando una completa armonía o la ausencia de la misma.

Para ello se buscaron obras de referencia donde utilizaban diferentes interfaces de sensado, se profundizo en las que considere mas relevantes para mi investigación, y se estudiaron en profundidad, realizando pruebas de testeo a los dos sensores que se considero mas prácticos para la realización de la obra que pretendo llevar a cabo como futura tesis.

La idea de la interfaz, es que a través de la interacción del publico en el espacio sensado por los sensores, otorgarle a ese espacio diferentes intervalos musicales respecto a una nota “fundamental” random, pero contenida por uno de los sensores integrados en la interfaz. Ósea de 3 sensores principales uno de ellos será el generador de la nota fundamental, que dependerá de la distancia entre la persona que interactúa y el sensor principal, ya que estará dividido en 3 zonas el rango del mismo, cada zona va a determinar una octava y dentro de cada una de esas zonas es que se generara la nota fundamental random. Mientras que los otros dos sensores también divididos en 3 zonas pero con mas control, nos darán diferentes notas, generando intervalos consonantes/disonantes, de acuerdo ala zona en la que este interactuando el publico con los otros dos sensores o uno solo de ellos. En base a esa interacción es que se lograra una sonoridad mas armónica o atonal de acuerdo al modo en que el publico intervenga el espacio sensado y haciendo referencia como metáfora a pensamientos/ideas que se nos ocurren constantemente y las mismas pueden ser mas o menos armónicas entre ellas.

3. Conclusiones del estudio de los sensores.

Por ultimo a modo de conclusión y análisis de la precisión del sensor de distancia por infrarrojo, lo he dividido en tres zonas, la primer zona donde el sensor tiene una precisión excelente, la misma esta entre los 20 y los 70 centímetros. La segunda zona donde la medición es errónea de un modo caótico entre los 71 a 110 centímetros, ya que al

situarse en esa zona en el monitor los valores impresos nos indican como si uno estuviera a otras distancias. Y la tercer zona desde los 110 hasta los 150 centímetros que tienen un valor de “modulación” que varia entre 5 y 10 centímetros, según el uso que se les quiera dar, pueden ser útiles o no en esta tercer zona.

En cambio el análisis del sensor de distancia por ultrasonido, me parece importante resaltar la precisión que tiene este sensor para medir la distancia sin necesidad de filtrar mediciones haciendo un promedio de varias, como si debería hacerse en el caso del sensor por infrarrojos, ya que si uno deja un objeto delante del sensor ultrasónico a 40 cm por ponerlo como ejemplo, el software de Arduino nos dice constantemente que ese objeto realmente esta a 40 cm, en ningún momento oscila en los valores que devuelve, el cambio se produce con el movimiento del mismo, pero en estado estático el objeto y el sensor, nos devuelve un único valor, lo cual habla excelente de la precisión del sensor en cuestión y la velocidad de lectura que se le puede exigir ya que al no tener que realizar un promedio de varias mediciones, la lecturas y respuestas pueden generarse mas rápidamente.

Bibliografía.

- Ars Electronica. <<http://www.aec.at/prix/en/gewinner/#interactiveart>>
- Buenos Aires Sonora. <<http://buenosairessonora.blogspot.com.ar>>.
- Calcagno, Esteban. (2012) Diseño y construcción del espacio sonoro para sitios específicos. Madrid: Sul Ponticello, II época, n. 34, mayo. 2012. <<http://www.sulponticello.com/?p=5159>>.
- Chimenti, Pablo. <<http://pablochimenti.blogspot.com.ar>>.
- Colectivo en Construcción. <www.collention.canalblog.com>.
- Faludi, Robert. (2011). *Building Wireless Sensor Networks*. O'Reilly Media, Sebastopol.
- Hoja de datos. “Sensor por Infrarrojos Sharp GP2Y0A02”. <<http://www.naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/204-sensor-distancia-sharp-gp2y0a02.html>>.
- Hoja de datos. “Sensor por Infrarrojos modelo: Sharp GP2Y0A02”. <http://www.sharpsma.com/webfm_send/1487>
- Hoja de datos. “Sensor por Ultrasonido modelo: HC-SR04”. <<http://www.naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>>.

- In-Sonora. <<http://in-sonora.org/>>.
- Kirsty, Beilharz y Aengus, Martin. (2012) “*The ‘Interface’ in Site-Specific Sound Installation*”.
- Noble, Josua. (2009). *Programming Interactivity*. O'Reilly Media, Sebastopol.
- Kendall, Gary. (2010) “La interpretación de la espacialización electroacústica: atributos espaciales y esquemas auditivos”. Traducción de Martín Liut. En *Música y espacio: ciencia, tecnología y estética*. Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 241-259.
- Liut, Martin. <<http://martinliut.blogspot.com.ar>>
- Liut, Martin. (2009) “Notas Al Pie De La Ciudad. Arte Sonoro Para Sitios Y Tiempos Especificos”. *Ciudad Mediatizada*. 3rd ed. Vol. 2. Buenos Aires: UBACyT SO94, 2009. 85-99. Print. Primer Semestre, Marzo-junio 2009.
- Lozano Hemmer, Rafael. (2003) “Frequency and Volume”. <http://www.lozano-hemmer.com/frequency_and_volume.php>.
- Lozano Hemmer, Rafael. (1995) “The Trace”. <http://www.lozano-hemmer.com/the_trace.php>.
- Margolis, Michael. (2014). *Arduino Cookbook*. O'Reilly Media, Sebastopol.
- Molina Alarcón, Miguel y Cerdà i Ferré, Josep. (N.N) “*Entre el arte sonoro y el arte de la escucha.*”
- Operadora BandCamp. <<http://operadora.bandcamp.com>>.
- Operadora. <<http://cargocollective.com/operadora/ahora>>.
- Paik, Naim June. (1963). “Random Access Music” <<http://www.medienkunstnetz.de/works/random-access/images/5/>>.
- Rocha, Manuel. <http://artesonoro.net>
- Rocha, Manuel. (N.N). *El arte sonoro, hacia una nueva disciplina?*. <<http://www.artesonoro.net/artesonoroglobal/ElarteSonoroHacia.html>>
- Rocha, Manuel. (N.N). *La instalación sonora*. <<http://www.artesonoro.net/artesonoroglobal/LaInstalaci%97nSonora.pdf>>
- Rocha, Manuel. (N.N). *¿Que es el arte sonoro?*. <<http://www.artesonoro.net/artesonoroglobal/QueEsElArteSonoro.html>>.
- Sguiglia, Fabian. <<http://www.sguiglia.com.ar>>
- Tela Sonora, In-Sonora IV. <https://www.youtube.com/watch?v=6HzVeln_dfM>.
- Umbrales. <<https://artesonoro.com.ar/category/artistas/>>