

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE SISTEMAS

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN

TICS: MENCIÓN REDES Y TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE IOT CON SOFTWARE LIBRE
DENTRO DE LA IGLESIA DE CELICA EN LA PROVINCIA DE LOJA PARA
CONTROLAR LA HUMEDAD EN EL MUSEO ABC”**

PABLO GEOVANNY GALLEGO ROBLES

Tabla de contenido

1. Introducción	6
1.2. Resumen.....	7
1.3. Antecedentes Del Problema.....	7
1.4. Justificación	8
1.5. Objetivo General:.....	9
1.5.1. Objetivo Específicos	9
1.6. Matriz De Congruencia.....	9
2. Revisión De La Literatura.....	11
2.1. El Internet De Las Cosas.....	11
2.2. Paradigma de IOT	11
2.3. Conceptos y Técnicas	13
2.4. Hardware Libre	14
2.4.1. Arduino	14
2.4.2. ¿Por qué elegir Arduino?	15
2.5. Sensores	16
2.6. Limitaciones del Estudio.....	17
3. Metodología	18
3.1. Ubicación del Lugar a Intervenir	18
3.2. Placa de Arduino MEGA.....	21

3.2.1. Entradas y Salidas de la placa de Arduino Mega.....	22
3.3. Control de Humedad.....	23
3.3.1. Análisis de los lugares de instalación de sensores.	23
3.3.2. Sensor de humedad resistivo con comparadores de tensión.....	24
3.3.3. Comparador de tensión.....	25
3.3.4. Configuración de Sensores.....	27
3.3.5. Normalización y Puesta en Marcha.....	29
3.4. Control de Ventilación.....	30
3.4.1. Revisión de los Dispositivos de Ventilación.....	30
3.4.2. Requisitos de humedad de la zona.....	31
3.4.3. Instalación de los FAN.....	31
3.4.4. Configuración de Ventiladores.....	33
3.5. Control de Luces.....	35
3.5.1 Revisión de canaletas y tubería Conduit.....	35
3.5.2 Instalación de luces y Relés.....	36
3.5.3. Configuración de relés.....	37
3.6. Control de Cerraduras.....	38
3.6.1 Revisión de Tubería Conduit para Cerraduras.....	38
3.6.2. Instalación de Cerraduras Magnéticas.....	39
3.7. Configuración de Cableado y Panel de Funcionamiento.....	40

	4
3.7.1. Redes Mesh.....	40
3.7.2. Plataforma ThingSpeak.....	40
3.7.3. Manejo de Proyecto desde la WEB	42
4. Resultados.....	43
4.1. Resultados Sensores de Humedad	43
4.1.1 Resultados de Sensores con Tierra Seca.....	43
4.1.2. Resultados Con Tierra Levemente Humedad	44
4.1.3. Resultados Con Tierra Muy Húmeda	45
4.2. Resultados de Configuración de Ventiladores.....	47
4.2.1. Configuración De Activación De Ventiladores	47
4.2.2. Configuración De Desactivación De Ventiladores	48
4.3. Configuración de Luminarias	49
4.3.1 Configuración de Activación y Desactivación de Luces	49
4.4. Configuración de Cerraduras Magnéticas.....	50
4.4.1. Configuración de Activación y Desactivación de Cerraduras Magnéticas.....	50
5. Análisis De Resultados	51
6. Conclusiones Y Recomendaciones.....	52
6.1. Conclusiones.....	52
6.2. Recomendaciones	53
7. Referencias de Tesis	55

Referencias.....	55
8. Anexos	56

1. Introducción

Los proyectos como la instalación de un espacio público o privado siempre se planificaron desde un punto de vista no dinámico, incluso el concepto estático prevaleció durante mucho tiempo, un proyecto como un museo, una biblioteca o una oficina de atención se enfocaban al espacio para acaparar más visitantes o clientes dependiendo del contexto.

Es así como la tecnología se convierte en una herramienta tan eficaz que en los tiempos actuales se vuelve muy relevante, tanto que la opción de incluir a profesionales de este ámbito se vuelve imprescindible.

El manejo de los tics se ha constituido en un tema fundamental que en conjunto con el internet abarca no solamente temas de control y manejos, sino, también en el campo de la seguridad. Hoy en día se planifica desde un punto de vista holístico y se incluyen diagramas y planos con dispositivos muy avanzados.

El IoT es una de las alternativas que engloban estos conceptos, que muy bien utilizados convierten a la planificación de proyectos de espacios en completos y seguros.

En este proyecto se intenta especificar conceptos básicos y avanzados de implementación de IoT, logrando un manejo tanto local como remoto utilizando software y hardware libre, la ventaja de haber escogido este tipo de tecnología es que existe basta documentación y antecedentes de otros proyectos, la comunidad del hardware libre es muy solidaria en este aspecto.

El lugar donde se desea implementar es un poco hostil, sin embargo, se utilizará los requerimientos y especificaciones del espacio para resolver los problemas que se presenten, por lo cual es necesario una investigación completa tanto en temas de planos, como del tipo de construcción de la Iglesia.

1.2. Resumen

Este proyecto de titulación abarca como objetivo principal la instalación del MUSEO ABC de la Parroquia Eclesiástica del Cantón Celica de la provincia de Loja, permitiendo tener alertas cuando los dispositivos de control de humedad, control de ventilación, control de luces y control de cerraduras, salgan de los parámetros normales.

Para conseguir cada uno de los objetivos, se planea implementar una plataforma en la cual se pueda revisar los índices de cada uno de los dispositivos instalados.

Por otra parte, se requiere que el monitoreo de cada uno de los dispositivos que se van a instalar en el área prevista.

Así mismo, cuando los dispositivos detecten un monitoreo fuera de los parámetros establecidos como normales realicen su debida alerta.

Un control automatizado de cada una de las áreas a intervenir, genera una larga vida de los artefactos que se van ingresar dentro del museo ya que cada uno de ellos son considerados como delicados.

1.3. Antecedentes Del Problema

La edificación de la Iglesia Matriz Celica, es una construcción que data desde el año 1960 por lo cual el lugar donde se planea instalar el Museo ABC posee varios inconvenientes con humedad y generación de polvo.

Los materiales con los que se ha construido la zona donde se planea realizar la instalación del Museo son de características antiguas como lo es el adobe, pintura de agua, etc.

El espesor de las paredes es de 50cm por lo tanto no tiene una adecuada ventilación y al ser una edificación antigua también se ha presenciado índices de humedad,

De esta manera es como el realizar el planteamiento de una solución con tecnología IoT es de suma importancia para que los artefactos se les garantice larga duración de vida.

1.4. Justificación

Este proyecto tiene como objetivo implementar una plataforma que ayude a gestionar (control de humedad, control de ventilación, control de luces y control de cerraduras) del espacio de instalación del Museo. El encargado de la Parroquia es quien podrá controlar los dispositivos, la cual reside en un servidor que se configura en la tecnología denominada Arduino. La configuración del Panel está programada en C y se lo realiza mediante el Arduino IDE.

El manejo de los dispositivos que se conectan al panel son el estado y el control, estos datos podrán ser controlados de manera local con dispositivos instalados en el panel de control del Museo.

El acceso y control remoto se lo programará en una placa ESP8266 de Arduino, se puede tener las siguientes especificaciones:

- A través de la intranet (vía Wifi) se puede controlar los dispositivos conectados al panel de control.
- Información de niveles de humedad tanto de activación como de desactivación del sistema de ventilación.
- Nuestra plataforma también consta de una aplicación móvil que permite a los encargados realizar las acciones pertinentes en caso de emergencia.

1.5. Objetivo General:

Diseñar un control mediante OIT para controlar los factores de humedad y ventilación para la conservación de los artefactos a instalarse en el Museo.

1.5.1. Objetivo Específicos

- Control de Humedad
- Control de ventilación
- Control de luces
- Control de cerraduras

1.6. Matriz De Congruencia

Tabla 1

Matriz de Congruencia (Parte 1)

Tema	Pregunta Principal De Investigación	Objetivo General	Sub-Preguntas De Investigación	Planteamiento De Los Problemas
Diseño De Una Infraestructura De IoT Con Software Libre Dentro De La Iglesia De Celica En La Provincia De Loja Para Controlar La Humedad En El Museo ABC	¿Cuál sería el mejor método de control de agentes internos y externos para la instalación del Museo ABC?	Diseñar un control mediante OIT para controlar los factores de humedad y ventilación para la conservación de los artefactos a instalarse en el Museo	<p>¿Cuál sería el diseño de la instalación de los dispositivos?</p> <p>¿Qué tipo de Dispositivos se instalarán?</p> <p>¿Qué tipo de acciones se realizarán con los sensores y actuadores?</p>	La Edificación de la Iglesia Matriz Celica, es una construcción que data desde el año 1986 por lo cual el lugar donde se planea instalar el Museo ABC posee varios inconvenientes con humedad y generación de polvo.

Tabla 2*Tabla de Congruencia (Parte 2)*

Justificación del Problema	Objetivos Específicos	Variables Estudiadas	Indicadores	Instrumentos
El Vicario de la Parroquia Eclesiástica ve como una necesidad la exposición de los artefactos en el Museo o por lo tanto es obligatorio la conservación de dichos artefactos.	Control de Humedad	Humedad	Porcentaje de humedad en paredes y ambiente	Sensores de humedad
	Control de Ventilación	Materiales de los artefactos	Cantidad de oxigenación del lugar	Ventiladores
	Control de Luces	Iluminación	Tipo de iluminación y profundidad de la construcción	Luminarias
	Control de Cerraduras Magnéticas	Seguridad	Acceso de los visitantes y empleados del lugar	Cerraduras Magnéticas

2. Revisión De La Literatura

2.1. El Internet De Las Cosas

Este concepto se resume a la capacidad de podernos conectar a dispositivos que según su naturaleza se pueden dividir en sensores o actuadores, hoy en día el término es muy usado tanto en temas empresariales como en hogares, sin embargo, es un concepto reciente, esto ha dependido directamente de el avance que ha tenido el internet y sus formas de extenderse de manera global.

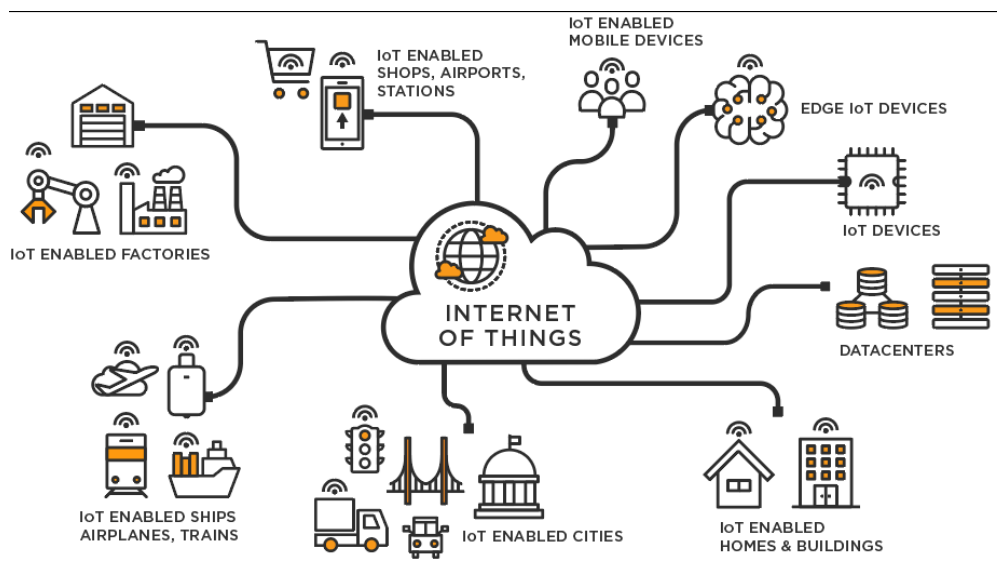
El término el Internet de las Cosas o por sus siglas en ingles IoT fue acuñado por primera vez y de manera pública en el 2009 y su manera de comprenderse, comercializarse y extenderse ha sido exponencial, en la actualidad es muy común su uso y se podría decir que es hasta imprescindible en algunos casos.

(Cruz Vega, Oliete Vivas, & Morales Ríos, 2015, p. 11)

2.2. Paradigma de IOT

Figura 1

Internet De Las Cosas



Nota: Adaptado de ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? [Imagen], por TIBC,

(<https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot>). CC BY 2.0

La evolución de el Internet de las Cosas no solo ha sido evidente por su promulgación en marketing, sino, que el uso en el campo empresarial es notable sobre todo en el cambio de la automatización industrial y la conectividad.

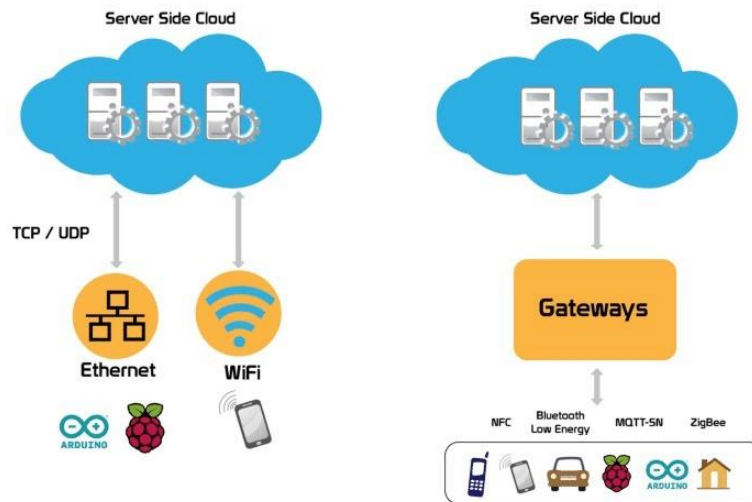
Procesos que antes se volvían tediosos, que podían ocupar de mucho tiempo y dinero se volvieron procesos sencillos y productivos gracias al IoT, varios sectores han aprovechado de esta tecnología incluso aportando con nuevas formas de uso.

En tareas donde se exponía de forma parcial o total la salud y la vida del ser humano el IoT se encargó de ofrecer seguridad pudiendo también llegar un poco más lejos en aquellas actividades de rescate o de inaccesibilidad a la mano del ser humano. (Cruz Vega, Oliete Vivas, & Morales Ríos, 2015, p. 10)

2.3. Conceptos y Técnicas

Figura 2

Internet De Las Cosas Y Dispositivos De Acceso



Nota: Adaptado de Internet de las Cosas y Dispositivos de Acceso [Imagen], por SOLAR MANAGER, (<https://www.redalyc.org/journal/5055/505554799001/html/>). CC BY 2.0

Para este proyecto se va a utilizar dispositivos enfocados en la tecnología IOT, donde vamos a realizar la investigación de los diferentes dispositivos y sensores que se encuentran en el mercado, utilizaremos la documentación existente de las diferentes marcas para revisar las especificaciones y alcances que podrían tener los instrumentos a instalarse, así también se analizará los proveedores que existan en la rama comercial del Ecuador para la percepción de calidad y garantía, también se va a realizar un análisis del lugar donde se va a instalar el Museo para el diseño de la topología de las conexiones planeadas.

Una vez que se tenga toda esta información, se realizará una planificación donde compete la instalación de la infraestructura que soporte a la tecnología IOT del proyecto, y las métricas de utilización de los dispositivos.

2.4. Hardware Libre

El hardware libre en su declaración se puede conceptualizar de la siguiente forma: «aquel hardware cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño». Es así como se puede utilizar esta tecnología para construir un sinnúmero de proyectos ya que se tiene a la mano infraestructura libre y estandarizada pudiendo compartir cada uno de los diseños y estructuras que se puedan llegar a obtener resolviendo los problemas y necesidades que se presenten, por lo tanto, siempre se encuentra una documentación ampliada tanto en la red como en los manuales de usos de los dispositivos.

Se puede encontrar una comunidad robusta y fuerte que se ha ido construyendo gracias al fortalecimiento de los ambientes que han innovado en HL. Esta tecnología también permite que se pueda utilizar arquitecturas análogas y digitales en un mismo proyecto.

En un principio en el tema de costos se volvió a la tecnología HL un poco inaccesible, sin embargo, en la actualidad por la libertad de mercado se ofrece una gama amplia tanto en materiales como para los fines de utilización de los sensores y actuadores, llevando a los usuarios a realizar proyectos que no representan un coste alto como proyectos complejos donde la inversión es necesaria. (Lazalde & Vila-Viñas, 2015, p. 623)

2.4.1. Arduino

Esta plataforma ha liderado la distribución de componentes de hardware libre ofreciendo variedad en dispositivos, placas, sensores y actuadores basando su código de forma abierta.

Dentro de la estructura Arduino abarca desde la obtención de datos del entorno como el proceso de la información hasta el resultado o actuación que se puede programar en usando diferentes paradigmas como “Arduino Programming Language “(basado en Wiring) y el

“Arduino Development Environment” (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo, con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software se puede descargar⁵ gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades.

(Enríquez Herrador, 2009, p. 8)

2.4.2. ¿Por qué elegir Arduino?

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas microcontroladoras disponibles para computación física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y muchas otras ofertas de funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar. Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

Barato:

En el mercado existen varias empresas que ofrecen un sin número de dispositivos microcontroladores siendo Arduino el que lidera los precios más asequibles. El módulo más barato puede ser ensamblado y armado a mano con valores menores a cincuenta dólares

Multiplataforma:

El IDE de Arduino es un ambiente que se puede ejecutar Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. Utilizando como lenguaje de programación el lenguaje C++.

Entorno de programación simple y claro:

Se utiliza el lenguaje de programación C++ que es un lenguaje fácil de usar para quienes inician sus ensamblajes en Arduino sus características pueden ser aprovechados al máximo en cualquier proyecto ya que está basado en el entorno de programación Processing. Por ello, se puede estandarizar de tal manera que varias personas pueden influir en un solo proyecto.

Código abierto y software extensible:

Existe una alta variedad de documentación publicada como herramientas de código abierto que puede ser utilizado en los diferentes proyectos, de igual manera librerías para los ambientes que se requieran.

Código abierto y hardware extensible:

El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los diseños básicos para todos los módulos de Arduino se han publicado bajo la licencia CREATIVE COMMONS permitiendo extender y/o mejorar dependiendo de los requerimientos y necesidades siendo tan sencillo el acople que lo pueden realizar usuarios relativamente inexpertos.

2.5. Sensores

La utilización de sensores en proyectos de IOT es fundamental, son necesarios para la obtención de información del ambiente, es esta manera se puede realizar una acción como respuesta. Los sensores pueden entregar señales eléctricas tanto analógicas como digitales que son más fáciles de interpretar

Tabla 3*Tipos de Sensores Según la Variable a Medir*

Variable física a Medir
De posición, velocidad y aceleración
De nivel y proximidad
De humedad y temperatura
De fuerza y deformación
De flujo y presión
De color, luz y visión
De gas y pH
Biométricos
De Corriente

Dependiendo de la utilidad los sensores tienen su clasificación, de esta manera su utilización en los sistemas de medidas se los puede enfocar en varias ramas, sin embargo, a pesar de obtener la información directa del ambiente es necesario también conocer los rangos de error que poseen los distintos sensores.

Como es de esperarse en la lectura de índices que ofrecen los sensores se puede evidenciar rangos de error, comúnmente producidos por eventos estáticos. Por lo que es normal encontrar una hoja referencial que contienen los datos de características del dispositivo donde los usuarios pueden localizar los rangos de error y gráficas de los valores del sensor, que son de mucha ayuda al momento de ensamblar un proyecto.

2.6. Limitaciones del Estudio

Al ser una construcción del siglo pasado no posee instalaciones adecuadas de Luz, e internet por lo tanto toca realizar estas instalaciones previas.

También se ha previsto que en el lugar donde se planea hacer la instalación del Museo, el material de construcción es de Adobe por lo tanto nos presentan muchos factores que se deben de analizar antes de la instalación.

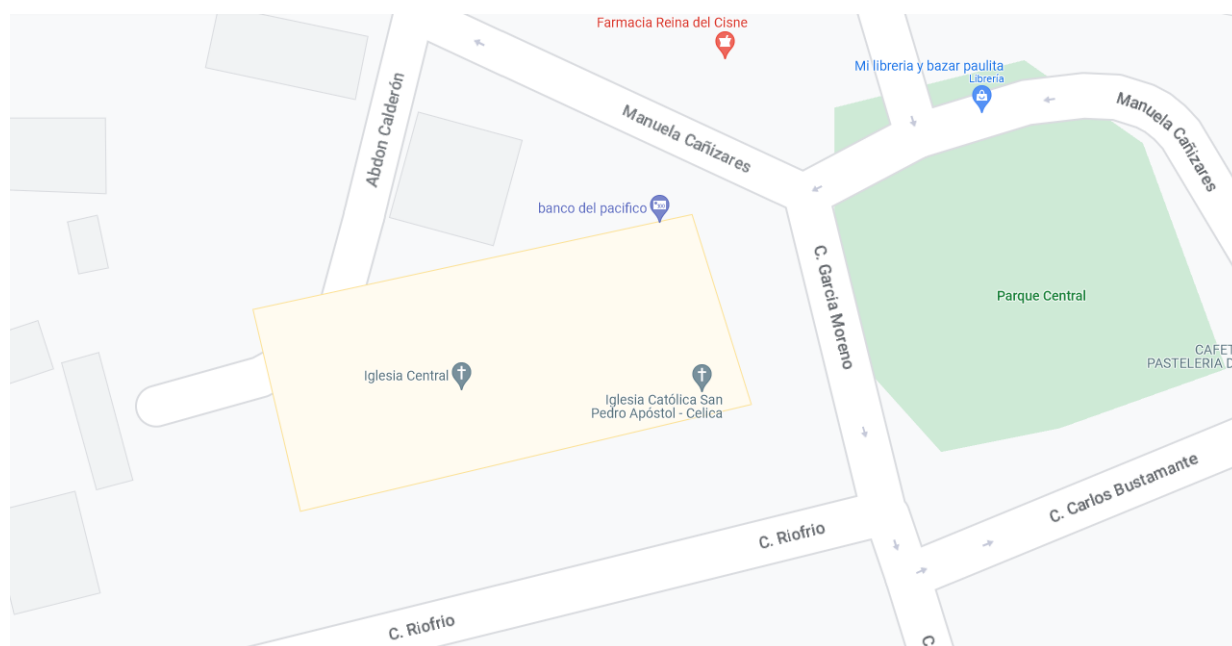
3. Metodología

3.1. Ubicación del Lugar a Intervenir

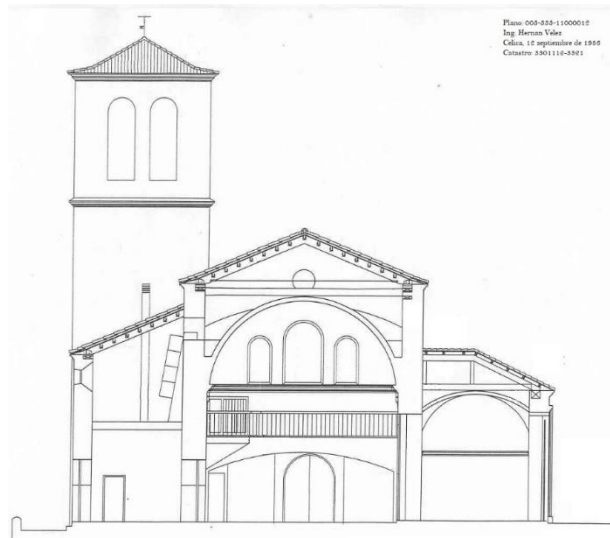
En primer lugar, se establecerá los espacios de instalación de manera gráfica, es por eso que vamos a presentar los planos de la iglesia y del lugar donde se planea instalar el Museo.

Figura 3

Ubicación por Geolocalización (Iglesia de la Parroquia Eclesiástica Celica)



Nota: Adaptado desde Google Maps [Imagen], por Google, (<https://www.google.com/maps/@-4.1031058,-79.9561729,20.25z?hl=es>)

Figura 4*Plano Frontal (Iglesia de la Parroquia Eclesiástica Celica)*

Nota: El gráfico representa a la parte frontal de la Iglesia [Imagen], por GADM Celica, Catastro: 3301112-3321

Figura 5*Ubicación del Museo en el Plano Frontal (Iglesia de la Parroquia Eclesiástica Celica)*

Nota: El gráfico representa a la parte frontal de la Iglesia [Imagen], por GADM Celica, Catastro: 3301112-3321

3.2. Placa de Arduino MEGA

Figura 8

Placa Arduino Mega (ATMega2560)



El dispositivo Arduino que vamos a utilizar es un Arduino MEGA. Es uno de los componentes de Hardware libre más robusto y completo de su especie por lo que es el más factible en su utilización este está basado en un microcontrolador AT Mega 2560 que consta de 54 pines entrada/salida y se pueden configurar como digitales 16 pines se pueden configurar como entradas analógicas, posee una conexión con USB tipo B y una entrada de alimentación. El puerto USB se puede conectar directamente con el ordenador permitiendo una conexión directa y realizar una programación eficiente y flexible. El puerto de alimentación permite un rango de 6 a 20 Volteos, aunque es recomendable alimentar con 12 Volteos para un funcionamiento óptimo, se puede utilizar un adaptador con un JACK de 2,1mn el centro es el positivo y el exterior es el GND.

3.2.1. Entradas y Salidas de la placa de Arduino Mega

Como se mencionaba anteriormente la placa Arduino Mega posee 54 pines pudiéndose configurar con las funciones: `pinMode()`, `digitalWrite()` o `digitalRead()`; cada uno de ellos se puede utilizar como entrada y salida estos pueden proporcionar un máximo de 40 mA.

Existe un LED que está conectado al pin #13, permitiendo hacer pruebas de encendido y apagado de LED.

Como entradas analógicas A0-A5, A6-A11, en los pines 4,6,8,9,10 y 12, también posee 12 entradas analógicas que van desde A0 hasta A11. Cada una de las entradas analógicas pueden ofrecer 10 bits de resolución.

3.3. Control de Humedad

3.3.1. Análisis de los lugares de instalación de sensores.

Figura 9

Plano de Instalación de Sensores de Humedad

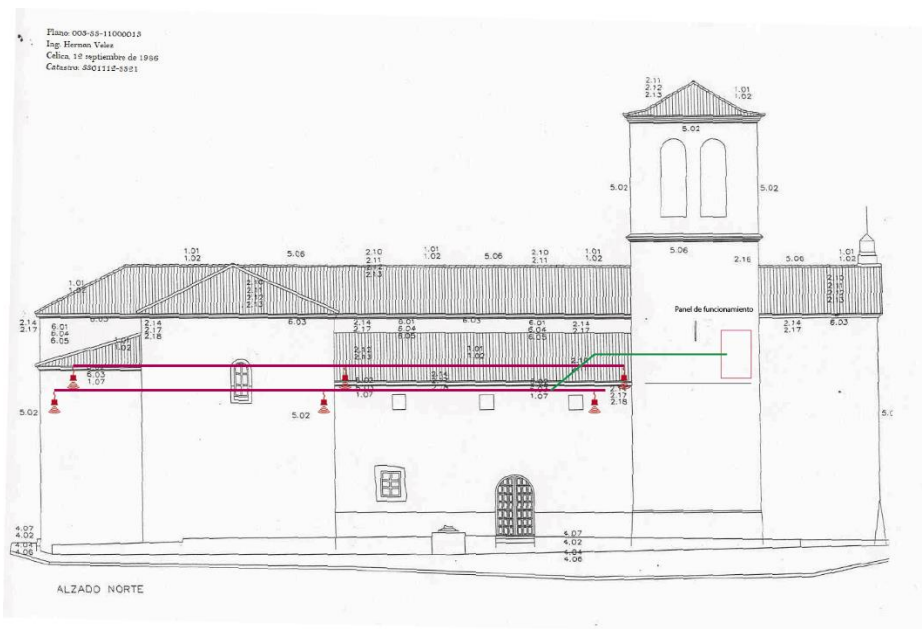
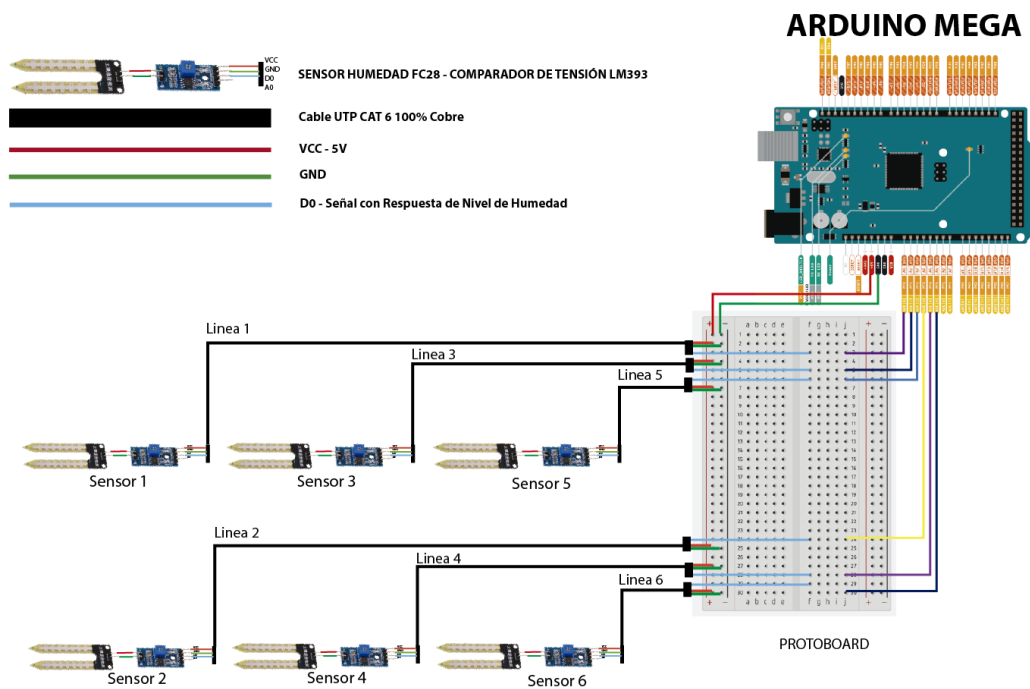


Figura 10

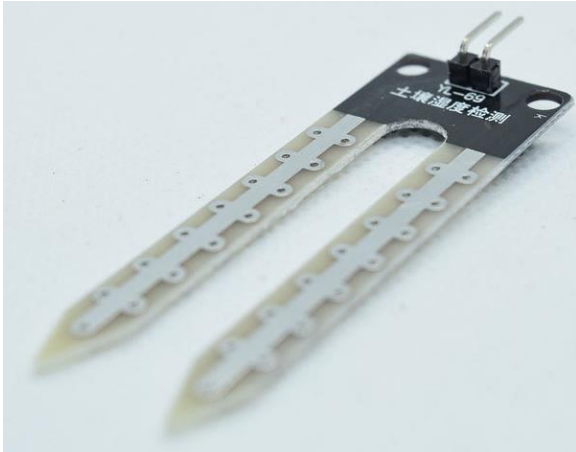
Diagrama de Conexión de Sensores de Humedad



3.3.2. Sensor de humedad resistivo con comparadores de tensión

Figura 11

Sensor De Humedad Resistivo (PC-69)



El sensor de humedad resistivo puede lecturar el índice de humedad existente en el suelo que lo rodea. Es de menor tamaño por lo cual es ideal para este proyecto donde el material de construcción de la Iglesia es adobe.

Como es evidente el sensor posee dos sondas que permiten el paso de la corriente a través del suelo, esto emite un cierto índice de resistividad afectado directamente por la cantidad de humedad que exista en el suelo, entre más humedad habrá menos resistencia si el suelo se encuentra no existirá resistencia, esto será lecturando por el sensor.

Especificaciones:

Fuente de alimentación: 3.3v a 5v

Señal de tensión de salida: 0 - 4.2v

Corriente: 35mA

Pines:

1 - salida analógica (S)

2 - GND (-)

3 - Power (+)

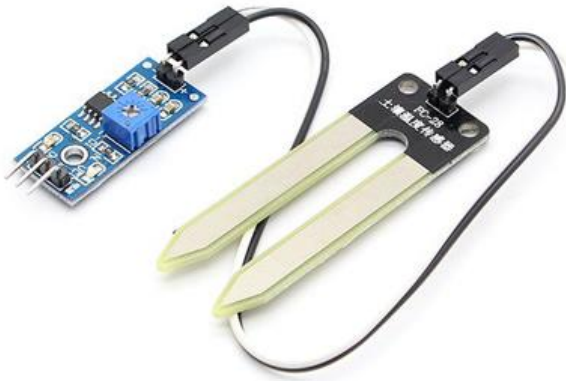
Tamaño: 60x20x5mm

(Véase Anexo A)

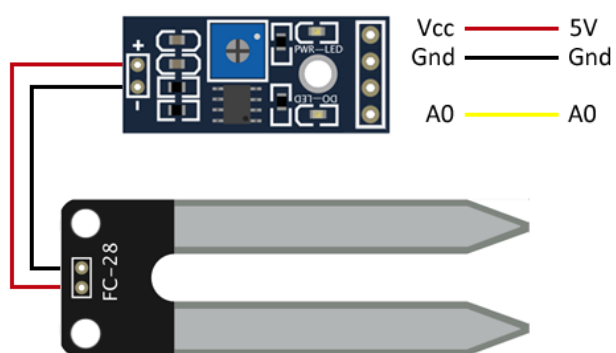
3.3.3. Comparador de tensión

Figura 12

Sensor De Humedad Resistivo con Comparador de Tensión LM393



Los resultados emitidos por el sensor se pueden controlar por otra placa en, este caso, por el comparador de tensión LM393. El resultado obtenido se puede resumir en binario, es decir, 0 si no hay presencia de humedad y 1 en caso de existencia, el comparador LM393 nos permite establecer un valor de rango límite para que se active el resultado 0 o 1. Para ello el comparador tiene un tensiómetro ubicado en la parte superior, se puede alimentar con 5 Voltios.

Figura 13*Conexión Entre Sensor Resistivo y Comparador*

V70

K70

N56

Ganancia de tensión (sensor): 200 V/mV

Tiempo de respuesta (sensor): 1,3 μ seg.

Máxima tensión de entrada diferencial (sensor): 36V

Margen de tensión de entrada en modo común (sensor): 0 a $V_{cc} - 2$ V

Tensión Offset máximo (sensor): 9 mV

Corriente de entrada máxima (sensor): 400 nA

Corriente Offset máxima (sensor): 150 nA

Tensión de alimentación (sensor): Simple de 2 a 36 V, Doble de ± 1 V a ± 18 V

(Véase Anexo A-1)

3.3.4. Configuración de Sensores

Para las pruebas pertinentes se utilizó un pequeño recipiente donde se colocó la cantidad de tierra necesaria de preferencia se utilizó el mismo material de construcción de la iglesia, en un principio se utilizó el componente en estado seco antes de introducir el sensor al recipiente, el sensor arrojaba un resultado 0, luego una vez ingresado en el material en el sensor se presenció un valor de 149, posteriormente se fue agregando un poco de agua incrementándose el valor a 1000, siendo evidente la correcta lectura del sensor, por lo tanto se puede concluir que la lectura en 0 se refiere al 0% de humedad y la lectura en 1000 al 100% de humedad, también se pudo comprobar que la lectura se realizó de manera progresiva y lineal lo cual es muy conveniente ya que la lectura con saltos no sería eficiente.

En la hoja guía se puede observar los rangos de error que posee este dispositivo por lo tanto se obtiene la siguiente lista de rangos.

Rango de valores:

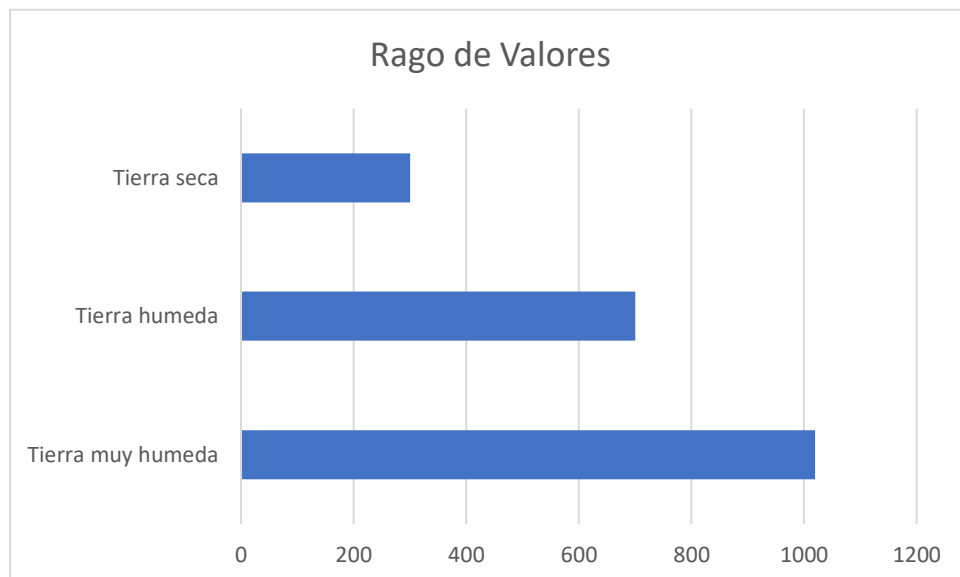
0 - 300: tierra seca

300 - 700: tierra húmeda

700 - 1020: tierra muy húmeda

Figura 14

Rango de Valores de salida del Sensor Resistivo



Es imprescindible realizar pruebas de pérdida de capacitancia para lo cual se conectó al sensor un cable UTP de par trenzado de 8 hilos de 15 metros que nos permite hacer la conexión de uno o varios sensores al mismo tiempo. Se realizaron lecturas de pérdida de tensión con multímetro obteniendo una pérdida de 0,05 Voltios con una distancia de 15 metros por lo que podemos concluir que la medición será óptima a la distancia en la que se realizaron las pruebas.

El cable que se va a utilizar es de categoría 5 con doble recubrimiento y 50% cobre logrando un efectivo aislamiento en el caso de las correcciones se utilizará un componente termofusible y también silicón caliente.

En conclusión, se puede asegurar un óptimo funcionamiento de los sensores hasta más de 15 metros de distancia de la placa Arduino sin ninguna incidencia de ningún tipo.

Para asegurar una lectura óptima se ha considerado colocar dos sensores en un mismo sitio, así mismo se instalarán dos sensores cada 5 metros tal como se puede observar en el plano de instalación de sensores.

Un elemento crítico con respecto a las mediciones es la frecuencia con la que se va a realizar las lecturas de humedad teniendo en cuenta que no se pueden realizar con mucha frecuencia, es decir con poco tiempo de intervalo de una medición a otra, ya que, esto conlleva un mayor uso de componentes tampoco se debe establecer un intervalo mayor ya que se puede perder un evento de subida de humedad, realizando pruebas se ha establecido que un intervalo de 30 segundos es una frecuencia aceptable y “sana” para los dispositivos de lectura.

3.3.5. Normalización y Puesta en Marcha

El lugar donde se va a realizar la instalación de los sensores ya se encuentra establecida en el plano de instalación se lo realizará en la parte superior cerca del techo porque es de fácil acceso y sobre todo nos permitirá lecturas de humedad en caso de lluvias en el tiempo de invierno, también es importante que el acceso de los cables no se ve afectado por materiales de construcción de los cuales están construido la edificación.

En caso del techo es imprescindible que el mismo no cuente con goteras ya que podría afectar directamente a los artefactos del museo como a las mediciones de los sensores.

Para finalizar la instalación del dispositivo se lo realizará de manera vertical teniendo en cuenta la profundidad de ser necesario se excabará y enterrará el dispositivo.

Al introducir se lo debe realizar de manera cuidadosa ya que podemos afectar a los componentes del mismo si la fuerza que se utiliza es excesiva. Uno de los problemas más relevantes es el contacto con la humedad conllevando un fenómeno conocido como electrólisis tendiendo a oxidarse esto significaría lecturas erróneas de los sensores

3.4. Control de Ventilación

3.4.1. Revisión de los Dispositivos de Ventilación

Figura 15

Plano de Instalación de Ventiladores

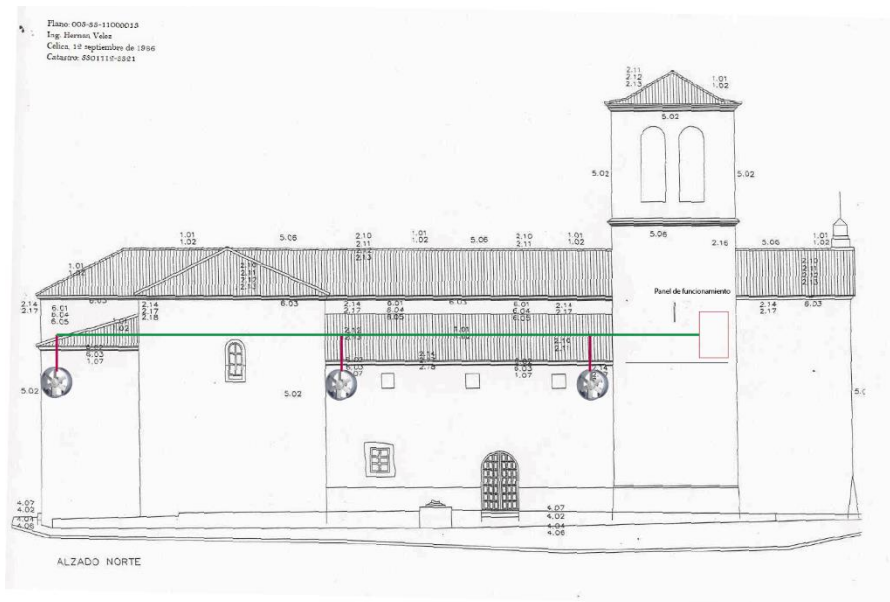
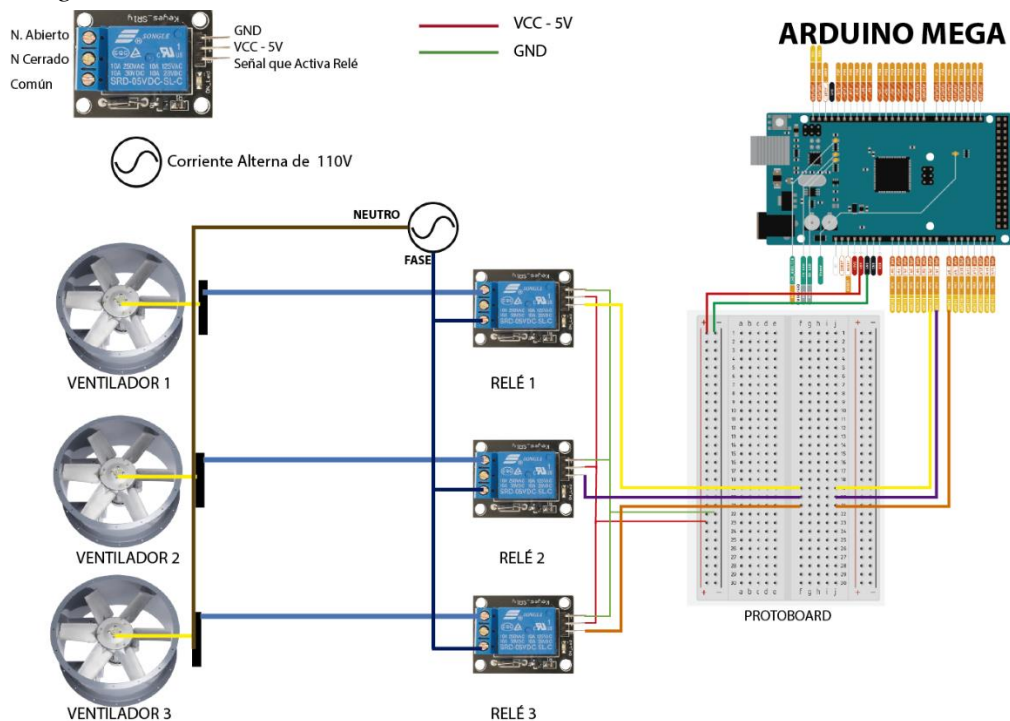


Figura 16

Diagrama De Instalación Ventiladores



3.4.2. Requisitos de humedad de la zona

La solución debe de alcanzar las siguientes características:

- Se debe de garantizar las condiciones de humedad en valores mínimos en todo el año a pesar de las épocas lluviosas donde se incrementan los niveles de humedad, Siguiendo las restricciones para la instalación de un Museo la humedad se debe mantener en $50 \pm 5\%$ HR, Por lo tanto, la activación de los ventiladores procurará mantener los niveles requeridos.
- Los espacios establecidos para el museo se climatizarán tanto para la ausencia de personas como para los visitantes y trabajadores del museo, estas condiciones serán;
 - Verano en 50% HR
 - Invierno en 40% HR

3.4.3. Instalación de los FAN



Para alcanzar estos objetivos se ha planeado la instalación de 3 ventiladores con una rotación pasiva procurando un Caudal de 28.8 M³/h (Metro cúbico por hora).

Especificaciones de los Ventiladores que se usarán:

Tabla 4

Especificaciones Para Instalación De Dispositivos De Ventilación

Especificación Técnica	Descripción
Material	ABS, PP
Velocidad de Rotación	25 R / min
Volumen del Aire	30 m ³ / h
Ruido	33dB (A)
Presión	245 - 305 (Pa)
Frecuencia	60 / 80HZ
Voltaje	120 - 220 V
Poder	80W
Tipo de Enchufe	Americano
Diámetro de la Cinta	F150 mm / 6 Pulgadas
Grado Impermeable	IP X 4
Peso	3000g / 105,8 oz
Superficie Adecuada	18-36m ²

Para lo cual se programa a la Tarjeta MEGA para que active un RELÉ que se encenderá al instante que los sensores de humedad detecten el máximo de humedad ventilando toda el área designada, y se apague al instante en que los sensores detecten la el 0% de humedad.

(Véase Anexo B)

Figura 17

Relé Arduino 5V



Estos relés tienen las siguientes características:

- Modo de disparo: alto nivel
- Módulo de relevador 5V
- Señal de control de 5V – 12V TTL
- Puede controlar la señal de DC o AC, también la carga de 220VAC
- Contacto normalmente abierto / cerrado
- Indicador de encendido

Luz controlada: brillante al tirar y sin brillo cuando se desconecta

- Aumente las bobinas del relevador de accionamiento del transistor, los pernos de control de alta impedancia
- Los pines de control tienen un circuito de extracción para evitar el mal funcionamiento del relevador.

Especificaciones:

- Carga máxima: AC 250V / 10A, DC 30V / 10^a
- corriente de activación: 5 mA
- Voltaje de funcionamiento: 5V
- Tamaño del módulo: 45 x 16 x 18.5 mm (largo x ancho x alto)
- DC+: fuente de alimentación positiva (VCC)
- DC-: fuente de alimentación negativa (GND)
- IN: puede ser relevador de control de nivel alto o bajo
- NO: interfaz de retransmisión normalmente abierta
- COM: Relevadores de interfaz común
- NC: interfaz de relevador normalmente cerrada

3.4.4. Configuración de Ventiladores

La información tomada por los sensores son las siguientes

0 - 300: tierra seca

300 - 700: tierra húmeda

700 - 1020: tierra muy húmeda

Al sobrepasar los 300 puntos de humedad la tarjeta MEGA activará los relés que encenderán los ventiladores, procurando de esta manera disipar la humedad de las paredes de Adobe y asegurando una larga durabilidad de los objetos que se instalarán en el Museo.

Si las mediciones llegan a 0 los relés se desactivarán apagando los ventiladores de esta manera se completa un sistema eficiente de la conservación de la humedad.

3.5. Control de Luces

3.5.1 Revisión de canaletas y tubería Conduit

Figura 18

Plano De Instalación de Luminarias

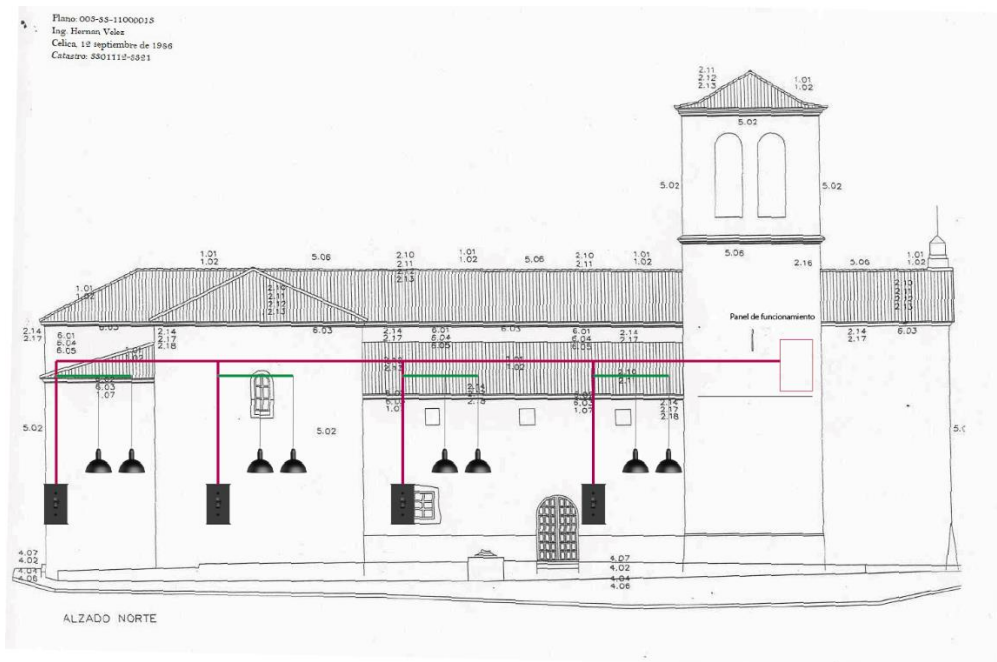
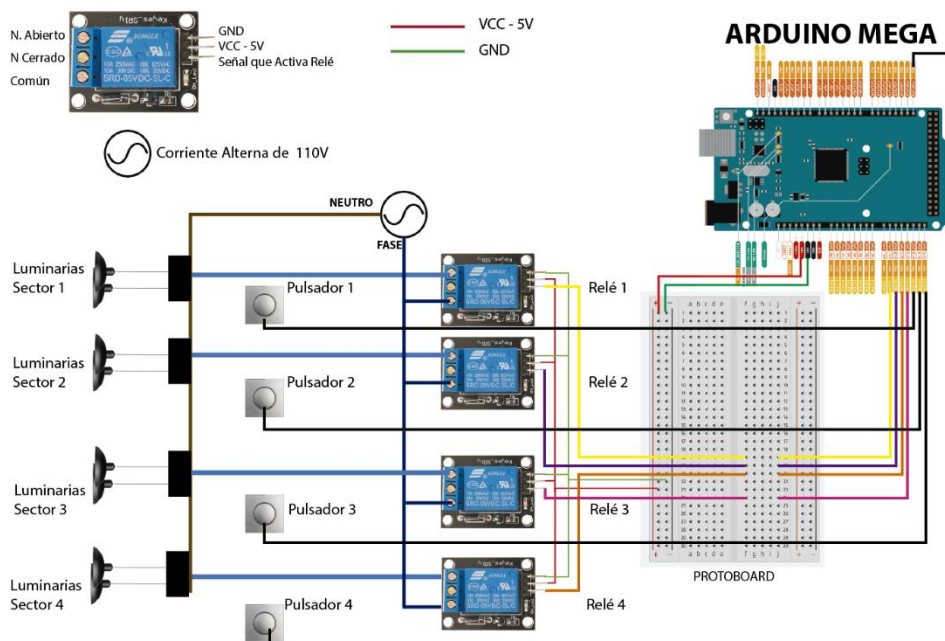


Figura 19

Diagrama De Instalación De Luminarias

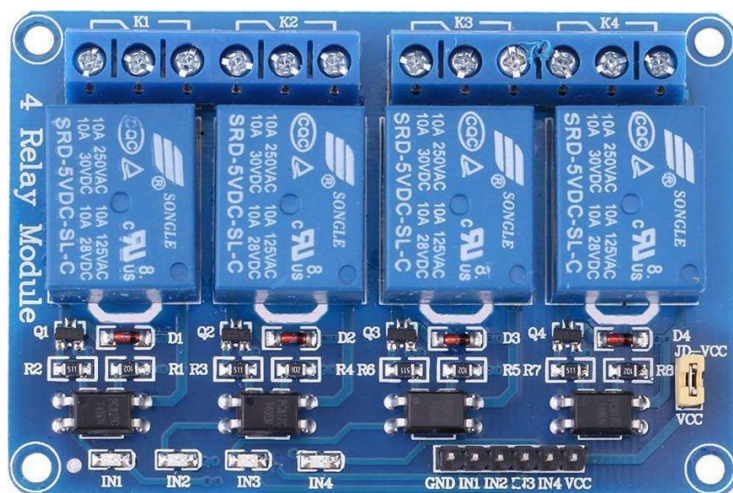


3.5.2 Instalación de luces y Relés

Para la instalación de las luces dentro del Museo se ha considerado dividir al mismo en 4 secciones los cuales tendrán 2 luminarias led de 110V ubicados a 3.75 m de distancia, cada sección será activada por un relé, asimismo, el relé podrá ser activado tanto por la tarjeta Arduino MEGA como por pulsadores colocados en la pared, tal como se puede apreciar en el diagrama de instalación.

Figura 20

Placa Arduino De Relés de 5V Armado



Se ha considerado utilizar un módulo de relés de 4 unidades con las siguientes especificaciones:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Señal de Control: TTL (3.3V o 5V)
- Nº de Relés (canales): 4 CH
- Modelo Relés: SRD-05VDC-SL-C
- Capacidad máxima: 10A/250VAC, 10A/30VDC

- Corriente máxima: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Entradas Opto-Acopladas
- Indicadores LED de activación

(Véase Anexo C)

3.5.3. Configuración de relés

El manejo del encendido y pagado de las luminarias tendrá 2 tipos de configuración. La primera consta en la instalación de 1 pulsador por sección, el mismo que se conectará directamente con la placa Arduino MEGA, activando el relé que encenderá las luces de la sección asignada.

La segunda configuración es directamente desde la placa Arduino MEGA, permitiendo así la autonomía y configuración tanto de manera remota como cronológica.

3.6. Control de Cerraduras

3.6.1 Revisión de Tubería Conduit para Cerraduras

Figura 21

Plano De Instalación De Cerraduras Magnéticas

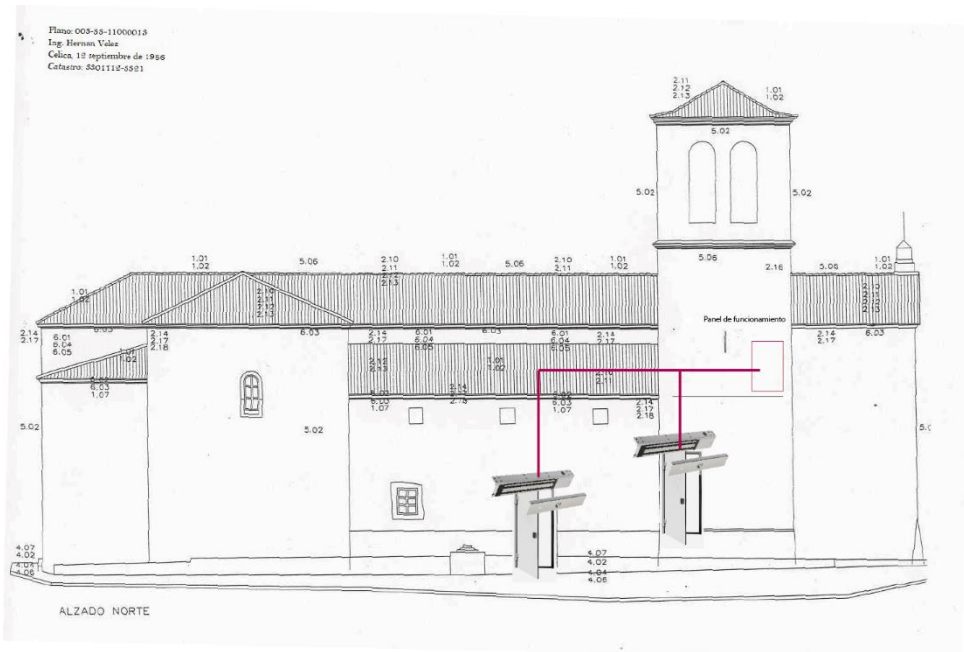
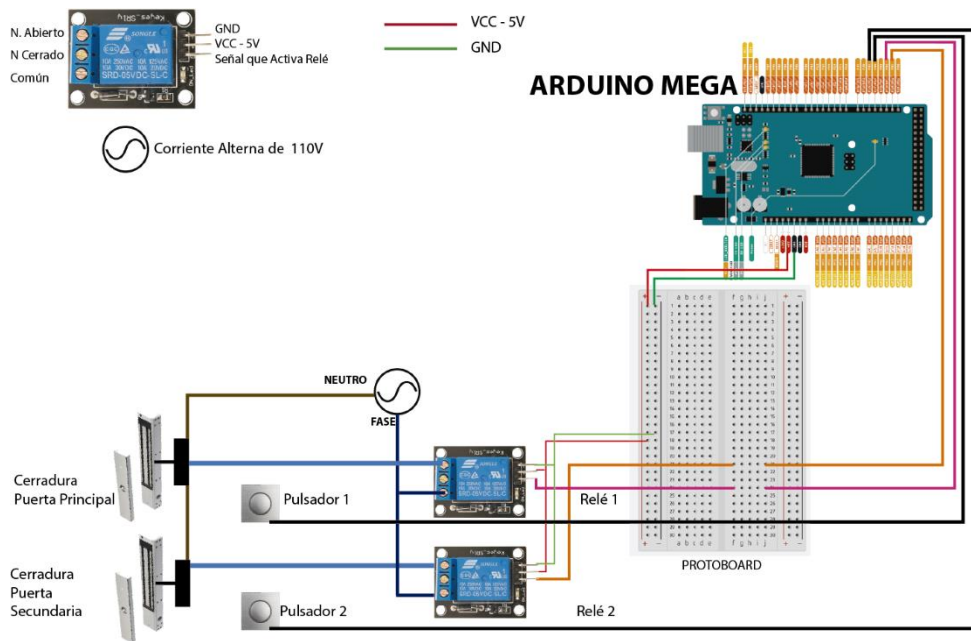


Figura 22

Diagrama de Instalación Cerraduras Magnéticas



3.6.2. Instalación de Cerraduras Magnéticas

Utilizaremos para el desarrollo de este proyecto una cerradura electrónica SD-997BQ por sus características específicas, cabe mencionar que esta cerradura es muy utilizada en instalaciones de alta seguridad.

Las características de esta cerradura son:

- Este dispositivo de seguridad cuenta con una tecnología denominada deadbolt que se la puede utilizar tanto en puertas de material de aluminio como en las puertas de material de madera.
- En caso de emergencia posee un modo en caso de pérdida de poder.
- Se puede desactivar el dispositivo sin cortar la energía mediante un control por cables.
- Posee un sistema de emergencia en caso de pérdida de la energía, con un mando desde dentro o con una llave de la cerradura por fuera.
- Se puede ajustar un control visible (Normalmente Abierto / Común / Normalmente Cerrado).
- El cierre de la puerta cuenta con un sistema con el objetivo de cerrado efectivo, de no ser así no se activará la cerradura.
- Su material en sus componentes de fuerza es de acero inoxidable.
- Su funcionamiento es de bajo consumo con un voltaje de 12 VCC y una corriente de 880mA en modo activo y 320mA en modo de espera.
- Modo de Protección de circuitos con 1.5 amperios.

(SECO-LARM, 2023)

(Véase Anexo D)

Para este control no es necesario de un relé ya que esta cerradura tiene una entrada que actúa directamente desde la Placa Arduino MEGA, de esta manera el acceso al Museo ser lo controlará directamente desde la placa con un pulsador o remotamente.

3.7. Configuración de Cableado y Panel de Funcionamiento

Para esta configuración en el panel de control a parte de la tarjeta Arduino MEGA se instalará el módulo ESP8266. El microcontrolador ESP8266 se realizará una integración con un conmutador de antena, amplificando la potencia de emisión, posee una recepción de ruido de muy bajo nivel. Contiene módulos para la gestión de la energía del equipo y filtros, los cuales se integran en un mismo chip (Saravia, 2019). Además, las características más relevantes son (Espressif, 2021; Saravia, 2019) un procesador primario Tensilica de 32 bits (Xtensa LX6), co-procesador de ultra baja energía (ULP), frecuencia de Clock programable hasta 240MHz, rendimiento de hasta 600 DMIPS, ROM de 448KB para arranque y funciones básicas, y SRAM de 520KiB para datos e instrucciones.

3.7.1. Redes Mesh

La utilización de redes globales da la oportunidad de incrementaciones más adecuadas porque su instalación y gestión son mucho más fáciles, de acuerdo al proyecto en el que se esté trabajando permiten escalabilidad y adaptación. Las Redes Mesh al ser unas redes más avanzadas y actualizadas tienen más beneficios y ventajas que las redes tradicionales, proveen una conexión estable ya que poseen una conexión de múltiples nodos comunicados entre sí. (Rico-Bautista, Sánchez-Espinosa & Portillo-Ballesteros, 2014)

Con la utilización de tecnología de tipo Wi-Fi 802.11b con capacidades de hasta 11Mbit/s en la frecuencia de 2.4GHz, siempre se ha utilizado amplificadores y repetidores para inundar el área de cobertura con radio frecuencia en la actualidad no es necesaria dicha inundación porque se utiliza los puntos de acceso tipo Wifi de malla.

3.7.2. Plataforma ThingSpeak

Este tipo de tecnología funciona como un servicio para el uso de ambientes de arquitecturas del internet de las cosas permitiendo visualizar, agregar y analizar los datos que se generan en un

proyecto directamente en la nube. De tal manera, que las placas, dispositivos, sensores y actuadores del entorno Arduino se pueden controlar de manera fácil. ThingSpeak permite todo esto en tiempo real toda esta generación de datos pueden ser guardados y compartidos a través de servicios web construidos e implementados para ser utilizados en diversas plataformas, también permite el desarrollo de los proyectos en modo prueba y también en modo producción sin necesidad e configurar otro tipo de servidores. (ThingSpeak, 2021). Algunas de las principales características o potencialidades que tiene ThingSpeak son las siguientes.

- Es de fácil configuración en los dispositivos, mediante protocolos IoT que son muy conocidos y populares.

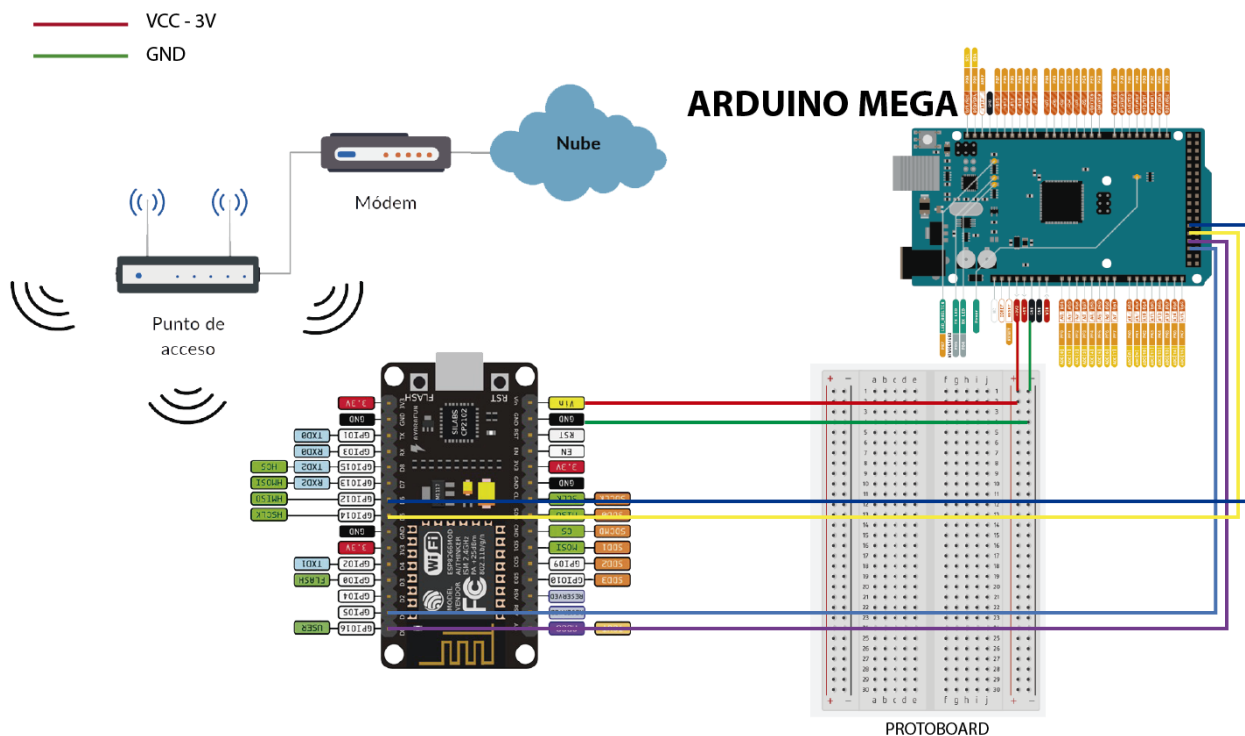
- Permite la visualización de la información en tiempo real, realizando sus análisis de manera automática, por medio de la configuración por eventos y horarios.

- Su integración con MATLAB multiplica las potencialidades en cuanto a los análisis y procesamiento de los datos.

Toda la información recopilada por sensores y actuadores estará controlada por el Arduino MEGA. Enviará los datos recopilados mediante el puerto serial (Rx /Tx) al módulo ESP8266. Posteriormente, se comunicará mediante la Wi-Fi a la placa Raspberry Pi 4, encargada de publicar los datos en el servidor web, hospedado en la nube. Para ello, empleará la plataforma ThingSpeak para el análisis y procesamiento de los datos, teniendo en cuenta la información presentada en el diagrama general del sistema, en el diagrama de bloques del prototipo y en los diseños de cada una de las conexiones. Seguidamente se muestra en las Figura 5 la vista interna del prototipo desarrollado, mientras que en la Figura 6 se visualizan dos registros de mediciones del sensor con la plataforma ThingSpeak.

Figura 23

Diagrama de Conexión de Compuestos ESP 8266 y Arduino MEGA



3.7.3. Manejo de Proyecto desde la WEB

Async ESP8266

Input example		Output example	
D0	<input type="radio"/> OFF	D8	<input checked="" type="checkbox"/> ON
D5	<input type="radio"/> OFF	D9	<input type="checkbox"/> OFF
D6	<input type="radio"/> OFF	D10	<input type="checkbox"/> OFF
D7	<input type="radio"/> OFF		

PWM example		Actions example	
PWM1	<input type="range" value="128"/>	ACTION1	<input type="button" value="DO SOMETHING"/>
PWM2	<input type="range" value="128"/>	ACTION2	<input type="button" value="DO SOMETHING"/>

4. Resultados

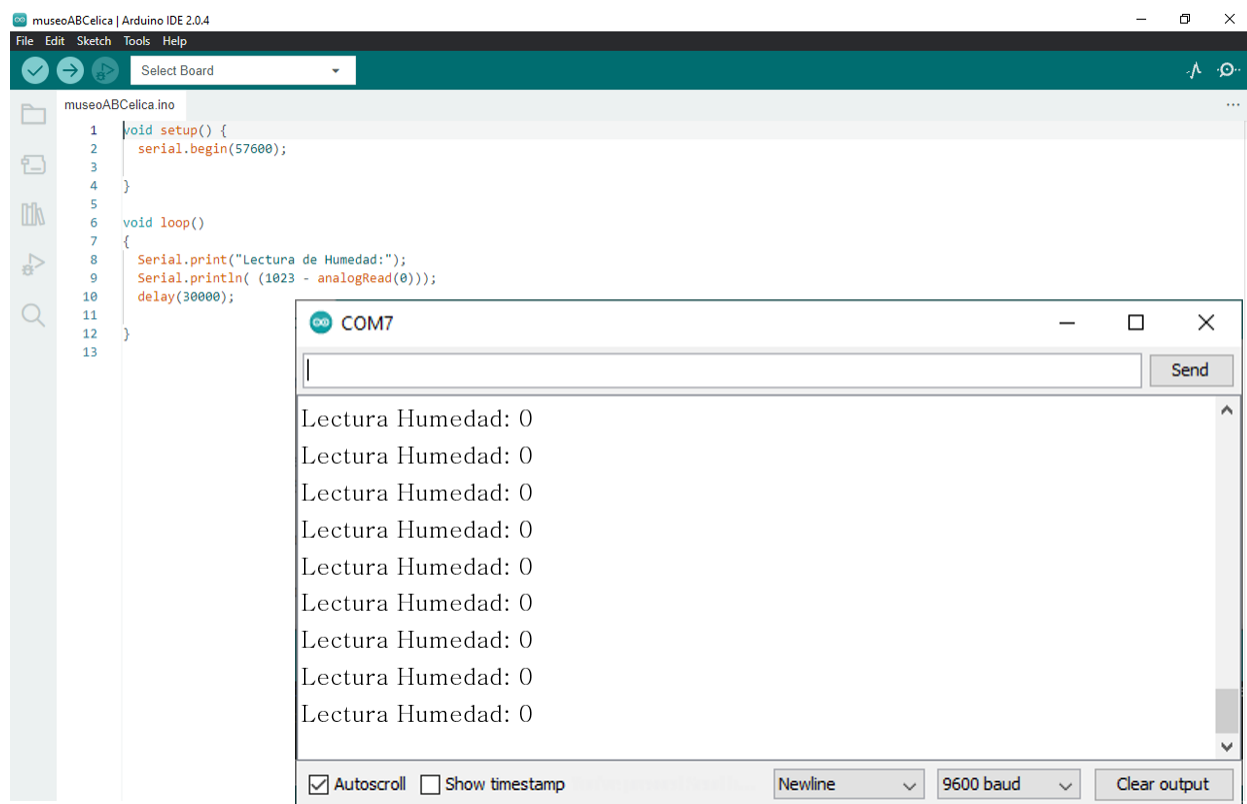
4.1. Resultados Sensores de Humedad

Para evidenciar los resultados de lecturas de los sensores de humedad resistivos se los ha realizado en una maseta con material de adobe, mismo material con el que se ha construido las paredes de la Iglesia Celica, se ha a realizado la conexión según el diagrama de la figura 10. Se ha configurado en el código el sondeo cada 30 segundos.

4.1.1 Resultados de Sensores con Tierra Seca

Figura 24

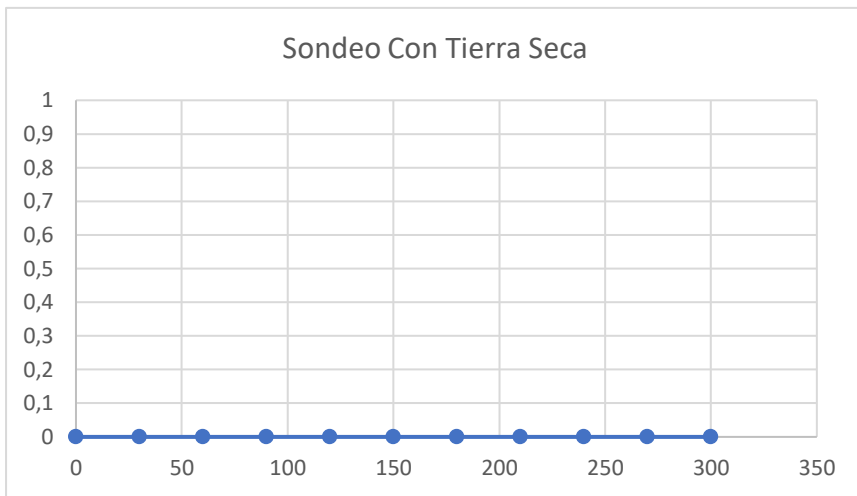
Monitor Arduino Resultados de Humedad



The screenshot displays the Arduino IDE interface. The main window shows the code for the 'museoABCelica.ino' sketch. The code is as follows:

```
1 void setup() {  
2   serial.begin(57600);  
3  
4 }  
5  
6 void loop()  
7 {  
8   Serial.print("Lectura de Humedad:");  
9   Serial.println( (1023 - analogRead(0)));  
10  delay(30000);  
11 }  
12  
13
```

The serial monitor window, titled 'COM7', shows the output of the code. It displays ten lines of text, each reading 'Lectura Humedad: 0'. The serial monitor settings at the bottom are: Autoscroll, Show timestamp, Newline, 9600 baud, and Clear output.

Figura 25*Gráfico Representativo De La Medición*

Como se puede presenciar tanto en el análisis hecho en el monitor de Arduino IDE en la tierra seca no hay ningún cambio en las lecturas y los resultados de las mismas se mantienen en 0 (Cero), por lo tanto, se puede considerar que la tierra se mantiene seca.

4.1.2. Resultados Con Tierra Levemente Humedad

Figura 26*Monitor Arduino Resultados de Humedad*

La imagen muestra la interfaz de usuario de Arduino IDE 2.0.4. En la parte superior izquierda, se ve el menú de archivos y el editor de código con el siguiente código:

```

1 void setup() {
2   serial.begin(57600);
3 }
4
5
6 void loop()
7 {
8   Serial.print("Lectura de Humedad:");
9   Serial.println( (1023 - analogRead(0)));
10  delay(30000);
11 }
12
13

```

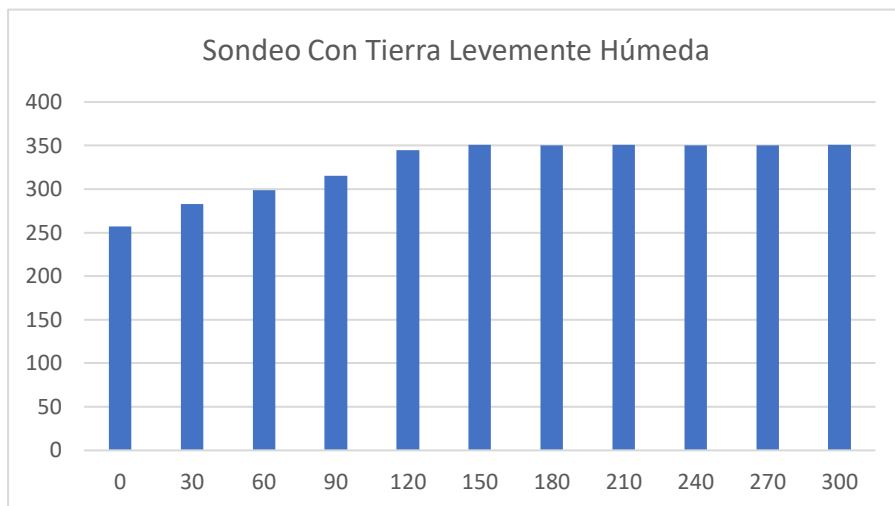
En la parte inferior derecha, se muestra el monitor de serie conectado a COM7. El contenido del monitor es:

```

Lectura Humedad: 257
Lectura Humedad: 283
Lectura Humedad: 299
Lectura Humedad: 315
Lectura Humedad: 345
Lectura Humedad: 351
Lectura Humedad: 350
Lectura Humedad: 351
Lectura Humedad: 350

```

En la parte inferior del monitor, se encuentran los controles de configuración: Autoscroll, Show timestamp, un menú desplegable para 'Newline', un menú desplegable para '9600 baud', y un botón 'Clear output'.

Figura 27*Gráfico Representativo De La Medición*

Analizando el gráfico obtenido con tierra levemente seca vemos que los resultados son los esperados de esta manera se puede programar para que la Placa Arduino MEGA active los relés de cada uno de los ventiladores destinados para la ventilación de las paredes de la Iglesia.

4.1.3. Resultados Con Tierra Muy Húmeda**Figura 28***Monitor Arduino Resultados de Humedad*

```

1 void setup() {
2   serial.begin(57600);
3 }
4 }
5
6 void loop()
7 {
8   Serial.print("Lectura de Humedad:");
9   Serial.println( (1023 - analogRead(0)));
10  delay(30000);
11 }
12 }
13 }

```

Serial Monitor Output (COM7):

```

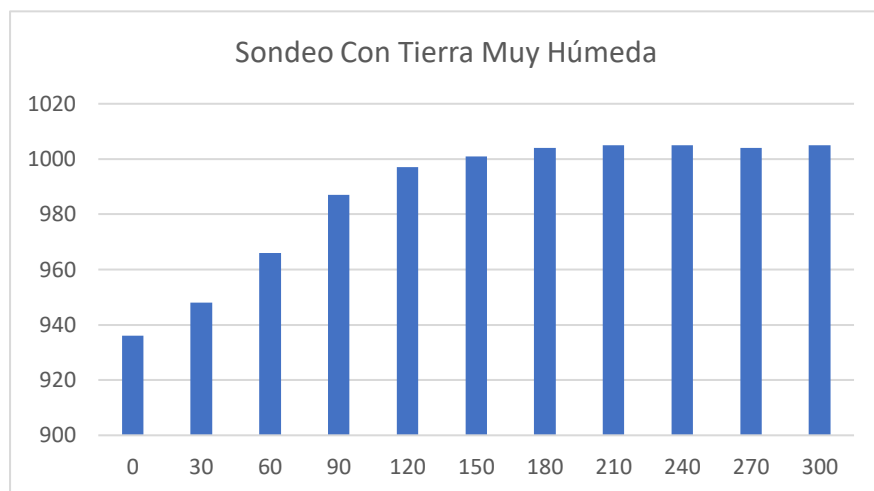
Lectura Humedad: 936
Lectura Humedad: 948
Lectura Humedad: 966
Lectura Humedad: 987
Lectura Humedad: 997
Lectura Humedad: 1001
Lectura Humedad: 1004
Lectura Humedad: 1005
Lectura Humedad: 1005

```

Serial Monitor Settings: Autoscroll (checked), Show timestamp (unchecked), Newline (selected), 9600 baud (selected), Clear output (button).

Figura 29

Gráfico Representativo De La Medición



Para comprobar la eficiencia de los sensores se ha procurado humedecer totalmente la tierra de la maceta, de esta manera, se puede comprobar que los resultados de los sensores en el Monitor Arduino MEGA sobrepasan los 980 puntos de humedad.

4.2. Resultados de Configuración de Ventiladores

4.2.1. Configuración De Activación De Ventiladores

Figura 30

Monitor Arduino Resultados Activación de Ventiladores

```

1 void setup() {
2   serial.begin(57600);
3   pinMode(8, OUTPUT);
4 }
5
6 void loop()
7 {
8   Serial.print("Lectura de Humedad: ");
9   Serial.print( (1023 - analogRead(A0)) );
10
11   if((1023 - analogRead(A0))>255)
12   {
13     Serial.println("Ventilador 1 Apagado");
14     digitalWrite(8, HIGH);
15   }
16   else
17   {
18     Serial.println("Ventilador 1 Encendido");
19     digitalWrite(8, LOW);
20   }
21
22   delay(30000);
23 }
24
25
26

```

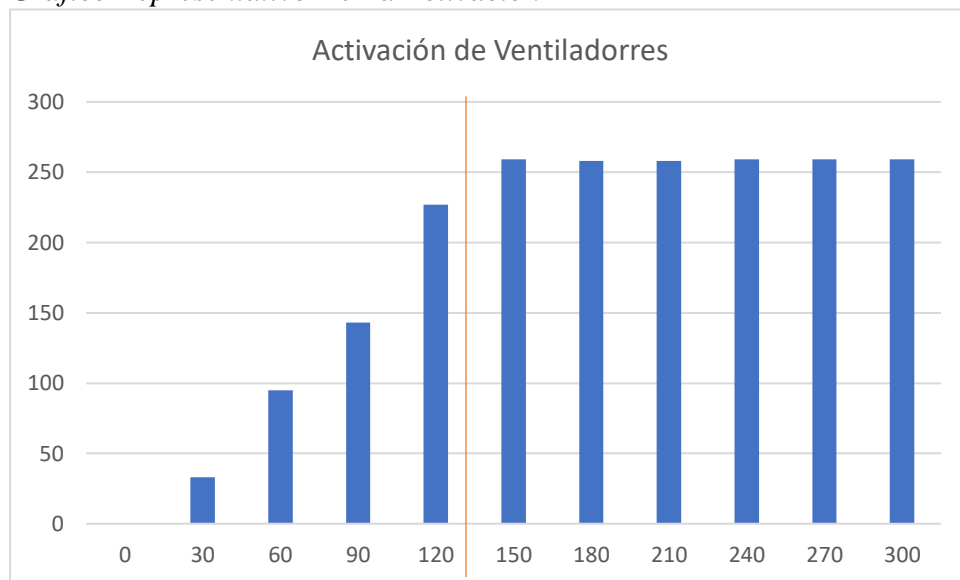
COM7

Lectura Humedad: 0 Ventilador 1 Apagado
 Lectura Humedad: 33 Ventilador 1 Apagado
 Lectura Humedad: 95 Ventilador 1 Apagado
 Lectura Humedad: 143 Ventilador 1 Apagado
 Lectura Humedad: 227 Ventilador 1 Encendido
 Lectura Humedad: 259 Ventilador 1 Encendido
 Lectura Humedad: 258 Ventilador 1 Encendido
 Lectura Humedad: 258 Ventilador 1 Encendido

Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output

Figura 31

Gráfico Representativo De La Activación



Tal como se evidencia en los gráficos la activación de los ventiladores es exitosa, de acuerdo a los parámetros establecidos el sistema de ventilación es óptima y confiable, recalando que para los resultados se ha ajustado el tiempo de intervalo de 30 segundos.

4.2.2. Configuración De Desactivación De Ventiladores

Figura 32

Monitor Arduino Resultados Desactivación de Ventiladores

```

1 void setup() {
2   serial.begin(57600);
3   pinMode(8, OUTPUT);
4 }
5
6 void loop()
7 {
8   Serial.print("Lectura de Humedad: ");
9   Serial.print((1023 - analogRead(A0)) * 5);
10
11   if((1023 - analogRead(A0)) > 255)
12   {
13     Serial.println("Ventilador 1 Encendido");
14     digitalWrite(8, HIGH);
15   }
16   else
17   {
18     Serial.println("Ventilador 1 Apagado");
19     digitalWrite(8, LOW);
20   }
21
22   delay(30000);
23 }
24
25
26

```

Serial Monitor Output (COM7):

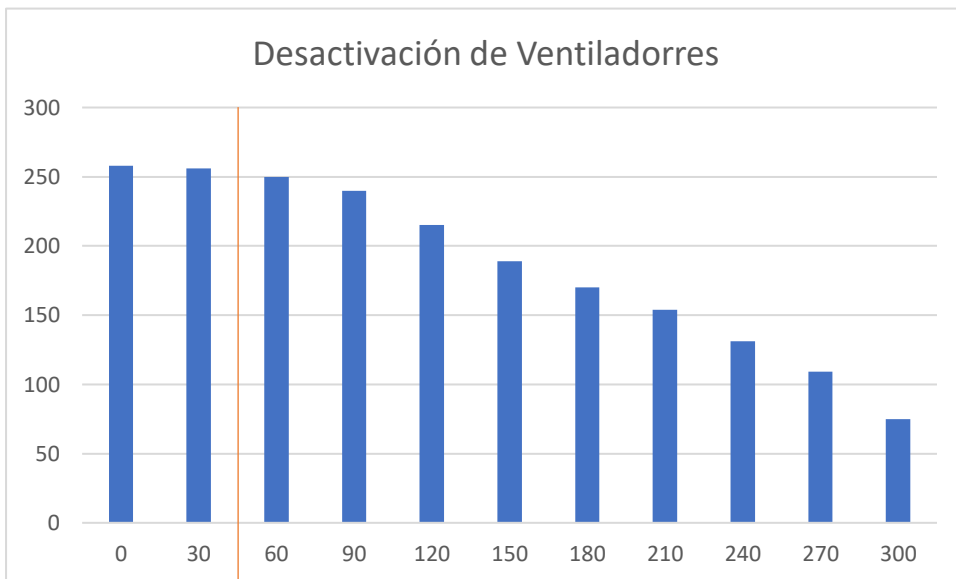
```

Lectura Humedad: 258 Ventilador 1 Encendido
Lectura Humedad: 256 Ventilador 1 Encendido
Lectura Humedad: 250 Ventilador 1 Apagado
Lectura Humedad: 240 Ventilador 1 Apagado
Lectura Humedad: 215 Ventilador 1 Apagado
Lectura Humedad: 189 Ventilador 1 Apagado
Lectura Humedad: 170 Ventilador 1 Apagado
Lectura Humedad: 154 Ventilador 1 Apagado

```

Figura 33

Gráfico Representativo De La Desactivación



Con lo programado se esperaba que los ventiladores se apaguen con un índice de humedad menor a 255 puntos, por lo tanto, las pruebas de desactivación también fueron un éxito.

4.3. Configuración de Luminarias

4.3.1 Configuración de Activación y Desactivación de Luces

Figura 34

Monitor Arduino Resultados Activación Y Desactivación De Luces

```

13
14
15 pinMode(pinon, INPUT);
16 pinMode(pinooff, INPUT);
17 // CONFIGURAR PIN DE LED
18 pinMode(pinled, OUTPUT);
19 }
20
21 void loop()
22 {
23   Serial.print("Lectura de H");
24   Serial.print( (1023 - analogRead(0)) );
25
26   if((1023 - analogRead(0)) > 200)
27   {
28     Serial.println("Ventilador Encendido");
29     digitalWrite(8, HIGH);
30   }
31   else
32   {
33     Serial.println("Ventilador Apagado");
34     digitalWrite(8, LOW);
35   }
36
37   estaon = digitalRead(pinon);
38   estaoff = digitalRead(pinooff);
39
40 // SE OPRIMIO EL BOTON DE ENCENDIDO?
41 if (estaon == LOW) {
42   // ENTONCES ENCEDEMOS EL LED
43   digitalWrite(pinled, HIGH);
44   Serial.println("Luz Seccion 1 Encendida");
45 }
46
47 // SE OPRIMIO EL BOTON DE APAGADO?
48 if (estaoff == LOW) {
49   // ENTONCES APAGAMOS EL LED
50   digitalWrite(pinled, LOW);
51   Serial.println("Luz Seccion 1 Apagada");
52 }
53
54 delay(30000);
55 }
56
57

```

Serial Monitor Output (COM7):

```

Pulsador 1 Activado = Luz Seccion 1 Encendida
Pulsador 1 Activado = Luz Seccion 1 Apagada
Pulsador 1 Activado = Luz Seccion 1 Encendida
Pulsador 1 Activado = Luz Seccion 1 Apagada

```

Serial Monitor Settings: Autoscroll (checked), Show timestamp (unchecked), Newline, 9600 baud, Clear output

Con esta configuración se puede realizar el encendido y apagado de las luces por secciones, mediante una variable se lo puede realizar con un pulsador instalado en cada sección, así mismo se puede controlar de manera remota la activación de las luminarias.

También se puede configurar un led en el panel de control para monitoreo del funcionamiento tanto de las placas como de los relés de activación.

4.4. Configuración de Cerraduras Magnéticas

4.4.1. Configuración de Activación y Desactivación de Cerraduras Magnéticas

Figura 35

Monitor Arduino Resultados Activación Y Desactivación De Cerraduras Magnéticas

```

32 {
33   Serial.println("Ventilador encendido");
34   digitalWrite(8, LOW);
35 }
36
37 estaon = digitalRead(pinLed);
38 estaoff = digitalRead(pinLed);
39
40 // SE OPRIMIO EL BOTON DE ENCENDIDO?
41 if (estaon == LOW) {
42   // ENTONCES ENCENDEMOS EL LED
43   digitalWrite(pinLed, HIGH);
44   Serial.println("Luz encendida");
45 }
46
47 // SE OPRIMIO EL BOTON DE APAGADO?
48 if (estaoff == LOW) {
49   // ENTONCES APAGAMOS EL LED
50   digitalWrite(pinLed, LOW);
51   Serial.println("Luz apagada");
52 }
53
54
55
56 estaonCerr = digitalRead(pinLed);
57 estaoffCerr = digitalRead(pinLed);
58
59 // SE OPRIMIO EL BOTON DE ENCENDIDO?
60 if (estaonCerr == LOW) {
61   // ENTONCES ENCENDEMOS EL LED
62   digitalWrite(pinLed, HIGH);
63   Serial.println("Cerradura 1 Abierta");
64 }
65
66 // SE OPRIMIO EL BOTON DE APAGADO?
67 if (estaoffCerr == LOW) {
68   // ENTONCES APAGAMOS EL LED
69   digitalWrite(pinLed, LOW);
70   Serial.println("Cerradura 1 Cerrada");
71 }
72
73 delay(30000);
74
75 }
76

```

Con esta configuración se puede la apertura y cierre de cerradura por secciones, mediante una variable se lo puede realizar con un pulsador instalado en cada sección, así mismo se puede controlar de manera remota la activación de las cerraduras.

También se puede configurar un led en el panel de control para monitoreo del funcionamiento tanto de las placas como de los relés de activación.

5. Análisis De Resultados

Tabla 5

Tabla De Análisis De Resultados Y Estado De Objetivos

Objetivo	Análisis	Estado
Control de Humedad	Una vez instalados los sensores, se pudo asignar los rangos de detección de humedad logrando una señal de activo sobrepasando los 255 puntos de humedad obtenidos por el sensor, de igual forma la alarma de humedad se apaga bajando los 255 puntos. Con la finalidad de mantener un espacio en los niveles óptimos de humedad logrando descartar el deterioro de los artefactos a instalar en el Museo.	Logrado
Control de Ventilación	Una vez Obtenida la señal de humedad, los ventiladores se activan logrando una ventilación pasiva de 25 Revoluciones por minuto ofreciendo un caudal de 30m ³ /h logrando una estabilidad de humedad en un promedio de 10 a 15 minutos. Logrando así un flujo estable de ventilación manteniendo equilibrado el nivel de humedad.	Logrado
Control de Luces	La división de 4 sectores para la iluminación cumple su cometido, la instalación de pulsadores permite activar la iluminación tanto local como remotamente. De esta manera se logra un espacio totalmente iluminado sin afectar a los materiales y colores de los artefactos del Museo.	Logrado
Control de Cerraduras Magnéticas	El Acceso al Museo permanece seguro gracias a la instalación de Cerraduras Magnéticas de alta calidad (SD-997BQ) los pulsadores se instalarán cerca del panel de funcionamiento de esa manera solo el personal asignado se encargará de la apertura y cierre del Museo. Logrando así un lugar seguro y sobre todo estético tanto al ingreso como salida de los visitantes y personal del Museo.	
Panel de Funcionamiento	La conexión que existe entre la placa Arduino MEGA y la placa ESP8266 logra la conexión remota y el manejo del mismo, de igual forma se han instalado componentes para el manejo local. Con la finalidad de un control remoto se logra la autonomía de todo el proyecto.	Logrado

6. Conclusiones Y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- El trabajo realizado en el uso de Sensores a determinado que puede ser una variable no tan fácil de manejar, sin embargo, el uso de varios dispositivos a una distancia aproximada de 5m entre ellos, y también un rango de sondeo de más de 30 segundo a permitido un sistema eficiente de sondeo de la humedad. También se tuvo en cuenta que el porcentaje de este factor en el ambiente es cambiante de acuerdo a las estaciones del año. Un determinante muy relevante dentro del sistema de sondeo fue el uso de un cable UTP CAT6 con 100% de cobre permitiendo así una pérdida de 0.01v por cada 5m que es aún más eficiente que el cable de 50% cobre que nos daba una pérdida de 0.03v por cada 5m quedando como un único dispositivo critico el mismo sensor.
- La instalación de los ventiladores es un proceso prácticamente sencillo se observa que el material con el que están construidas las paredes responde de una manera ideal al caudal ofrecido por el sistema de ventilación, permitiendo que el ambiente en el que se va a colocar los artefactos del Museo se mantenga en óptimas condiciones. La ventilación pasiva de 25 R /min no emite ninguna clase de polvo ni material que incidan en el estado de los artefactos.
- La instalación de las luces y pulsadores se los realizará externamente ya que el lugar por su contextura no ofrece los conductos internos adecuados por lo tanto se instalarán conductos externos, pero de manera sutil para no afectar a la fachada del Museo, la interrupción de la fase es estrictamente al diagrama de instalación para evitar posibles descargas eléctricas.

- La seguridad de la zona del Museo es un factor crítico, por eso se ha elegido las cerraduras SD-997BQ, las cuales nos ofrecen las características adecuadas para este proyecto, el mismo hecho de que el material de las paredes sea de adobe no ha influido en la seguridad ya que el marco de las puertas es de madera incrustado a gran profundidad en las mismas paredes.

Cabe recalcar que el acceso a la apertura y cierre de las cerraduras magnéticas solo tendrá acceso el personal autorizado y designado por la Parroquia Celica

- La configuración y manejo de la plataforma remota no es tan complicada ya que son características que vienen embebidas por el Arduino ESP8266, sin embargo, se ha visto pertinente también dejar un manejo local, dicho control local estará en el panel de funcionamiento a donde irán instalados todos los sensores y actuadores de este proyecto.

6.2. Recomendaciones

- De acuerdo a los materiales, al uso y a las Especificaciones de la hoja guía, se debe de realizar un cambio de sensores cada 7m ya que la corrosión de los materiales degenera la lectura de los porcentajes de humedad, esto es algo imperativo, pero al mismo tiempo no es complicado ni costoso ya que el costo del sensor FC-28 es muy barato.
- El mantenimiento de los ventiladores se debe de hacer desinstalando de la base de cada uno de ellos y llevando a un lugar adecuado para hacer la pulverización y remoción de posible polvo que pueda existir en las aspas de los ventiladores. Los

cables de alimentación deben estar debidamente aislados para evitar posibles cortos y detener el funcionamiento de los mismos.

- Las luces deben de ser en luz fría, de ser posible la utilización de luces led, de esta manera no se verán afectados los materiales de construcción de los artefactos que irán en el Museo, la distancia entre cada sección debe de ser de 3.75 m y la distancia entre cada luminaria de 3m, ofreciendo una iluminación agradable y total de toda el área, eliminando las sombras entre objetos y cubriendo todos los rincones requeridos.
- Las cerraduras magnéticas son dispositivos de alto impacto y de uso continuo por lo tanto se debe mantener lubricada todas las partes que realicen movimiento, también es importante hacer pruebas frecuentes del sistema de emergencia el cual solo sirve con una llave especial que tienen los empleados autorizados y permiten la apertura en casos críticos o de emergencia. Los Relés deben de ser cambiados cada año porque los optoacopladores pierden eficiencia pasado ese rango de tiempo.
- Para un continuo funcionamiento se debe de instalar un UPS de capacidad de 2000VA para todo el sistema ofreciéndonos una independencia de +- 15 minutos, dando el tiempo suficiente para evacuar el Museo en caso de ser necesario. Se cree pertinente y de mucha relevancia una capacitación de uso de la plataforma remota para las personas que estén autorizadas dentro de la Parroquia Eclesiástica Celica. El mantenimiento del panel de control se lo debe de hacer cada 7 meses enfocándose principalmente en todos los conectores tanto de sensores como de actuadores.

7. Referencias de Tesis

Referencias

Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., & Morales Ríos, C. (2015). *Las Tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*. Madrid: Fundación EOI.

Enríquez Herrador, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Cordova: ITI Sistemas.

Lazalde, A., & Vila-Viñas, D. (2015). *Hardware: ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre*. Quito: IAEN-CIESPAL.

SECO-LARM. (1 de Enero de 2023). *SECO-LARM ENFORCER*. Obtenido de Cerraduras Magnéticas: <https://www.seco-larm.com>

8. Anexos