



Automatización de las campanas de la Iglesia Nuestra señora de El Salto de la Ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Bonilla Tufiño, Victor Stalin y Tipan Amaguaña, Luis Felipe

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

03 de febrero del 2023

Latacunga

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión tesis Sres. Bonilla_Tipán

NOMBRE DEL ALUMNO

LUIS FELIPE TIPAN AMAGUA 

NOMBRE DEL ARCHIVO

LUIS FELIPE TIPAN AMAGUA  - Documento sin título



Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.:0502272131

SE HA CREADO EL INFORME

3 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	4	1 %
Fragmentos citados o entrecomillados	0	0 %
Coincidencias de la Web		
e pn.edu.ec	1	0,4 %
fundacionendesa.org	1	0,4 %
comercialmendez.es	1	0,2 %
barcelona-electricidad.com.es	1	0,2 %

1 de 4 fragmentos

Fragmento del alumno MARCADO

El electroimán superconductor: Son imanes potentes desarrollados con bobinas de cables superconductores

[Mejor coincidencia en la Web](#)

El electroimán superconductor: Los imanes más potentes se fabrican con bobinas de cables superconductores, de allí su nombre de "superconductores".

¿Qué es un electroimán y para qué sirve? - Comercial Méndez <https://comercialmendez.es/es/blog/noticias/que-es-un-electroiman-y-para-que-sirve>

2 de 4 fragmentos

Fragmento del alumno MARCADO

Los lenguajes gráficos que utilizan símbolos al momento de programar las instrucciones de control, por otra parte los lenguajes que basan su programación en texto, usan cadenas de caracteres para...

[Mejor coincidencia en la Web](#)

Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones. Lenguajes...

LENGUAJES DE PROGRAMACION DE PLC

'S <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9278/6/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC.doc>



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico el trabajo de integración curricular: **"Automatización de las campanas de la Iglesia nuestra señora del Salto de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi"** fue realizado por los señores **Bonilla Tufiño, Victor Stalin** y **Tipan Amaguaña, Luis Felipe**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; además, fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de febrero de 2023

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.:0502272131



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Bonilla Tufiño, Víctor Stalin**, con cédula de ciudadanía N°0503476731 y **Tipan Amaguaña, Luis Felipe**, con cédula de ciudadanía N° 1728661990, declaramos que el contenido y criterios del trabajo de integración curricular **“Automatización de las campanas de la Iglesia nuestra señora del Salto de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 03 de febrero de 2023

Bonilla Tufiño, Víctor Stalin

C.C.:0503476731

Tipan Amaguaña, Luis Felipe

C.C.:1728661880



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación


Autorización de Publicación

Nosotros, **Bonilla Tufiño, Victor Stalin**, con cédula de ciudadanía N°0503476731 y **Tipan Amaguaña, Luis Felipe**, con cédula de ciudadanía N°1728661990, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular “**Automatización de las campanas de la Iglesia nuestra señora del Salto de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría.

Latacunga, 03 de febrero de 2023


Bonilla Tufiño, Victor Stalin

C.C.:0503476731


Tipan Amaguaña, Luis Felipe

C.C.:1728661880

Dedicatoria

Estudiante Bonilla Tufiño Victor Stalin

Este logro y gran paso se la dedico a mi esposa Jessica Bonilla, quien a pesar de las circunstancias me dio su apoyo incondicional a través de su guía, comprensión y sabiduría; ya que jamás perdió la esperanza de verme llegar a este momento, y en conjunto con mis hijos Gissel, Jeremy y Aileen los cuales confiaron me apoyaron y fueron el soporte en cada obstáculo que se presentó en mi camino para ellos este gran logro y los próximos que vendrán.

Dedicatoria

Estudiante Tipan Amaguaña Luis Felipe

Este trabajo lo conseguí en base al esfuerzo y superando varios obstáculos, poniendo en práctica todos los valores que mi familia me enseñó a lo largo de todos mis años. Por eso quiero dedicar con todo mi cariño y amor que tengo hacia mi abuelita Flores Espinoza, Maria Matilde y a mi abuelito Amaguaña Amaguaña, Luis Amable que siempre me ayudaron y motivaron para no rendirme y seguir adelante, que fueron el pilar fundamental que me apoyo para que el siguiente proyecto se cumpla.

A mis amigos con los que compartí a lo largo de mi viaje universitario con los que he compartido momentos de alegría y tristeza, dándome apoyo día a día a pesar de las dificultades.

Agradecimiento

Estudiante Bonilla Tufiño Victor Stalin

Como principal agradezco a mi Dios por darme vida para llegar hasta este momento seguido de mi esposa e hijos que sin su sacrificio apoyo no se podría alcanzar este logro.

A mis padres Piedad Tufiño y Nicolás Bonilla quienes siempre han sido y serán un pilar fundamental en mi vida y de mi familia a mis hermanos Edison y Verónica que, ante todo y todos, me dieron fuerzas ánimo y apoyo sin dejarme desfallecer en el trascurso de mi carrera.

A mi tutora Ing. Zahira Alexandra, Proaño Cañizares que con su temple y conocimiento nos impulsó a salir adelante y culminar con total éxito hasta llegar a este momento el cual fue nuestro objetivo desde que empezamos este camino de formación.

A mi compañero Luis Tipan que, con su entusiasmo y dedicación, más los conocimientos adquiridos logramos llegar a nuestro propósito que fue sacar este proyecto adelante dándonos la mano y dedicándonos de lleno en el objetivo planteado.

Agradecimiento

Estudiante Tipan Amaguaña Luis Felipe

A mi familia, en especial a mi abuelita por haberme guiado a lo largo de todos mis años de vida, por nunca rendirse y enseñarme lo necesario hasta llegar a la meta deseada, a mis amigos que me ayudaron a lo largo de mi recorrido universitario.

De igual manera, muchas gracias a mis maestros que tuvieron la paciencia y enseñarme finalidad de compartir todos sus conocimientos, gracias a todas las personas que siempre estuvieron a mi lado y me apoyaron.

En especial agradezco a mi tutora Ing. Zahira Alexandra, Proaño Cañizares que gracias a su paciencia y dedicación puedo guiarme para culminar con éxito todas mis metas las cuales me propuse al inicio de mi carrera universitaria.

A mi compañero Victor Bonilla que, su dedicación y con los conocimientos adquiridos logramos llegar a nuestro propósito que fue sacar este proyecto adelante dándonos la mano y dedicándonos de lleno en el objetivo planteado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	13
Índice de tablas	14
Resumen.....	15
Abstract	16
Capítulo I: Introducción.....	17
Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del Problema	18
Justificación.....	18
Objetivos	18
<i>Objetivo general</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	19
Alcance	19
Capítulo II: Marco teórico	20
La iglesia de Nuestra Señora de El Salto	20
Historia	20
Descripción del campanario	21
Historia de las campanas de iglesia	23
Partes de una campana	23
Automatización	25
Sistema automatizado	25
Sistema de control	25
Lazo abierto y cerrado.....	26

Controlador	27
Elemento primario de control	28
<i>Medición de nivel</i>	28
<i>Medición de temperatura</i>	28
<i>Medición de presión</i>	29
<i>Medición de caudal</i>	29
Elemento final de control	30
<i>Electromartillo</i>	30
<i>Motores eléctricos</i>	31
<i>Válvulas</i>	31
<i>Bombas</i>	32
Autómata programable.....	32
Lenguajes de programación	33
<i>Lenguajes Gráficos</i>	33
<i>Lenguajes Textuales</i>	33
Aparatos de maniobra	34
<i>Interruptores</i>	34
<i>Pulsadores</i>	34
<i>Conmutadores:</i>	34
Elementos de protección.....	34
<i>Fusible</i>	35
<i>Relé térmico</i>	35
<i>Interruptor magneto térmico</i>	35
Capítulo III: Desarrollo.....	36
Descripción del Proceso	36
<i>Tabla con distancias</i>	37
Selección de Hardware.....	38
<i>Autómata programable</i>	38
<i>Pantalla táctil</i>	39
Electromartillo.....	39
Dimensionamiento de los elementos de protección y control	40
<i>Protección de los dispositivos de control</i>	40
<i>Alimentador al tablero TDSC</i>	41
<i>Protección del alimentador al tablero TDSC</i>	42
<i>Conductor para la señal de control</i>	42

<i>Cálculo de protecciones por fusibles</i>	43
Diagrama de fuera.....	43
Selección del software	43
Diagrama de conexiones al autómeta programable.	46
Software del touch	46
<i>Programación de la pantalla táctil</i>	46
Implementación de sistema electromecánico.....	52
Tablero de control TC	52
Diagrama de conexiones al relé lógico programable	53
Tablero de fuerza	53
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	55
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Bibliografía	57
Anexos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Iglesia de Nuestra Señora de El Salto</i>	20
Figura 2 <i>Ubicación del campanario en la iglesia de El Salto</i>	21
Figura 3 <i>Campana grande sujetada con un conjunto de sogas al soporte de madera</i>	22
Figura 4 <i>Campana pequeña</i>	22
Figura 5 <i>Partes de una campana</i>	23
Figura 6 <i>Sistema de control de lazo abierto</i>	26
Figura 7 <i>Sistema de control de lazo cerrado</i>	27
Figura 8 <i>Estructura de un PLC</i>	32
Figura 9 <i>Diagrama de ubicación de tableros</i>	37
Figura 10 <i>Ubicación del campanario</i>	38
Figura 11 <i>Estructura del Electromartillo</i>	39
Figura 12 <i>Diagrama de fuerza</i>	43
Figura 13 <i>Programación en Ladder de tono de misa normal</i>	44
Figura 14 <i>Programación en Ladder de tono de misa funeral y llamado a misa</i>	45
Figura 15 <i>Programación en Ladder de tono de llamado funeral</i>	45
Figura 16 <i>Conexiones al autómat programable</i>	46
Figura 17 <i>Seleccionar el software DOPSoft 4.00.10</i>	46
Figura 18 <i>Seleccionar nuevo proyecto</i>	47
Figura 19 <i>Selección de la pantalla táctil</i>	47
Figura 20 <i>Selección del nombre, idioma y escena</i>	48
Figura 21 <i>Configuración del puerto de comunicación</i>	48
Figura 22 <i>Selecciones de los elementos para la programación</i>	49
Figura 23 <i>Configuración del botón</i>	49
Figura 24 <i>Seleccionar la dirección y valor del pulsador de misa</i>	50
Figura 25 <i>Configuración de los parámetros del pulsador de misa normal</i>	50
Figura 26 <i>Simular los pulsadores</i>	51
Figura 27 <i>Etiquetado de los pulsados con el software DOPSoft 4.00.10</i>	51
Figura 28 <i>Instalación del sistema electromecánico</i>	52
Figura 29 <i>Parte frontal del tablero de control</i>	52
Figura 30 <i>Conexiones al autómat programable</i>	53
Figura 31 <i>Conexiones del tablero de fuerza</i>	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Distancia entre tableros</i>	37
Tabla 2 <i>Especificaciones del Logo 230RCE</i>	38
Tabla 3 <i>Especificaciones de la pantalla táctil</i>	39
Tabla 4 <i>Especificaciones del electroimán</i>	40
Tabla 5 <i>Lista de entra/salida</i>	44
Tabla 6 <i>Descripción de los elementos de la tapa del tablero de control</i>	53

Resumen

El presente proyecto de integración curricular, tiene como objetivo automatizar el toque de las campanas de la iglesia Nuestra Señora de El Salto. La iglesia consta de dos campanas que eran tocadas manualmente al tensar las sogas sujetas a los badajos, pero debido al desgaste de las sogas estas se rompieron, es así que, desde aproximadamente dos años las campanas no han sonado. La solución consiste en la instalación de: a) un tablero de control (TC) colocado a la derecha del altar donde se alberga al relé lógico programable, los relés de mandos para activar las bobinas de los contactores asociados a los electromartillos, una pantalla táctil y los pulsadores para seleccionar el tono; b) un tablero de distribución (TDS) instalado en el segundo piso en la parte opuesta al altar, donde se instalaron las protecciones para el alimentador del tablero TDSC; y c) el tablero TDSC, instalado en el campanario donde se alojan los contactores asociados a los electromartillos. Se construyó dos estructuras donde se soldaron los electromartillos para cada campana, a su vez, los electromartillos fueron contruidos acoplado a los electroimanes los martillos que se encargarán de golpear a la campana. El sistema permite repicar tres tonos diferentes: tono de misa, tono de funeral, y tono de emergencia, los cuales, pueden ser activados ya sea desde los pulsadores o desde la pantalla táctil en el tablero TC.

Palabras clave: Automatizar el campanario, Tableros de control, Electromartillos, Estructurametálica, Electroimanes, Iglesia de El Salto.

Abstract

The objective of this curricular integration project is to automate the ringing of the bells of the Nuestra Señora de El Salto church. The church has two bells that were rung manually by tightening the ropes attached to the clappers, but due to the wear of the ropes, these broke, so that for about two years the bells have not rung. The solution consists of the installation of: (a) a control board (TC) placed to the right of the altar where the programmable logic relay is housed, the command relays to activate the contactor coils associated with the electrical hammer, a touch screen and the pushbuttons to select the tone; b) a distribution board (TDS) installed on the second floor opposite the altar, where the protections for the feeder of the TDSC board were installed; and c) the TDSC board, installed in the bell tower where the contactors associated with the electrical hammer are housed. Two structures were built where the electrical hammer for each bell were welded, and the electrical hammer were built by attaching the hammers that will be in charge of striking the bell to the electromagnets. The system allows ringing three different tones: mass tone, funeral tone, and emergency tone, which can be activated either from the push buttons or from the touch screen on the TC board.

Keywords: Automation of the bell tower, Control panels, Electric hammers, Metal structure, Electromagnets, Iglesia de El Salto.

Capítulo I

Introducción

Tema

Automatización de las campanas de la Iglesia Nuestra Señora de El Salto de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Antecedentes

La manipulación del ser humano mediante la cuerda colgante del badajo para hacer sonar las campanas se realiza de forma manual con las diferentes secuencias, dependiendo del motivo requerido. Tales secuencias son ejecutadas en periodos continuos y en diferente ritmo, indicando a través del ritmo el evento a celebrarse.

El proyecto de Canseco y Andaluz (2012), con tema “Automatización del Funcionamiento del Campanario del “Santuario de Nuestra Señora de la Elevación” de la Diócesis De Ambato en la Parroquia Santa Rosa” donde los autores utilizaron un sistema de poleas controlado por dos pic’s 16F877A, enlazados por comunicación serial para las dos campanas de la iglesia. Uno de los problemas que los autores encontraron fue que factores externos pueden afectar el funcionamiento óptimo del sistema.

El proyecto de Guamialamá (2013), con tema “Diseño, construcción e implementación de un sistema mecatrónica para repicar campanas en una iglesia “ donde los autores utilizaron un sistema de poleas controlado por un PLC para el control sistema mecánico y se controla con un mando remoto que envía las señales de replique a un pic’s 16F877A que funciona con receptor, una de sus conclusiones fue que para un correcto funcionamiento es necesario escoger los elementos más óptimos, y que para poder trabajar más de forma eficiente al momento de ensamblar el mecanismo se dé un correcto replique del campanario.

Planteamiento del Problema

Es costumbre, en nuestra sociedad, que los feligreses conozcan el motivo de una celebración en la iglesia de acuerdo al sonar de las campanas, además, de acuerdo al número y frecuencia del repique se podía asumir el tiempo que faltaba para que una misa empiece.

El templo Nuestra Señora del Salto dispone de 2 campanas que eran tocadas manualmente al tirar de las sogas sujetas a los badajos, antes de la celebración de la misa. El sonido del repique de las campanas dependía de la persona encargada y también el tiempo que demoraba. Pero debido al desgaste de las sogas éstas se rompieron. En virtud de que el acceso al campanario es complicado, por no disponer de graderíos para subir fácilmente, ha dificultado la reposición de las sogas, es así que desde hace aproximadamente 2 años que las campanas no suenan.

Justificación

Para dar solución al problema encontrado en la iglesia, el presente trabajo de integración curricular plantea la "Automatización de las campanas de la iglesia nuestra señora del Salto de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi", consiguiendo de esta manera, que la comunidad, vuelva a escuchar sus campanas repicar.

A través de la automatización de las campanas se obtendrá un sistema de repique diseñado bajo parámetros técnicos, ayudando a reactivar esta tradición, evitando que estos símbolos religiosos como son las campanas se pierdan con el paso del tiempo.

Objetivos

Objetivo general

Automatizar las campanas para generar distintos toques y avisos a través de un controlador, motor y un tablero de control en la Iglesia Nuestra Señora del Salto de la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Investigar los tipos de motores para incorporar un martillo que golpee la campana.
- Programar la lógica adecuada en el controlador para generar distintos toques y avisos.
- Seleccionar los pulsadores y pantalla desde donde el usuario pueda ingresar el sonido que desea que toquen las campanas.
- Ensamblar el control con el sistema mecánico para verificar su correcto funcionamiento en cada campana.

Alcance

Para la Automatización de las campanas se instalará un sistema electromecánico y un tablero de control. El sistema electromecánico constará de dos electros martillos que estarán colocados individualmente en cada campana y serán controlados mediante un relé lógico programable, desde un tablero de control, que se instalará en un costado del altar para que el Párroco del templo, tenga fácil acceso al control del repique para el evento eclesialístico a su elección.

Capítulo II

Marco teórico

La iglesia de Nuestra Señora de El Salto

La iglesia de Nuestra Señora de El Salto de la ciudad de Latacunga, ubicada en la calle Juan Abel Echeverría entre Amazonas y Dos de mayo, provincia de Cotopaxi, Latacunga.

Figura 1

Iglesia de Nuestra Señora de El Salto.



Nota. La figura representa la iglesia de Nuestra Señora de El Salto.

Historia

La Iglesia de Nuestra Señora de El Salto está construida en el cráter del Asiento de Latacunga, volcán que entró en erupción durante la erupción del Cotopaxi, el cual estalló violentamente con lodo y material que destruyó sistemáticamente la ciudad entre los siglos XVII y XIX, (ViajandoX, 2020).

La tradición apunta a un acto milagroso como punto de partida del culto a la Virgen y por tanto de su culto. Por ello, guiados por la lógica de las creencias religiosas del pueblo, se

Construyó en esa época una pequeña iglesia denominada “Nuestra Señora de El Salto”, que paulatinamente se convirtió en lugar obligado de peregrinaje, (Raymi, 2022).

El terremoto de 1797 destrozó en gran parte la capilla y se la reconstruyó de menor tamaño en el mismo sitio de la original, convirtiéndose en un templo de una sola nave y torres gemelas en un sentido norte-sur. Su estructura es maciza, con una cúpula central. Iluminada en el altar, aparece la denominada Virgen del Salto. En los laterales existen secciones denominadas naves en paralelo a la parte central del templo. La entrada a la iglesia está formada por un arco y capiteles de piedra pómez (Raymi, 2022).

Descripción del campanario.

El campanario de la iglesia de El Salto se encuentra ubicada en la parte superior izquierda del templo como se observa en la Figura 2 y posee dos campanas de diferentes dimensiones ya que una es más grande.

Figura 2

Ubicación del campanario en la iglesia de El Salto.



Nota. La figura representa la ubicación del campanario en el templo de El Salto.

En la Figura 3, se puede observar la campana de mayor dimensión, la altura de esta campana es de 75 cm tomada desde el asa el borde inferior y está colgado por un conjunto de sogas fijadas al asa desde una biga de madera.

Figura 3

Campana grande sujeta con un conjunto de sogas al soporte de madera



Nota. La figura representa la campana grande.

En la Figura 4, se puede observar la campana de menor dimensión, con una altura de 40 cm tomada desde el asa el borde inferior y está colgado por un conjunto de sogas fijadas al asa desde una biga de madera.

Figura 4

Campana pequeña.



Nota. La figura representa la campana pequeña.

Por sus dimensiones la campana más grande produce un replique más grave que la de menor tamaño, lo que permitía distinguir por los moradores los toques antes de cualquier evento eclesiástico.

Historia de las campanas de iglesia

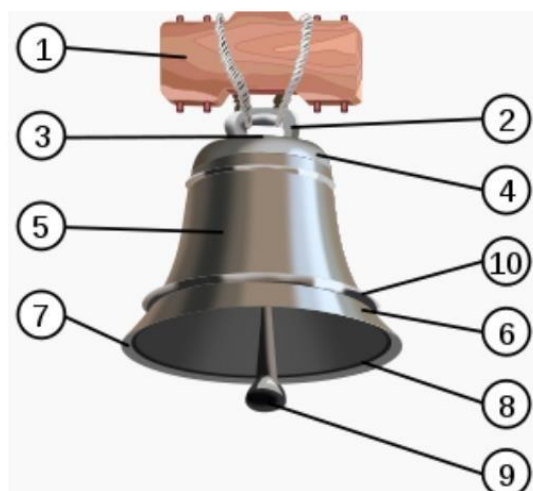
Según Sánchez, Luis Alberto (2020), las campanas son instrumentos musicales, son muy populares por su voz inconfundible en varias partes del mundo. La mayoría de las iglesias católicas tienen campanarios, donde es una de las partes más importante de la arquitectura de templos religiosos donde se utilizan para llamar a cualquier evento eclesiástico. El origen de la campana es difícil de predecir y por lo general se asume que la campana se refiere a Campania en Italia, donde comenzó su fundición con campanas de bronce de la más alta calidad.

Partes de una campana

Según Mercedes, Rita Chio (2015), las partes de la campana son:

Figura 5

Partes de una campana.



Nota. La figura representa las partes que forman una campana. Tomado de (Mercedes, 2015)

- **Yugo o contrapeso:** El material original para hacer el yugo era la madera, junto con algunos accesorios para sujetar la campana al campanario. La función principal del yugo era hacer girar la campana y hacerla sonar continuamente.
- **Asa:** Está unido al extremo superior de la campana y tiene una ranura por donde pasa la cuerda; cuando se tira de la cuerda, se mueve o gira, lo que también gira la campana,
- **Tercio:** responsable de sostener el cabezal de la campana y lo une con la cintura,
- **Medio:** Tiene forma de ovoide y es la parte más alargada que posee la campana,
- **Pie:** Es un anillo de metal que va alrededor de la boca de la campana y ayuda a amplificar el sonido cuando se golpea,
- **Anillo sonoro:** Está en la parte inferior externa y es parte de la boca de la campana porque es solo el borde de la campana,
- **Borde:** Es a parte interior interna de la campana, generalmente en esta parte golpea el badajo para producir el repique,
- **Badajo:** Es una barra de metal montada en el cojinete superior que golpea la campana para hacer el sonido del repique antes de un evento eclesiástico,
- **Medio pie:** Usualmente se usa para mover el badajo para golpear la boca de la campana y usar estos tres elementos para producir sonido.

Actualmente el repique de las campanas en la mayoría de las iglesias de Latacunga es de forma manual, amarrado al badajo una soga, pero en ciertas ocasiones esto implica la ayuda de una persona adicional y para corregir la situación se puede automatizar el repique de las campanas, se puede sustituir el control de las campanas de forma manual por un sistema de control automatizado.

Automatización

Los procesos automatizados se diferencian por el uso de tecnología para realizar tareas con poca o ninguna intervención humana. Se puede incluir en cualquier departamento que realice tareas secuenciales y repetitivas (HAT, RED, 2022).

Sistema automatizado

Según Almazan Blanca (2008), la automatización es un sistema que mejora las tareas de producción en masa normalmente realizadas por humanos, se refiere a un sistema automatizado que consta de dos partes principales:

- La Parte Operativa, es la parte que se encuentra conectada sobre la máquina. Son el conjunto de elementos que producen que la máquina se mueva y pueda realizar una operación deseada, se controla mediante un sistema operativo que son los accionan las máquinas como motores, cilindros, finales de carrera,
- La Parte de Mando, es controlada por un autómata programable, aunque antes se utilizaban los relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos, se controla mediante un autómata programable es el centro de todo el sistema y se comunica con los elementos que son parte del sistema automatizado.

Sistema de control

Es la unión de elementos de diferente orden que generalmente son tipo de eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otro. Además, deben seguir una lógica con al menos 3 elementos básicos:

- Variable a controlar (variable física como: caudal, temperatura),
- Controlador
- Actuadores (elementos finales de control),

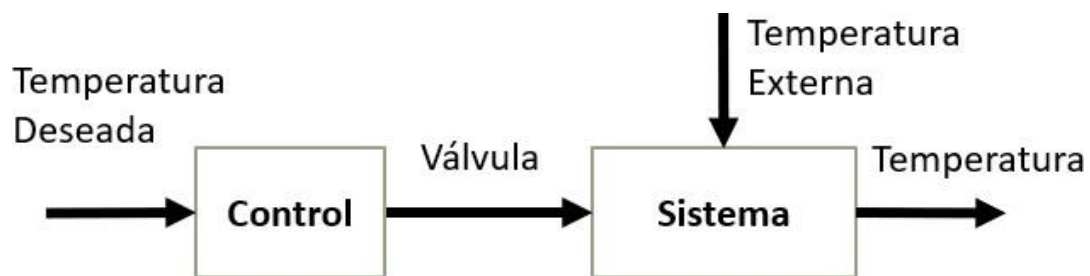
Un sistema de control se divide en 2, y se dividen dependiendo del control que se aplique a la variable controlada: sistema de control en lazo abierto o lazo cerrado (Gandhi, Mayur, 2020).

Lazo abierto y cerrado

Un sistema de bucle abierto es aquel que toma la salida de un proceso que no se compara con una señal de referencia y la pone en serie con el proceso para manipularla y tratar de llevarla al rango operativo deseado, pero sin estadísticas ni medición de las variables del proceso industrial (temperatura, velocidad, humedad, concentración, etc.) son sencillos y muy económicos de implementar, pero tienen el inconveniente de no poder compensar las posibles variaciones de la planta, en la Figura 6, se puede observar la representación de un sistema de control de lazo abierto (Castaño, Sergio Andrés, 2020).

Figura 6

Sistema de control de lazo abierto.

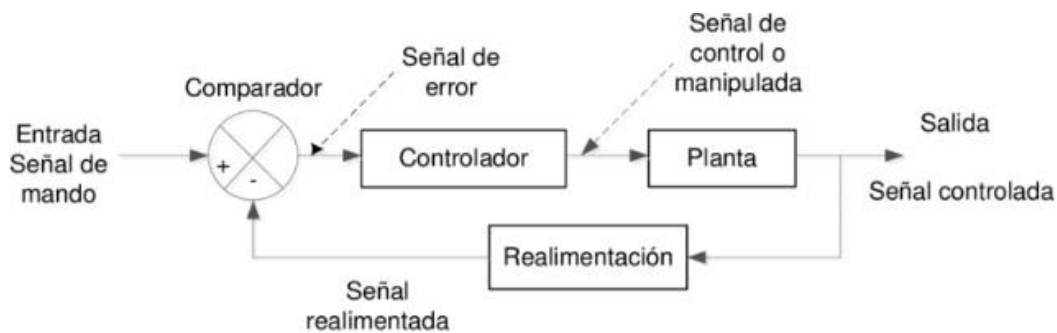


Nota. La figura representa el sistema de control de lazo cerrado. Tomado de (Castaño, Sergio Andrés, 2020).

Un sistema de control de lazo cerrado es lo opuesto a un sistema de control de lazo abierto porque toma la salida del proceso y la compara con una señal de referencia para determinar la evolución de la variable controlada en cualquier momento, medirla y enviar retroalimentación a usuarios comentarios controlador Este valor preferido se identifica además como el valor establecido y será el único valor modificado por el operador. Estos sistemas de control también se conocen como sistemas de retroalimentación. (Velasco, Alejandro;, 2003).

Figura 7

Sistema de control de lazo cerrado.



Nota. La figura representa el sistema de control de lazo cerrado. Tomado de (Norberto, Lopez, 2013).

En la Figura 6 y Figura 7, se puede determinar que el sistema de control está compuesto por el controlador, elemento primario de control y actuador.

Controlador.

Un controlador toma una señal de una variable y luego ajusta su función de controlador comparándola con un punto fijo dada la señal de entrada para procesar y controlar la salida. El control puede ser control de encendido/apagado, control de relación de tiempo, control de relación de corriente y control de relación de posición. (Wrautomatizacion, 2021).

Según Ribas, Jose (2019), los controladores se pueden programar mediante dos tipos de lógica para su funcionamiento y son lógica cableada y programada.

- En lógica cableada el proceso de automatización se realiza por medio de cables en los que se utilizan elementos como contactores, relés, temporizadores, válvulas hidráulicas y neumáticas ,
- En lógica programada el proceso de automatización es lo inverso a la lógica cableada, se sustituyen la mayoría de elementos eléctricos por controladores como relés programables y autómatas programables.

Elemento primario de control

El elemento primario de control, es el elemento que mide la variable controlada.

- **Sensor:** Es el dispositivo que está en contacto con la variable física que se desea controlar. La salida de este dispositivo entrega una señal eléctrica,
- **Transmisor:** El transmisor toma la señal eléctrica entregada por el sensor y la cambia a valores normalizados de corriente 4-20mA, voltaje 0-10V o neumática de 3-15psi. El sensor y transmisor pueden estar en el mismo dispositivo, casi todos los sistemas de control utilizan dos diferentes señales de 4 a 20 mA: una para medir la variable de proceso (PV) y una para representar comandos hacia un elemento final de control (MV), la relación que existe entre estas dos señales depende solo de la respuesta del controlador (Velasquez, Carlos, 2018).

La variable física a controlar pueden ser nivel, presión, temperatura, flujo, entre otras.

Medición de nivel

Según Aguilar Cortes (2003), existen 3 métodos más comunes al momento de realizar las mediciones de nivel y son:

- **Varilla o regla graduada:** Consiste en detectar el nivel observando la cantidad la de varilla que se encuentra mojada al momento de colocar la varilla al interior del tanque,
- **Detector de nivel ultrasónico:** Se los encuentra normalmente en tanques con poca turbulencia debido a que estos elementos generan ondas que al momento del contacto entre líquido regresan y generan una lectura con el sensor ultrasónico,
- **Medidor manométrico:** Consiste en un elemento de presión que se coloca al interior del tanque, el cual mide la cantidad de presión que se genera al subir el nivel y mediante una conversión da una medida casi exacta.

Medición de temperatura

Al momento de realizar mediciones de temperatura se efectúa con ayuda de termoelementos basados en la generación de un termo voltaje con la unión de dos conductores

que son de diferentes materiales, cuando el punto unión posee una temperatura diferente al punto de comparación se realiza la medición del calor (Alzate Rodriguez, 2007).

Medición de presión

Los sensores de presión del tipo capacitivo su funcionamiento es mediante diafragma delgado que su función es la de una placa de un condensador, cuando existe un cambio de presión provoca una ligera deformación en la placa sensora de presión, lo que a su vez provocará cambios en la capacitancia eléctrica generando una medición de presión mediante una conversión (Smartmeasurement, 2020).

Medición de caudal

La medición de flujo es el proceso de medición de fluidos en una planta o industria. Puede medir el flujo con varios dispositivos, como coriolis, presión diferencial, corriente de foucault, magnética, ultrasónica, turbina y medidor de trabajo positivo. (Emerson Electric Co, 2022).

En instrumentación industrial, cuando se habla de dispositivos, es necesario conocer algunas definiciones. (García, José Luis, 2010), define los siguientes términos cómo:

- **Exactitud:** Se refiere al verdadero valor de la variable a detectar sin errores sistemáticos en la medición, Debe ser lo más alta posible,
- **Precisión:** Es la mayor cantidad de valores similares medidos durante un periodo de tiempo sean similares,
- **Rango de funcionamiento:** Las características necesarias para que un equipo pueda funcionar correctamente bajo los siguientes parámetros: exactitud, precisión y amplitud,
- **Velocidad de respuesta:** Es la capacidad que posee un instrumentos para reflejar un valor por un corto tiempo,
- **Calibración:** Es la comparación de los valores referenciales de dos instrumentos, con un instrumento patrón de referencia,

- **Fiabilidad:** Es la capacidad del instrumento al momento de medir y reflejar la menor cantidad de valores erróneos.

Elemento final de control

Son instrumentos que se colocan al final de un proceso que ejecutan una acción correctiva en un proceso de control, al recibir la orden desde el controlador. En este sentido, el actuador es un instrumento que transforma la energía para activar un proceso para generar un efecto sobre un proceso automatizado. El controlador funciona para generar una orden y activa los elementos de final de control como: válvula (Mora, Carlos, 2014).

Los más comunes son:

- **Eléctricos:** Son elementos que funcionan con energía eléctrica y permiten accionar cualquier otro elemento para producir un movimiento u acción (Instrumetacion Digital, 2020).
- **Hidráulicos:** Son instrumentos que funcionan de forma automática que se encuentran directamente en contacto con aceite o agua, los hay para baja presión (250-500 psi) y alta presión (600-5000 psi), se utiliza para automatizar válvulas de compuerta, bola, macho, mariposa o dampers (Intesista, 2018).
- **Neumáticos:** Transforman la energía del aire comprimido en trabajo mecánico su rango de compresión es mayor que en los actuadores hidráulicos de 5 a 10 bares (Mora, Carlos, 2014).

A continuación, se mencionarán algunos elementos finales de control.

Electromartillo

El electromartillo es un instrumento que permite el repique de campanas en templos debido a que poseen un corto tiempo de respuesta. Se pueden adaptar al peso de la campana dependiendo de las especificaciones adquiridas. El electromartillo es más utilizado al momento de automatizar las campanas que pesan menos de 2 toneladas (Bodet, 2022).

Está formado por un electroimán y un martillo acoplado mecánicamente. Según Mendez, (2020), los electroimanes se pueden clasificar en:

El electroimán resistivo: Se encuentra conformado mediante hilos conductores de cobre enrollado al contorno del núcleo. Produce un campo magnético mediante la circulación de corriente eléctrica,

El electroimán superconductor: Son imanes potentes desarrollados con bobinas de cables superconductores,

El electroimán híbrido: Es una combinación de imanes resistivos y superconductores.

Motores eléctricos

Según Transelec (2020), un motor es capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica mediante la rotación con ayuda de los campos magnéticos,

Los motores eléctricos cuentan con seis componentes principales:

- **Estator:** Es el elemento rotativo fijo que posee el motor, es la parte fundamental que realiza la conversión electromecánica de potencia ,
- **Rotor:** Es un elementos móvil en el sistema electromagnético, su movimiento se realiza por medio de la interacción entre los campos magnéticos y los devanados del motor,
- **Conmutador:** Es un elemento eléctrico que su principal funcionamiento es cambiar el estado entre 0 y 1, en un sistema eléctrico,
- **Escobillas:** Es el puente que existe entre para conectar la parte fija y al parte giratoria que existe al interior del motor.

Válvulas

Una válvula es un elemento mecánico que puede utilizarse para abrir, cerrar o bloquear parcial o totalmente una o más aberturas para iniciar, detener o regular el paso de líquidos o gases. Son uno de los elementos más importantes en los dispositivos que permiten cerrar, abrir, desviar, retener y regular líquidos de forma manual o automática. (STHspert, 2020).

Bombas

Las bombas son elementos que se utilizan para mover fluidos por medio de tuberías, mediante transformaciones de energía, se pueden clasificar en dos grupos: las bombas dinámicas y las bombas de desplazamiento positivo (Predictiva, 2021).

- **En las bombas dinámicas:** La energía que suministran al fluido es el encargado de incrementar su movimiento, luego la velocidad se reduce en la voluta o difusor de la bomba, produciendo un incremento de presión (Predictiva, 2021).
- **En las bombas de desplazamiento:** Al aplicar una fuerza directa a un volumen de fluido, se suministra periódicamente energía positiva al fluido, lo que aumenta su presión al valor requerido para viajar por el tubo de salida (Predictiva, 2021).

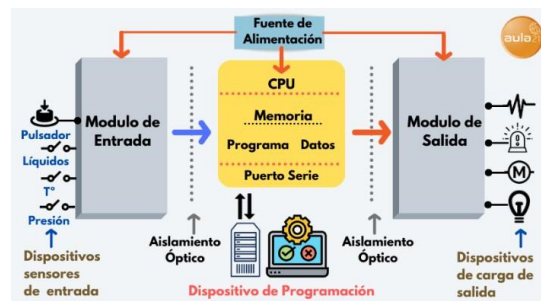
Autómata programable

Los controladores programables son máquinas electrónicas programables diseñadas para su uso en un entorno industrial que utilizan memoria programable para almacenar internamente instrucciones orientadas al usuario para implementar soluciones específicas, como funciones lógicas, secuencias, temporizadores, funciones de conteo y aritméticas, que se utilizarán para controlar entradas y salidas analógicas o digitalmente, según el tipo de equipo o proceso (Mateos, Felipe, 2001).

La estructura del autómata, ciclo de máquina

Figura 8

Estructura de un PLC



Nota. La figura representa la estructura de un PLC. Tomado de (Sicma21, 2021).

Los autómatas programables, son programados mediante lenguajes de programación definidos por el IEC 61131-3.

Lenguajes de programación

Según la IEC 61131-3, existen 4 lenguajes de programación más el Secuencial Función Chart (SFC). Los lenguajes gráficos que utilizan símbolos al momento de programar las instrucciones de control, por otra parte los lenguajes que basan su programación en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

Lenguajes Gráficos

- **Diagrama Ladder (LD):** Ladder es uno de los diferentes lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLCs), su lógica de control que representa dicho circuito puede verse como una inferencia lógica que tiene como antecedente la lógica de los contactos y como concluyente la bobina (Siemens, 2004).
- **Diagrama de Bloques de Funciones (FBD):** El diagrama de bloques de funciones es un lenguaje de programación orientado gráficamente (Schneider, 2019).

Lenguajes Textuales

- **Lista de Instrucciones (IL):** La operación define la función lógica (operación lógica) y el operando el direccionamiento de la variable, se coloca las operaciones IL se escriben en modo texto utilizando una o varias letras mayúsculas (Ernesto, 2019).
- **Texto Estructurado (ST):** El lenguaje de programación por texto estructurado se debe realizar mediante alto nivel textual, parecido a PASCAL o C. El código de programa consta de expresiones e instrucciones (Siemens, 2004).

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada SFC, SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST) (Polanco, 2021).

Todo sistema de control debe poseer pulsadores, selectores, interruptores, conmutadores, elementos de protección, etc., para iniciar o detener un proceso.

Aparatos de maniobra

Los instrumentos de control o de maniobra son dispositivos que permiten activar o desactivar el circuito dependiendo de la acción requerida por ejemplo:

Interruptores

Un interruptor (simple), permite abrir o cerrar un circuito y permanece en la misma posición hasta que se presiona (Torres, Manuel, 2020).

Pulsadores

Según (Shoptronica S.L., 2022), un pulsador eléctrico elemento eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica en cuanto se presiona,

- **Pulsador normalmente abierto (NA):** En el estado no permite el paso de corriente, y se cierra cuándo se presiona permitiendo el paso del corriente por el circuito,
- **Pulsador normalmente cerrado (NC):** En el estado de reposo permite el paso de corriente, y se abre cuándo se presiona cortando el paso de corriente por el circuito.

Conmutadores:

- **Conmutadores 1 circuitos varias posiciones:** Es un elemento que se encuentra posicionado en un circuito y puede tener interrupciones en cada extremo del mismo, se puede encender al inicio y apagar al final o viceversa,
- **Conmutador doble o bipolar:** Es un conmutador de 2 circuitos y dos posiciones, consiste en dos conmutadores de dos posiciones que se activan al mismo tiempo (Marti, Luis Manuel;, 2012).

Elementos de protección

Las instalaciones eléctricas cuentan con diversos sistemas de protección para garantizar la seguridad y la integridad de los usuarios y de las infraestructuras. Los sistemas de protección más frecuentes son:

Fusible

Son dispositivos que sirven para cortar automáticamente un circuito eléctrico cuando se produce un cortocircuito, es decir, la corriente eléctrica es demasiado alta. El fusible es la parte de un circuito que corta el paso de corriente si pasa de una intensidad superior a la que fue diseñado. El fusible es un hilo conductor destinado a cortar el paso de corriente en caso de que exista cortocircuito (Endesa, 2022).

Relé térmico

Los relés térmicos son dispositivos de protección que tienen como función detectar las intensidades no admisibles. Este dispositivo protege al motor de sobrecargas. Necesita otro elemento que realice la desconexión de los receptores ya que por sí solo no puede asarlo. Se suele utilizar una luz indicadora que se activa al cerrar el circuito para indicar que el relé térmico ha actuado debido a una sobreintensidad no permitida (SEAS, 2019).

Interruptor magneto térmico

Es un dispositivo electromecánico que posee la capacidad de cortar el solo las sobreintensidades no permitidas y los cortocircuitos que se puedan producir,

- **Desconexión por cortocircuito:** Funciona mediante una bobina magnética que tiene como principal característica crear una fuerza por medio de un sistema de palancas que son las encargadas de abrir el contacto móvil, la corriente eléctrica atraviesa al interruptor automático que al momento de superar la intensidad nominal de diferentes maneras genera su apertura en un tiempo inferior a 5 ms (Sierra, Juan Carlos, 2020).
- **Desconexión por sobrecarga:** Se deforma una viñeta cuando se genera una sobreintensidad no admisible y que origina una fuerza que se transmite por medio de palancas y desconecta el contacto móvil. El tiempo que requiere en desactivarse significa que a mayor intensidad menos tarda en funcionar (Sierra, Juan Carlos, 2020).

Capítulo III

Desarrollo

Descripción del Proceso

En este capítulo se detalla la implementación de un sistema automatizado para el repique de las campanas de la iglesia de El Salto.

Se activará el proceso a través de un tablero de control que se instalará en el altar que consta de una pantalla touch, un controlador, selector, pulsadores y luces. El sistema deberá funcionar de la siguiente manera:

El pulsador 1, estará conectado a la entrada I1 del relé lógico programable y tendrá la función de activar el tono funerario.

El pulsador 2, estará conectado a la entrada I2 del relé lógico programable y tendrá la función de activar el tono de misa.

El pulsante 3 estará conectado a la entrada I3 del relé lógico programable y tendrá la función de activar el tono de emergencia.

El pulsante de paro estará conectado a la entrada I4 del logo que o de paro como su nombre lo explica su funcionamiento es parar todo el circuito sin importar cuál de los 3 pulsadores esté funcionando.

De la salida de Q1 y Q2 del relé lógico programable se conectará a los electromartillos para que golpeen las campanas.

En caso de accidentes o falla en el sistema tendrá un paro de emergencia para detener el sistema.

Para tal efecto se instalarán tres tableros:

- El tablero de control TC, será instalado a la derecha del altar. Internamente se colocará el relé lógico programable y los relés de mando para activar los electromartillos.

- El tablero TDS, se instalará en el segundo piso en la parte opuesta al altar. Desde este tablero se llevará la alimentación para los electromartillos.
- El tablero TDSC, se instalará en el campanario. En este tablero se ubicarán los contactores asociados a los electromartillo.

Tabla con distancias

Tabla 1

Distancia entre tableros

DESDE	HASTA	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA
Tablero de Control (TC)	Tablero (TDSC)	Señal de control del Relé Lógico Programable, hasta las bobinas de los contactores.	100 m.
Centro de carga (TDS)	Tablero (TDSC)	Alimentación para los contactores.	20 m.

Figura 9

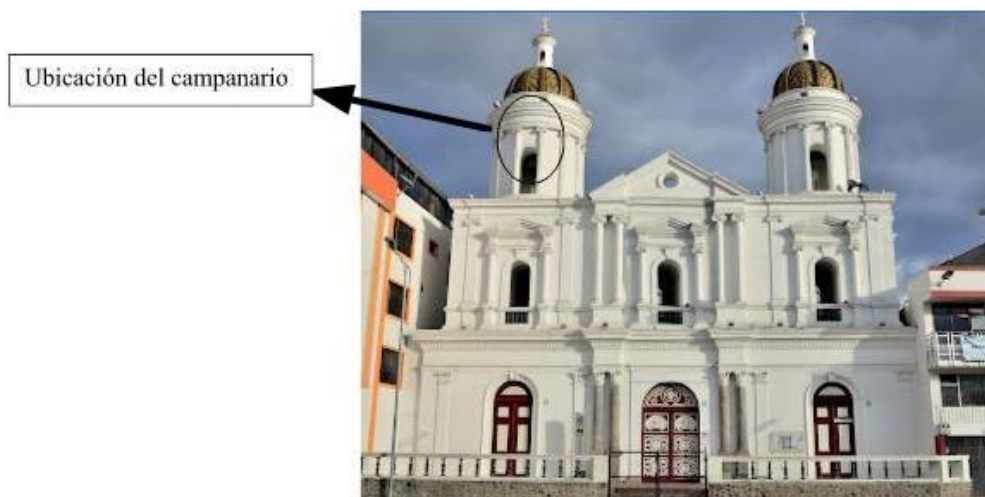
Diagrama de ubicación de tableros



Nota. La figura representa el diagrama de ubicación de tableros.

Figura 10

Ubicación del campanario.



Nota. La figura representa la ubicación del campanario.

Selección de Hardware

Autómata programable

Es necesario 6 entradas y cuatro salidas para el funcionamiento del sistema electromecánico.

En la tabla 2, se detalla las especificaciones técnica el sistema funcione, por tanto, se seleccionó el relé lógico programable Logo 8, 230RCE.s del Logo 230RCE.

Tabla 2

Especificaciones del Logo 230RCE

Características	
Categoría tensión	de DC 115 VDC, 230 VCD y en AC 115 VAC, 230 VAC
T máximo	55°C
T mínimo	-20°C
Entradas	8 entradas digitales
Salidas	4 salidas digitales
Frecuencia	red límite inferior 47Hz y límite superior 63Hz

Pantalla táctil

Se seleccionó la pantalla táctil DOP-103WQ que posee entradas USB y Ethernet, desde donde el usuario podrá seleccionar el tono que dese repicar las campanas.

En la tabla 3, se muestra las especificaciones técnicas de la pantalla táctil.

Tabla 3

Especificaciones de la pantalla táctil

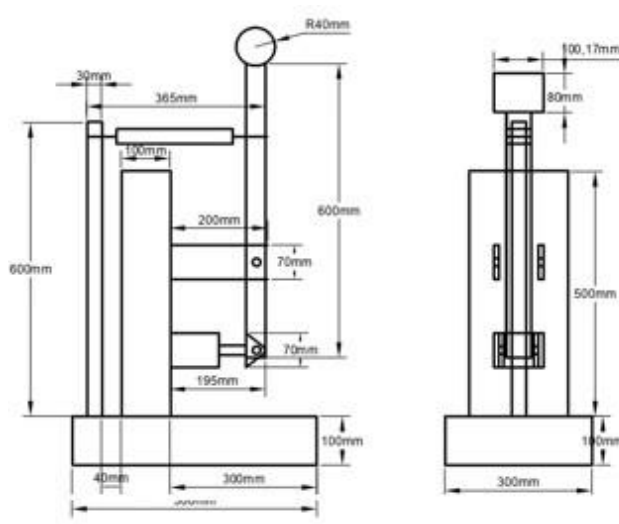
Elemento	Pantalla	Voltaje de Entrada	Corriente	Entradas	Tipo de pantalla
DOP-103WQ	4. 4 Pulgadas	24V dc	200mA a 240mA	USB y Ethernet	Pantalla a color

Electromartillo

El electromartillo está compuesto de tres partes fundamentales las cuales son martillo, electroimán de 220V y soporte, su elaboración se realizó con hierro inoxidable debido a que era colocado en un entorno expuesto por lluvia y sol. El electro martillo es el encargado de golpear las campanas. En la figura 11, se muestra la estructura instalada.

Figura 11

Estructura del Electromartillo



Nota. La figura representa la estructura del electromartillo.

El electroimán seleccionado fue el solenoide SA-2602 de 220V

En la tabla 4 se observan las características técnicas del electroimán SA-2602,

Tabla 4

Especificaciones del electroimán

Motor	Potencia (W)	Corriente nominal (A)	Peso (Kg)	Fuerza	Carrera	Voltaje (V)
SA-2602	110w	0.5A	0.5219Kg	19.6N	0.51 in	220V

Dimensionamiento de los elementos de protección y control

Para el dimensionamiento de los elementos se consideró que cada electro martillo funciona con un voltaje de 220V y consume una corriente de 0.5 A. Y la caída de voltaje aceptable es 1%.

Protección de los dispositivos de control

Los dispositivos de control están instalados en el tablero TC y la alimentación se tomó desde el tablero principal existente, por tanto, el interruptor termomagnético seleccionado es de 2x10A y está instalado en el TC.

Cálculos:

$$I = \frac{P}{K * V * fp}$$

$$P_{touch} = 103 W$$

$$P_{RLP} = 4.8W$$

$$P_T = 107.8 W$$

$$V = 120V$$

$$K = 1, \text{ porque es un sistema monofásico a 2 hilos (F - N)}$$

$$fp = 0.95\%$$

$$I = \frac{P_T}{K * V * fp}$$

$$I = \frac{107.8W}{1 * 110 * 0.95}$$

$$I = 0.94 A$$

$$I_D = 1.25 * 0.94A$$

$$I_D = 1.17A$$

$$\Rightarrow 2x10A$$

Alimentador al tablero TDSC

El calibre del conductor será #12AWG para garantizar una caída de voltaje <1%

Demostración:

$$\Delta V = \frac{K1 * L * I}{S} * K2 \quad (1)$$

Donde:

$\Delta V =$ Caída de voltaje

$K1 = 78.74$ porque el conductor será de cobre

$L = 20m$

$I = 1 A$

$S =$ Area circular del conductor

$K2 = 1$ porque es un sistema monofásico a 3 hilos

$$\Delta V = \frac{78.74 * 20m * 1A}{6530} 1$$

$$\Delta V = 0.24$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} * 100\%$$

$$\Delta V\% = \frac{0.24}{240 V} * 100\%$$

$$\Delta V\% = 0.1\%$$

$$\Rightarrow (2x\#12AWG + 1x\#12AWG)$$

Protección del alimentador al tablero TDSC

Considerando que el calibre del conductor fue de 14 AWG, por tanto, el interruptor termomagnético seleccionado es de 2x20A y está instalado en el TDSC

Conductor para la señal de control

Desde el TC se llevará la señal de control hasta el tablero TDSC. La corriente que consume cada electro martillo es de 0.5 A, por tanto, el conductor será #14AWG y se realiza el análisis de caída de voltaje.

$$\Delta V = \frac{K1 * L * I}{S} * K2 \quad (2)$$

Donde:

$\Delta V =$ Caída de voltaje

$K1 = 78.74$ porque el conductor será de cobre

$L = 100m$

$I =$ Corriente a plena carga A

$S =$ Area circular del conductor

$K2 = 1$ porque es un sistema monofásico a 2 hilos

$$\Delta V = \frac{78.74 * 100m * 0.5A}{4110} * 1$$

$$\Delta V = 0.95$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} * 100\%$$

$$\Delta V\% = \frac{0.95}{240 V} * 100\%$$

$$\Delta V\% = 0.03\%$$

$$\Rightarrow (2x\#14AWG)$$

Cálculo de protecciones por fusibles

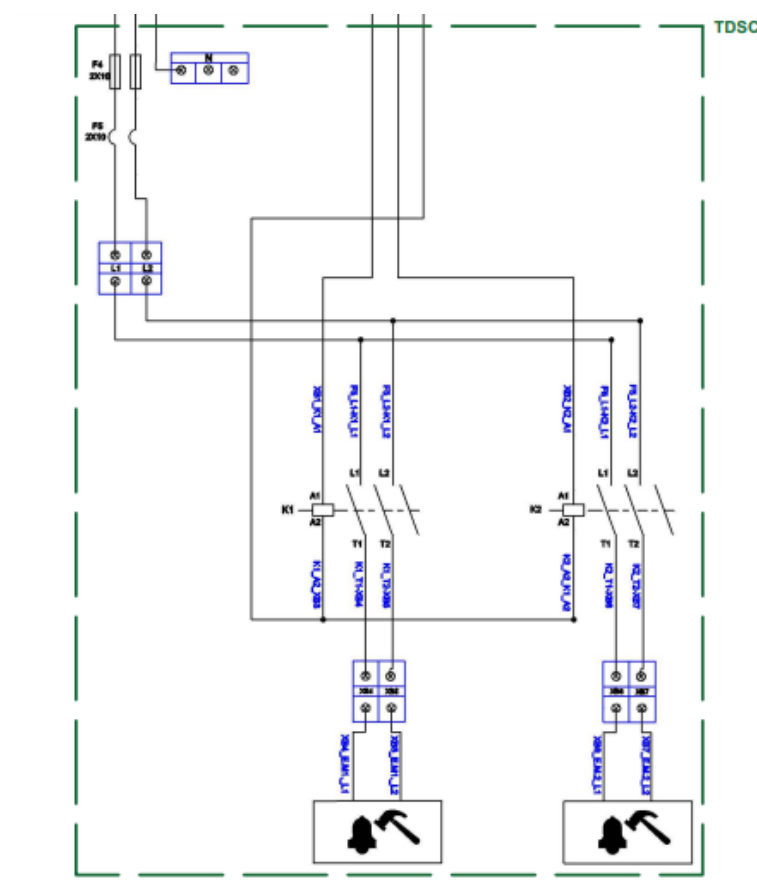
Los fusibles se utilizan para proteger la bobina del contactor, por tanto, se seleccionaron fusibles de 10 A y están instalados en el TDSC.

Diagrama de fuera

En la figura 12, se muestra el diagrama de fuerza.

Figura 12

Diagrama de fuerza



Nota. La figura representa el diagrama de fuerza.

Selección del software

El software seleccionado es el Logo soft confort V8.3, debido a que, el relé lógico programable es compatible con éste. A continuación, en la figura 12, figura 13 y figura 14 se muestra la programación para 3 distintos tipos de repique para el templo de El Salto y en la tabla 5, se muestra la lista de entradas/salidas.

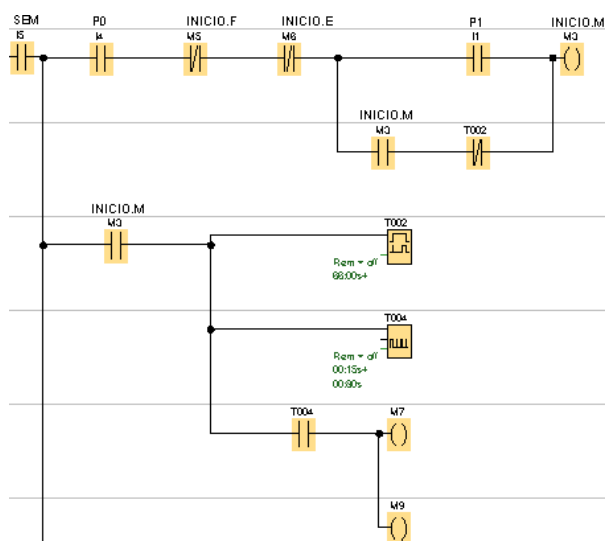
Tabla 5

Lista de entra/salida

Ítem	Elemento	Descripción	Cableado	Entradas/Salidas
1	P1	Pulsador para repicar el tono de misa normal	NA	I1
2	P2	Pulsador para repicar el tono funerario	NA	I2
3	P3	Pulsador para repicar el tono de emergencia	NA	I3
4	P0	Pulsador paro	NC	I4
5	SEM	Paro de emergencia	NC	I5
6	CA1	Bobina del contactor asociado al electro martillo 1		Q1
7	CA2	Bobina de contactor asociado al electro martillo 2		Q2
8	L1	Luz piloto		Q3
9	L2	Luz piloto		Q4

Figura 13

Programación en Ladder de tono de misa normal

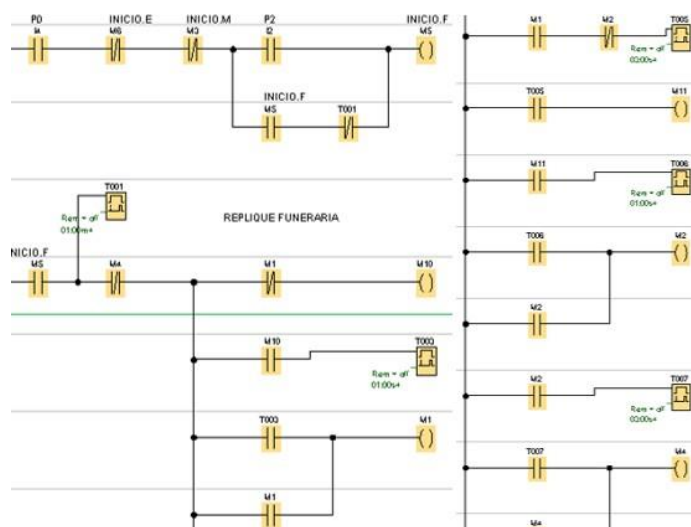


Nota. La figura representa la programación de tono llamado a misa.

En la figura 13 se encuentra las líneas de programación del repique para difuntos accionado al momento de presionar el pulsante P2 (Tono Misa)

Figura 14

Programación en Ladder de tono de misa funeral y llamado a misa

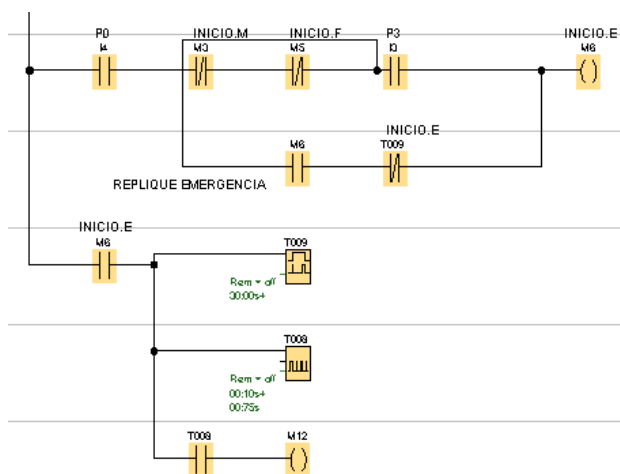


Nota. La figura representa la programación de llamado a funeral y llamada a misa.

En la figura 14, se puede observar las líneas de programación que controlan el tono de emergencia en caso de ser necesario se presionara el pulsador P3 (Emergencia) para activarla

Figura 15

Programación en Ladder de tono de llamado funeral



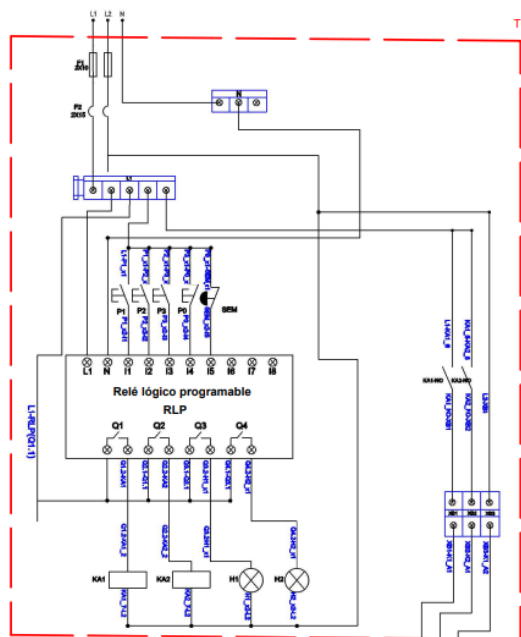
Nota. La figura representa la programación de llamado a funeral.

Diagrama de conexiones al autómata programable.

En la figura 16, se muestra el diagrama de conexiones al autómata programable.

Figura 16

Conexiones al autómata programable



Nota. La figura representa el conexionado del autómata programable.

Software del touch

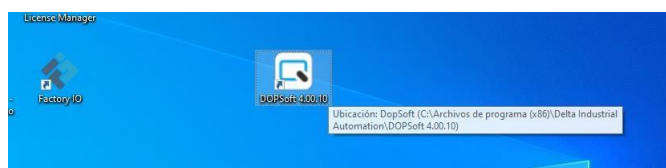
Para la programación de la pantalla táctil se seleccionó el software DOPSoft 4.00.10, debido a que, es compatible con la pantalla modelo DOP-103WQ, además, permite la comunicación con el autómata programable mediante un cable de Ethernet.

Programación de la pantalla táctil

Clic en el software seleccionado para programar la pantalla táctil.

Figura 17

Seleccionar el software DOPSoft 4.00.10



Nota. La figura representa la selección del software.

Con el software en seleccionado, se da clic en nuevo proyecto para seleccionar un nuevo proyecto

Figura 18

Seleccionar nuevo proyecto

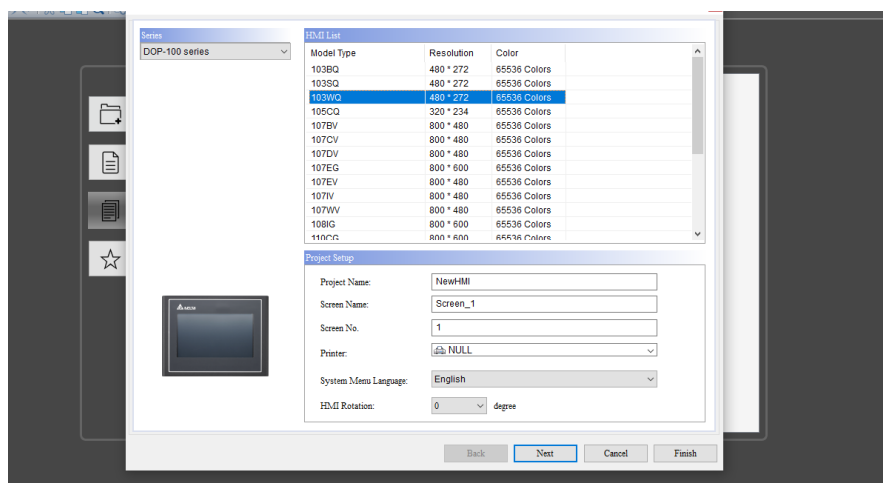


Nota. La figura representa como seleccionar un nuevo proyecto.

Se despliega una pantalla donde se selecciona el tipo de pantalla táctil utiliza que en nuestro caso es la 103WQ

Figura 19

Selección de la pantalla táctil

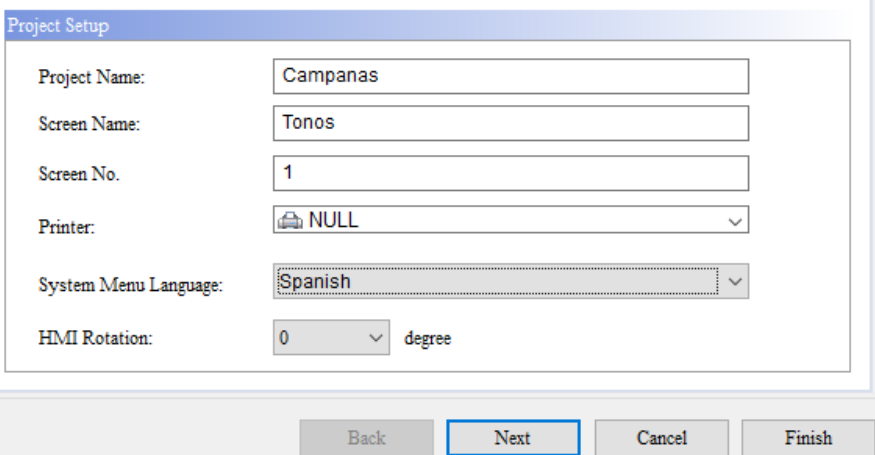


Nota. La figura representa la selección de la pantalla táctil.

Se configuró el nombre del programa, idioma y la primera escena

Figura 20

Selección del nombre, idioma y escena.



The screenshot shows a 'Project Setup' dialog box with the following fields and values:

Field	Value
Project Name:	Campanas
Screen Name:	Tonos
Screen No.:	1
Printer:	NULL
System Menu Language:	Spanish
HMI Rotation:	0 degree

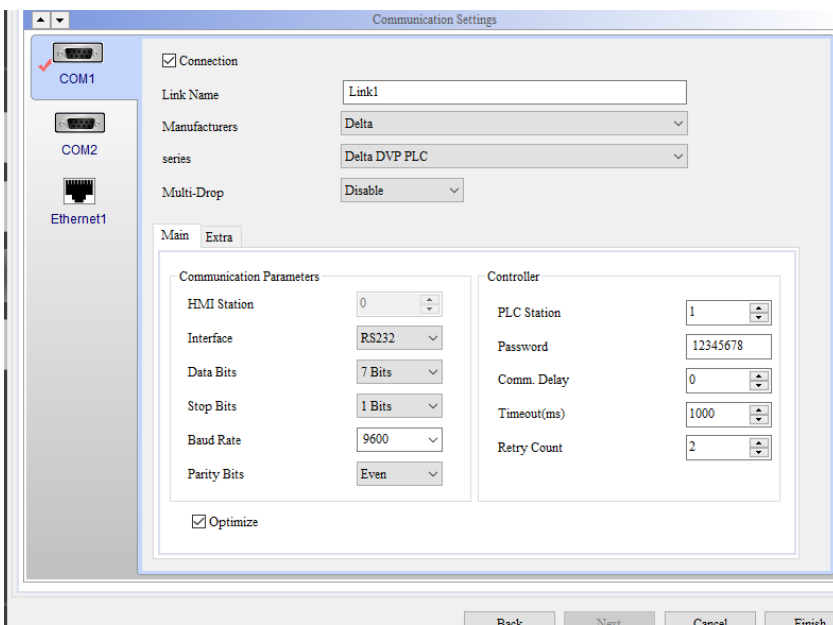
At the bottom of the dialog are four buttons: Back, Next (highlighted with a blue border), Cancel, and Finish.

Nota. La figura representa la selección del nombre, idioma y la escena.

En la siguiente ventana, figura 19, se despliega los puertos que posee la pantalla táctil para realizar la comunicación, se selecciona el puerto de Ethernet el cual se utiliza para comunicar con el autómata programable.

Figura 21

Configuración del puerto de comunicación



The screenshot shows a 'Communication Settings' dialog box. On the left, there is a tree view with 'COM1', 'COM2', and 'Ethernet1'. 'Ethernet1' is selected. The main area is divided into 'Main' and 'Extra' tabs, with 'Main' selected. The 'Main' tab contains the following settings:

Section	Field	Value
Communication Parameters	HMI Station	0
	Interface	RS232
	Data Bits	7 Bits
	Stop Bits	1 Bits
	Baud Rate	9600
Controller	PLC Station	1
	Password	12345678
	Comm. Delay	0
	Timeout(ms)	1000
	Retry Count	2

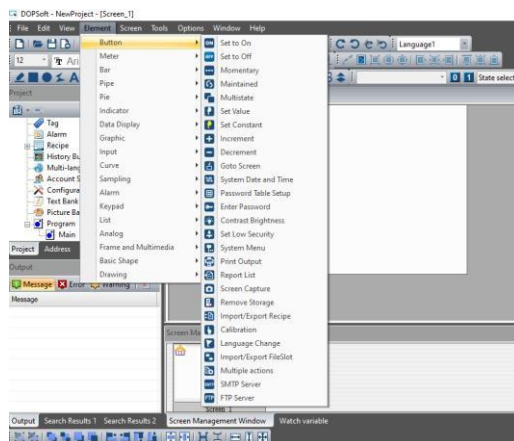
At the bottom of the dialog are four buttons: Back, Next, Cancel, and Finish.

Nota. La figura representa la configuración del puerto de Ethernet.

En la figura 20 se observa la selección en la barra de herramientas elemento el cual nos da acceso a todos los elementos de la cual dispone el programa y seleccionamos un pulsador.

Figura 22

Selecciones de los elementos para la programación

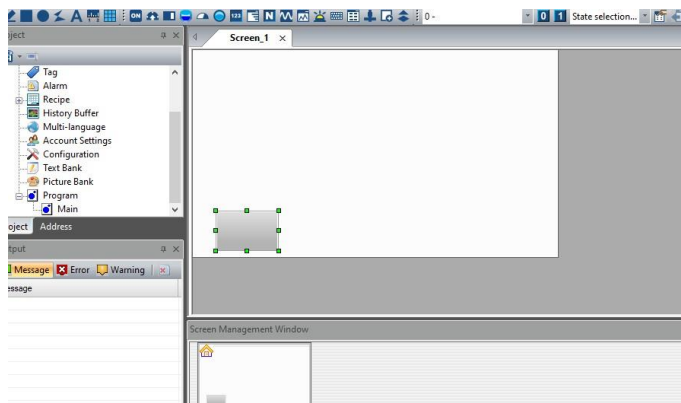


Nota. La figura representa la selección de los elementos que se muestran en la pantalla táctil.

Se coloca el botón en la primera escena y se da doble clic para configurar sus parámetros.

Figura 23

Configuración del botón

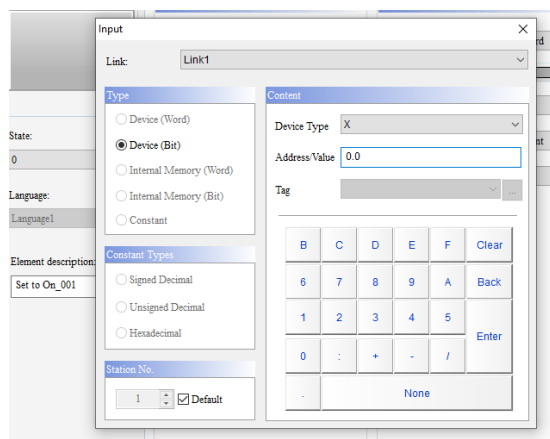


Nota. La figura representa la configuración de los pulsadores.

Configurar la dirección y el valor al cual se conecta con el autómata programable el pulsador de misa y se realiza lo mismo con los demás pulsadores.

Figura 24

Seleccionar la dirección y valor del pulsador de misa

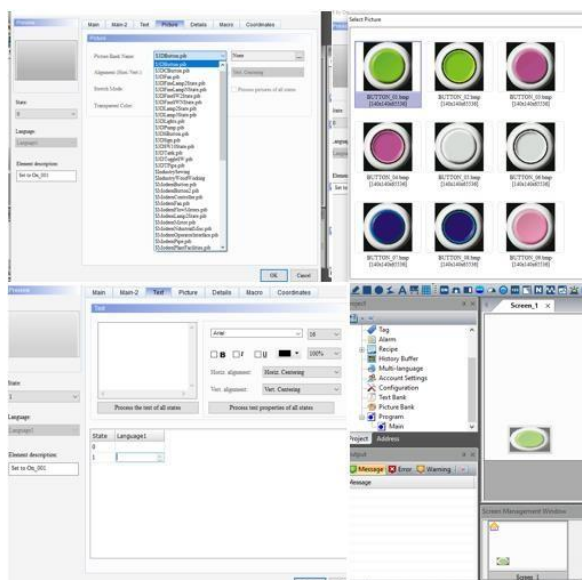


Nota. La figura representa la configuración de entradas y salidas del pulsador de la pantalla táctil.

Se da clic en picture para cambiar el modelo del botón, tamaño, etc. Hasta obtener el tipo de modelo y configuración del botón adecuado para el proceso.

Figura 25

Configuración de los parámetros del pulsador de misa normal

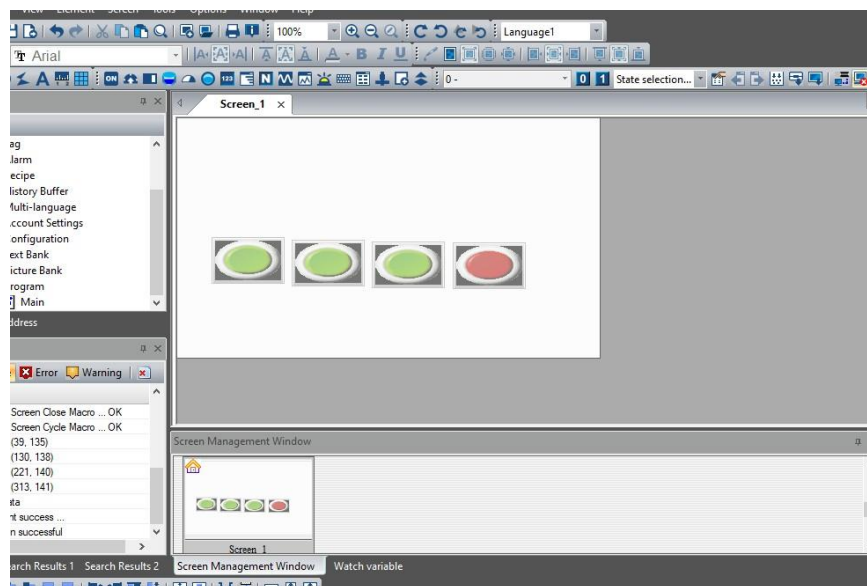


Nota. La figura representa de la vista del pulsador.

Para comprobar que la programación este correcta, se da clic F5 para simular el pulsador y comprobar la configuración.

Figura 26

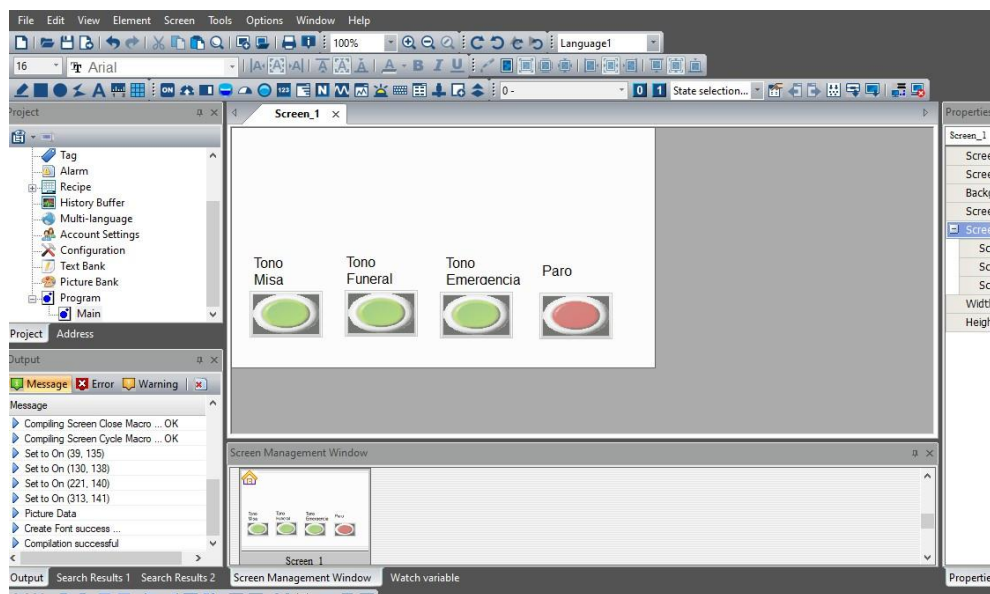
Simular los pulsadores



Nota. La figura representa la simulación para comprobar el funcionamiento de los pulsadores.

Figura 27

Etiquetado de los pulsados con el software DOPSoft 4.00.10



Nota. La figura representa el etiquetado de los pulsadores.

Implementación de sistema electromecánico

El sistema electromecánico fue acoplado a la pared para que al caer el martillo sobre la campana emita un buen sonido.

Figura 28

Instalación del sistema electromecánico



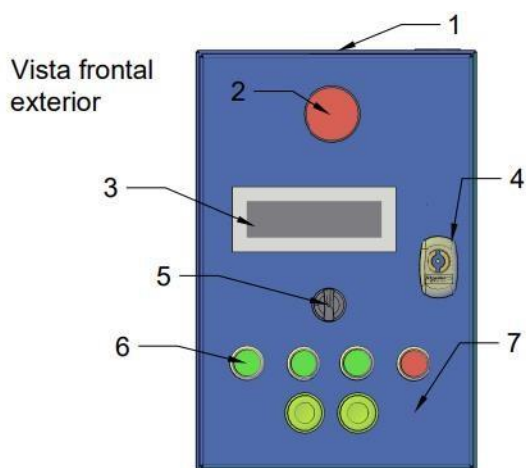
Nota. La figura representa la instalación del sistema electromecánico.

Tablero de control TC

Dentro del tablero se colocaron los elementos de control mediante los cables.

Figura 29

Parte frontal del tablero de control



Nota. La figura representa la parte frontal del tablero de control TC.

Tabla 6

Descripción de los elementos de la tapa del tablero de control

Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Gabinete metálico 400mm X 250mm X 180mm
2	1	Paro de emergencia con retención
3	1	Pantalla táctil
4	1	Cerradura de tablero eléctrico
5	1	Selector de dos posiciones
6	1	Pulsador normalmente abierto 22mm
7	2	Luz piloto led verde 22mm 12V-450V

Diagrama de conexiones al relé lógico programable

El autómatas programable que se encuentra al interior del tablero de control TC como se observa en la figura 30.

Figura 30

Conexiones al autómatas programable



Nota. La figura representa las conexiones del tablero de control TC.

Tablero de fuerza

El tablero de fuerza se instaló en el campanario y contiene:

- 2 contactores 3 polos de 9 A y bobina de 220V
- 2 portafusibles con fusibles de 2 A

En la figura 31 se muestra la parte exterior e interior del tablero de fuerza

Figura 31

Conexiones del tablero de fuerza



Nota. La figura representa las conexiones del tablero de fuerza TDSC.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Al investigar los tipos de actuadores se determinó que lo más idóneo, para este proyecto, era usar electromartillos debido a que consumen menos energía, 0.5 A a 220V.
- Se programó tres secuencias en el relé lógico programable, una para anunciar la misa normal, otra para anunciar misa para difuntos y la última fue para indicar que ha sucedido una emergencia.
- Se ubicó los elementos de maniobra etiquetados, en el tablero de control, para que el párroco seleccione fácilmente el sonido que desea tocar, además, se colocó como adicional que puede elegir a través de una pantalla táctil.
- Los sistemas electromecánicos fueron instalados en las paredes del campanario de tal forma que los martillos golpeen las campanas y el sonido sea fuerte.

Recomendaciones

- Para próximos proyectos de este tipo en lo que es automatización de campanarios, se debe tomar en cuenta de manera muy específica la posición de las campanas ya que dependiendo del diseño en donde están montadas, esto permitiría ganancia o pérdidas de sonido.
- Para una correcta elección de controladores se debe analizar cada uno de los problemas que puede presentar, como pueden ser los ruidos generados en el sistema, las pérdidas por distancias y el tipo de control que se quiera realizar.
- Estudiar de manera adecuada el sitio de instalación, para así evitar distancias muy alejadas tomado en cuenta la complejidad de esta, con la que la o las personas a realizar se llevaran.
- Para la adquisición de la pantalla táctil, se recomienda utilizar las mismas marcas tanto el relé lógico programable como la pantalla touch, ya que con esto se conseguirá una mejor y más rápida comunicación entre los mismos evitándose así el uso de softwares alternos para comunicarlos.

Bibliografía

- Shoptronica S.L. (2022). *Shoptronica S.L.* Obtenido de <https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html>
- Alcantara, L. (23 de marzo de 2022). *Grupo Jarama*. Obtenido de <https://grupo-jarama.com/blog/que-es-un-magnetotermico>
- Alzate Rodriguez, E. J. (mayo de 2007). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-MedicionDeTemperaturaSensoresTermoelectricos-4806937.pdf>
- Automatización. (06 de enero de 2023). *Automatización*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- Blanca, A. (9 de abril de 2008). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion/>
- Bodet. (16 de noviembre de 2022). *Bodet*. Obtenido de <https://www.bodet-campanaire.com/es/equipamientos-campanas.html>
- Castaño, Sergio Andrés. (12 de febrero de 2020). *Control realimentado*. Obtenido de <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>
- Comercial Mendez. (28 de marzo de 2020). *Comercial Mendez*. Obtenido de <https://comercialmendez.es/es/blog/noticias/que-es-un-electroiman-y-para-que-sirve#:~:text=El%20electroim%C3%A1n%20resistivos%3A%20Est%C3%A1n%20compuestos,el%C3%A9ctrico%20y%20suele%20generar%20recalentamiento.>
- Cortes Aguilar, T. A. (2003). *Instrumentosdenivel*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14084/mod_resource/content/0/instrumentosnivel.pdf
- Edgar, G. (29 de octubre de 2021). *Definicion XYZ*. Obtenido de <https://definicion.xyz/controles-electricos/>
- Emerson Electric Co. (12 de junio de 2022). *Emerson Electric Co.* Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement#:~:text=La%20medici%C3%B3n%20de%20caudal%20es,y%20medidores%20de%20desplazamiento%20positivo.>
- Endesa. (2022). *Endesa Fundacion*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/instalacion-electrica-domestica#:~:text=Cortocircuito%20fusible,para%20la%20que%20se%20construy%C3%B3.>
- Ernesto. (2019). *Birtth*. Obtenido de https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI09/es_IEA_AI09_Contenidos/website_45_lenguaje_de_lista_de_instrucciones_il.html

- Gandhi, Mayur. (12 de junio de 2020). *autycom*. Obtenido de <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>
- García, José Luis. (02 de febrero de 2010). *Universidad de Jaén*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.2.02_Ruiz_y_otros_Error_incertidumbre_precision.pdf
- HAT, RED. (10 de MAYO de 2022). *RED HAT*. Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/automation>
- Instrumentacion Digital. (28 de febrero de 2020). *Instrumento digital*. Obtenido de <https://www.instrumentaciondigital.es/actuadores-electricos-y-sus-funciones/>
- Intesista. (2018). *Intesista*. Obtenido de <https://www.intesista.com/productos/actuadores-hidraulicos/>
- Marti, Luis Manuel;. (Noviembre de 2012). *Electricasa*. Obtenido de <http://luismanuelmarti.es/index.html>
- Mateos, Felipe. (Noviembre de 2001). *STUDYLIB*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/6220714/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-aut%C3%B3mata-programable%3F-definici%C3%B3n-iec-61131>
- Mercedes, R. C. (06 de enero de 2015). *Arquitectura*. Obtenido de <https://arquitecturaycristianismo.com/2015/01/06/campanas-y-campanarios/>
- Mora, Carlos. (19 de octubre de 2014). *MediaFire*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/actuadores>
- Norberto, Lopez. (diciembre de 2013). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-a-bloques-de-un-sistema-de-control-en-lazo-cerrado_fig1_267454753
- Omega. (24 de septiembre de 2015). *Omega*. Obtenido de <https://mx.omega.com/prodinfo/medicion-de-nivel.html#:~:text=Miden%20el%20nivel%20de%20fluido,proceso%20y%20un%20indicador%20visual>
- Polanco, J. A. (2021). *bibdigital*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/6/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC.doc#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20IEC%201131%2D3,caracteres%20para%20programar%20las%20instrucciones>
- Predictiva. (2021). *Predictiva*. Obtenido de <https://predictiva21.com/1-1-que-es-una-bomba/>
- Raymi, G. (2022). *Go Raymi*. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/cotopaxi/latacunga/iglesias-templos/iglesia-nuestra-senora-salto-a88796a99#:~:text=La%20Iglesia%20del%20Salto%20tiene,los%20siglos%20XVII%20y%20XIX>
- Ribas, Jose. (2019). *DissenyProducte*. Obtenido de <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>

- Ribas, Jose. (2020). *DissenyProducte*. Obtenido de <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>
- Sánchez, L. A. (26 de julio de 2020). *Un camino de fe*. Obtenido de <https://unpasoaldia.com/2020/07/26/las-campanas-su-significado-y-por-que-el-demonio-las-odia/>
- Schneider. (2019). *Schneider*. Obtenido de https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/FBD_LD_IL_Editor/FBD_LD_IL_Editor-4.htm
- SEAS. (22 de agosto de 2019). *SEAS, Estudios Superiores Abiertos*. Obtenido de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>
- Sicma21. (14 de octubre de 2021). *Sicma21*. Obtenido de <https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/>
- SIEMENS. (2022 de 12 de 15). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26216/2/M-ESPEL-ENT-0367.pdf>
- Siemens. (2004). *Siemens*. Obtenido de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/diagrama-de-escalera.html
- Sierra, Juan Carlos. (16 de Febrero de 2020). *CEUPE*. Obtenido de Es un dispositivo electromecánico que posee la capacidad de cortar el solo las sobre intensidades no permitidas y los cortocircuitos que se puedan producir.
- Smartmeasurement. (2020). *Smartmeasurement*. Obtenido de <https://www.smartmeasurement.com/es/pressure-transmitter-measuring-principle/>
- STHspert. (20 de diciembre de 2020). *sthspert*. Obtenido de <https://sthexpert.standardhidraulica.com/que-son-las-valvulas/>
- Torres, Manuel. (17 de junio de 2020). *Tecnologia.org*. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/314_elementos_de_manioobra_y_control.html
- Transec. (enero de 2020). *Transec*. Obtenido de <https://www.transec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>
- Velasco, Alejandro;. (Septiembre de 2003). *Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10894/1/T2173.pdf>
- Velasquez, Carlos. (2018 de mayo de 2018). *Instrumentacion y Control*. Obtenido de <https://instrumentacionycontrol.net/la-senal-4-20ma-y-su-proporcion-a-variables-fisicas-nunca-esta-de-mas-repararlo/>
- ViajandoX. (2020). *ViajandoX*. Obtenido de <https://ec.viajandox.com/latacunga/iglesia-de-el-salto-A368#:~:text=La%20Iglesia%20del%20Salto%20construida,los%20siglos%20XVII%20y%20XIX.>

Wrautomatizacion. (10 de agosto de 2021). *WR Automatizacion Industriales S.R.* Obtenido de <https://www.wrautomatizaciones.com/post/controles-el%C3%A9ctricos-y-los-diferentes-tipos-de-controles-el%C3%A9ctricos>

Anexos