

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA DEL JUEGO MECÁNICO-PISCINA CON OLAS, PARA REDUCIR EL DESBORDE DEL AGUA EN LA GRANJA VILLA SUR”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PRESENTACIÓN QUISPE, HIGMMER SANTIAGO

ASESOR

FLORES CÁCERES, RICHARD

Villa El Salvador

2020

DEDICATORIA:

A mi familia, por su colaboración y disponibilidad en todo momento, por su apoyo y comprensión en el día a día. Pues son mi motivo de superación y crecimiento profesional.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por su protección, a mi familia, por el apoyo que me brindan y por ser mi mayor motivación en todo momento. A cada uno de mis maestros en las aulas por su catedra que me permitió absorber buenos conocimientos y concejos para mi vida profesional.

ÍNDICE

Resumen	vii
Introducción	viii
Objetivos	1
a. General.	1
b. Específicos.....	1
Capítulo I: Marco Teórico	2
1.1. Bases Teóricas.....	2
1.1.1. Antecedentes.....	2
1.1.2. Regulación de la velocidad mediante un variador de frecuencia.....	4
1.2. Definición de términos básicos	24
Capítulo II: Metodología de Desarrollo del Trabajo Profesional	28
2.1. Delimitación del Trabajo Profesional	28
2.1.1. Temporal	28
2.1.2. Espacial.....	28
2.2. Determinación y análisis del problema	28
2.3. Modelo de solución propuesto.....	29
2.3.1. Descripción del proceso a automatizar.	29
2.3.2. Desarrollo del Automatismo.....	34
2.3.3. Diagrama y descripción de conexiones eléctricas del proceso automatizado.....	37
2.3.4. Programación del Logo.....	38
2.3.5. Configuración del variador de frecuencia DELTA.	39
2.4. Resultados	41
2.4.1. Resultado 1.	41
2.4.2. Resultado 2.	43
2.4.3. Resultado 3.	43
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Bibliografía	46
Anexos.....	48
Anexo 1: Costo del proyecto.	49
Anexo 2: Datos De Soplador Centrífugo.	49
Anexo 3: Plan De Actividades.	50
Anexo 4: Vista Panorámica de Juego Recreativo.....	51
Anexo 5: LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN EN LADDER.....	51

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Motor eléctrico trifásico.	5
Figura 2. Estator.	6
Figura 3. El Rotor.	7
Figura 4. Esquema de un Arranque Directo.	8
Figura 5. Esquema de un arranque por conexión estrella – Triangulo.....	9
Figura 6. Arrancador por variador de frecuencia.	10
Figura 7. Contactor.	11
Figura 8. Temporizador electrónico.	11
Figura 9. Mini PLC Logo.	12
Figura 10. Fuente de alimentación.	14
Figura 11. Fusible.	15
Figura 12. Interruptor termomagnético.	15
Figura 13. Pulsadores.	16
Figura 14. Luz Piloto.	17
Figura 15. Variador de velocidad delta.	18
Figura 16. Electroválvula.	20
Figura 17. Cilindro de Doble Efecto.....	21
Figura 18. Soplador Centrífugo.	22
Figura 19. Sirena o Bocina Eléctrica.	22
Figura 20. Cables VFD.....	23
Figura 21. Potenciómetro.	24
Figura 22. Ubicación de la Granja Villa Sur.....	28
Figura 23. Fases del proceso en la generación de olas.	29
Figura 24. Ubicación de los pulsadores en los tableros.....	30
Figura 25. Placa de Motor.	30
Figura 26. Relés y Temporizadores.	31
Figura 27. Electroválvulas.	32
Figura 28. Cilindros y compuerta del juego.	32
Figura 29. Diagrama de estado.	33
Figura 30. Histograma de pérdida de agua 1.	34
Figura 31. Plano eléctrico del proceso.	37
Figura 32. Programación en bloque de funciones del LOGO230RC.	39
Figura 33. Plan de actividades.	50
Figura 34: Piscina con olas zona de atracción.	51
Figura 35. Programación en lenguaje Ladder del LOGO230RC.....	51

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de PLC LOGO 230RC.....	13
Tabla 2. Señales digitales de salida del logo 230RC.....	35
Tabla 3. Señales digitales de salida del logo 230RC.....	36
Tabla 4. Señales de e/s del variador delta.	36
Tabla 5. Parametrización del variador delta.	40
Tabla 6. Toma de Lecturas de la Pérdida del Agua 1.....	41
Tabla 7. Condiciones de pérdida de agua y económica antes y después de la automatización.....	42
Tabla 8. Elementos del proceso de automatización (resumen).	43
Tabla 9. Presupuesto.	49

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia titulado, “Regulación de la Velocidad Mediante un Variador de Frecuencia del Juego Mecánico-Piscina con Olas, para Reducir el Desborde del Agua en la Granja Villa Sur”, como objetivo principal es reducir el desborde de agua en la cual busca también reducir el gasto económico en el juego mecánico Piscina con Olas en la Granja Villa Sur. Pues se ha observado un problema en la frecuencia de las velocidades del cual es necesario controlar para mejorar su eficiencia pues se busca reducir los costos innecesarios en que incurre el juego mecánico.

Por ello es necesario regular la velocidad mejorando los dispositivos que están relacionados con ella. No solo se busca reducir la pérdida de agua de la piscina con olas sino también los costos operativos que incurre y perjudican el rendimiento financiero para la empresa. Es por ello que actualmente existen muchos mecanismos de soporte que permiten mejorar el rendimiento de este tipo juegos mecánicos que no terminan siendo muy costosos en su inversión del mismo. Puesto que el juego es de mucha demanda para los visitantes y ello necesita una buena inversión para evitar también sus fallas porque son consecuencia de su bajo control.

La investigación es de tipo aplicada pues nuestros conocimientos de la ingeniería mecánica son llevados a la práctica o hacia un caso real. El método de estudio es descriptivo comparativo, pues se describen las fallas o problemas que vienen dándose en el lugar de estudio, asimismo con la propuesta de mejora comparamos las mejoras que se han propuesto para el presente informe.

Los resultados están en base al objetivo de la investigación es por ello que en el presente trabajo de investigación se centra en función a mejorar los dispositivos, repuestos e implementaciones que se requiera, así como evaluar su mejora que se han dado en el juego mecánico.

Palabras claves: Regulación de la Velocidad, Variador de Frecuencia, Tensión, Gastos Mecánicos, dispositivos electromagnéticos.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tratará sobre la regulación de la velocidad mediante variador de frecuencia del juego mecánico-piscina con olas, que evitará el desborde del agua en la Granja Villa Sur; esto conllevará a instalar un variador de frecuencia que va a regular la velocidad del motor eléctrico asíncrono ya que son los de mayor uso en la industria, por lo tanto, son los que mayor análisis necesita; el motor con rotor jaula de ardilla es sin duda el más usado de todos los motores eléctricos por su sencillez y forma constructiva. Regular la velocidad de un motor eléctrico en la industria a través de la historia ha ido evolucionando, desde enormes cajas de reducción compuestas por engranajes, piñones y otras piezas, hasta la evolución de la electrónica que trajo a los variadores de frecuencia; este último dispositivo electrónico controla la frecuencia a tensión reducida, así mismo puede ayudar a ahorrar energía y reducir los costos operativos.

Automatizar la atracción piscina con olas en la granja villa es de suma importancia ya que es la mayor atracción en verano, ya que se desea que la atracción sea segura para los clientes, tenga un buen rendimiento, se reduzca las paradas por fallas en su control. En este sentido controlar cada una de las partes que engloba la atracción es necesario que las olas generadas por el juego tengan un mayor control y el cliente se lleve la mayor experiencia dentro de las instalaciones del parque.

Como objetivo general está relacionado con la falta de control de la velocidad de las olas de la piscina lo que produce el desborde del agua, el cual genera pérdida de agua y por consecuencia una pérdida económica debido a la reposición del recurso hídrico en la piscina con olas. Así mismo, este proyecto emplearemos un variador de frecuencia, también instalaremos un controlador lógico programable, también conocido como PLC, este último elemento trabaja con el variador de frecuencia y demás elementos como electroválvulas.

El trabajo no se centrará en cálculos mecánicos, ni el análisis de la mecánica de fluidos ya que tiene como alcance y enfoque mejorar la instalación eléctrica en su etapa de control y mando para poder reducir el desborde de agua de la piscina con olas.

OBJETIVOS

a. General.

- Implementar un variador de frecuencia del juego mecánico-piscina con olas para reducir el desborde del agua en la Granja Villa Sur S.A.

b. Específicos.

- Determinar los elementos de entrada, sensores y actuadores del proceso, los cuales permite dimensionar el Variador de frecuencia y PLC para automatizar el proceso.
- Identificar las condiciones de operación y estructura de automatización para lograr la operación óptima del proceso de regulación de la velocidad juego mecánico-piscina con olas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Bases Teóricas

1.1.1. Antecedentes.

(Moreno, 2016), en su Tesis titulado “Diseño e implementación de un controlador para corte de estratos” concluye que: “Se controló el corte de estratos sin tener pérdidas significativas. Para nuestro prototipo, sin tener erros significativos entre la longitud deseada y la longitud medida”. En la tesis logró demostrar que es factible una técnica de posicionamiento, programando el PLC y el variador para lograr el automatismo, mismo que yo emplearé y afianza los resultados obtenidos.

(Gonzalo, 2015), en su Tesis titulado “Sistema electrónico compensador de torque en motor ac de winche en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí - Lima” concluye que: “El sistema electrónico basado en PLC compensa el torque de motor AC de winche durante el arranque de los motores AC, evitando de esta manera el arrastre del skip ubicado en la zona volteo en un 100%”. En este proyecto, concluye que los equipos de control y automatización más usados en la industria, son sin duda el autómeta programable y el variador de frecuencia. Entre ellos se puede establecer una comunicación para poder compartir datos, y esta se puede hacer de diferentes modos, dichos equipos que yo usaré para mi proyecto.

(Marín, 2012), en su Tesis titulado “Diseño y simulación del sistema de automatización y control del proceso de floculación para una planta de tratamiento de agua potable utilizando protocolo de comunicación Canopen” concluye que: “La variación de velocidad en los motores de uso industrial además de dar unas características de operación que el motor por si solo carece, ofrece la oportunidad de mejorar la vida

útil de los equipos asociados y un ahorro considerable en el consumo de energía lo que lo hace un dispositivo de uso casi que obligado en la modernización de todo proceso”. En este proyecto se demuestra la mejoría del control del proceso gracias al uso de los variadores de frecuencia obteniendo un ahorro en el consumo de energía, mismo objetivo que yo planteo y es demostrado en esta tesis.

(Roldán, 2011), en su Libro titulado “Automatismos industriales” señala que: “La velocidad dada por el motor está en función directa de la frecuencia. El control de velocidad se hace por medio de la señal que llega de la dinamo tacométrica, al equipo electrónico del variador”. En este libro, nos explica que la velocidad sincrónica de un motor de inducción está en proporción directa a la frecuencia. Cuando la dinamo se acopla mecánicamente a un eje capaz de girar, entrega una tensión proporcional a la velocidad angular del eje por medio de una señal.

(Martín, 2009), en su Libro titulado “Automatismos industriales” señala que: “Una forma de variar la velocidad de un motor de corriente alterna se consigue cambiando la frecuencia de su alimentación, mediante los denominados variadores de frecuencias o variadores de velocidad. Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hercios de la alimentación de un motor. Los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales, que no necesitan ningún devanado especial. Trabajan entre una frecuencia mínima y una máxima, pudiéndose regular en todo el rango con suma facilidad”. En este libro, nos explica que hoy en día ya es posible cambiar la velocidad de los motores, sin necesidad de variar el número de pares de polos, se puede también variar la velocidad cambiando la frecuencia de su alimentación, mediante los denominados variadores de frecuencias o variadores de velocidad.

1.1.2. Regulación de la velocidad mediante un variador de frecuencia.

(Wolfgang, 1984) Nos dice que El convertidor de frecuencia para el control de velocidad del motor permite la variación de velocidad para motores eléctricos. En este trabajo utilizamos el convertidor de frecuencia que permite controlar la velocidad y el voltaje de un motor eléctrico asíncrono trifásico, regulando la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Esto es el método más eficiente de gestión de la velocidad en los procesos industriales, lo que permite ahorrar energía.

A continuación, se describirá el sistema y las partes que intervienen en el circuito las cuales son:

1.1.2.1. *Sistemas de control eléctrico.*

(Cevallos, 2010), nos dice que un sistema es un ordenamiento de componentes físicos conectados o relacionados de manera que formen una unidad completa. Control designa; regulación, dirección o comando; por ende, un sistema de control es un orden de componentes físicos conectados de tal práctica que el mismo pueda comandar, guiar o regularse a sí mismo o a otro procedimiento.

1.1.2.2. *Motor eléctrico trifásico.*

(Chapman, 2012), Nos habla que un Motor Eléctrico Trifásico, es una máquina eléctrica giratoria que puede convertir la energía eléctrica trifásica entregada en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica se origina a partir de campos magnéticos giratorios en el devanado del estator, lo que significa que el arranque de estos motores no necesita un circuito auxiliar, son más pequeños y livianos que uno de inducción monofásico con la misma potencia, por lo que su fabricación representa un costo menor. Los motores eléctricos trifásicos se fabrican con las diferentes fuerzas, desde una fracción de caballos de fuerza hasta varios miles de caballos

de fuerza (HP), están contruidos para prácticamente todos los voltajes y frecuencias normalizados (50 y 60 Hz) y muy altos. A menudo están equipados para trabajar con dos tensiones nominales.

En la siguiente figura nos muestra como se ve un motor trifásico Eléctrico:

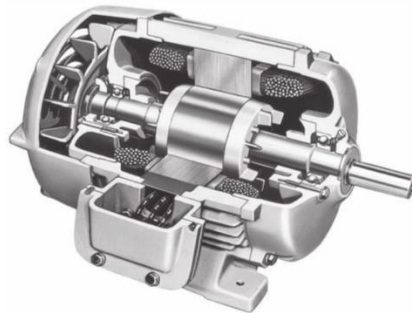


Figura 1. Motor eléctrico trifásico.
Fuente: (Chapman, 2012).

1.1.2.2.1. *Aplicaciones.*

(Chapman, 2012), relaciona que, por su diferente potencia y tamaño, son ampliamente utilizados en la industria, lo que no ocurre en los sistemas residenciales y domésticos, principalmente porque la energía trifásica no llega a este sector. En la industria se utilizan para utilizar máquinas herramienta, bombas, carretillas elevadoras, ventiladores, extractores, elevadores, grúas eléctricas, etc.

(Chapman, 2012), siguiendo lo anterior nos dice que, independientemente del tipo de motor trifásico en cuestión, todos los motores trifásicos transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

1.1.2.2.2. *Partes.*

Son las Sigüientes a continuación: (Chapman, 2012)

a) El Estator

Consiste en un revestimiento de hierro de silicio, generalmente presionado en una caja de hierro fundido. El chapado es ranurado, que sirve para insertar las bobinas, que a su vez son de alambre de cobre, de diferentes diámetros.

En la siguiente figura nos muestra un estator por dentro y sus componentes:

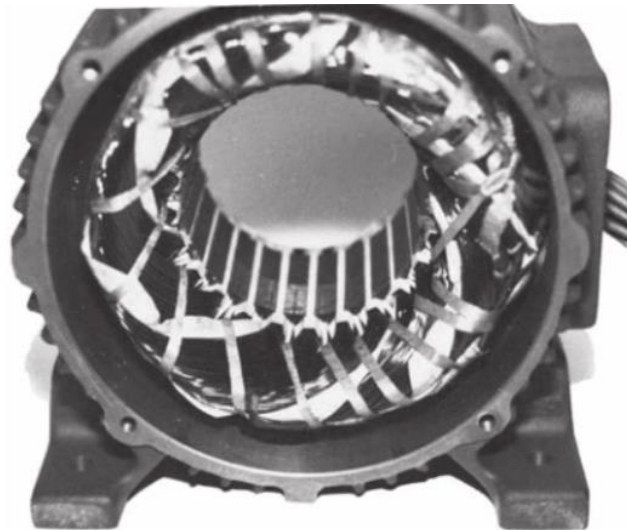


Figura 2. Estator.
Fuente: (Chapman, 2012).

b) El Rotor

Es la parte móvil del motor. Consiste en la varilla, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos mediante tornillos. Este tipo de rotor se llama jaula de ardilla o corto porque el anillo y las barras, que están hechos de aluminio, en realidad forman una jaula.

En la siguiente figura nos muestra como se ve un rotor con sus partes que la involucran:

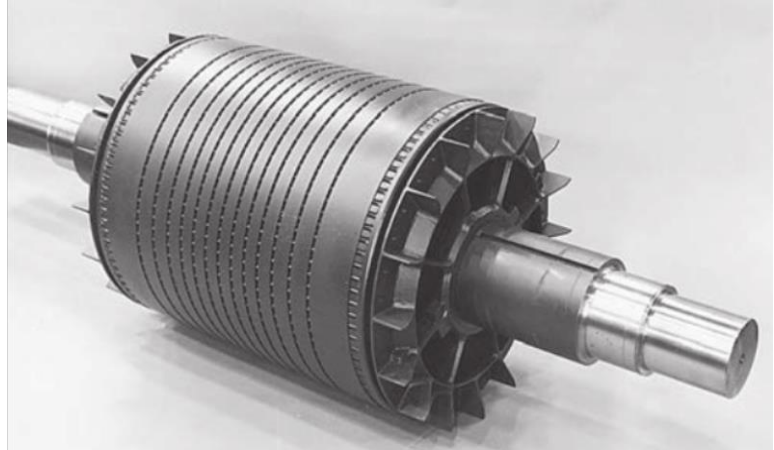


Figura 3. El Rotor.
Fuente: (Chapman, 2012)

1.1.2.2.3. *Principios de Funcionamiento.*

(Chapman, 2012), nos dice que, Un motor de inducción trifásico con rotor de jaula de ardilla, se le aplica voltaje eléctrico al estator, y en el devanado fluyen una serie de corrientes, las cuales a su vez crean un campo magnético que gira en sentido antihorario, este campo magnético que gira pasa por las varillas del rotor e induce en ellas un voltaje que es el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnético del estator.

1.1.2.2.4. *Arranques Básicos de Motores Trifásicos.*

(Chapman, 2012), nos comenta que, Los motores de inducción se pueden poner en marcha simplemente conectándolos a la red eléctrica o en la línea eléctrica. Sin embargo, no es práctico ya que la corriente de arranque puede provocar una caída de tensión en la red eléctrica, por lo que no sería recomendable una conexión directa a la red. Teniendo esto en cuenta, es necesario reducir la corriente de arranque y así mismo también puede reducir el par de arranque del motor.

De los Cuales existen estos tipos: (Chapman, 2012)

a) *Arranque Directo.*

Es un circuito de arranque y control típico en voltaje total o directo a través de la línea en un motor de inducción. El funcionamiento de este circuito es muy simple, porque cuando se presiona el botón de arranque, el contactor se energiza de modo que sus contactos principales normalmente abiertos se cierran y se aplica voltaje eléctrico al devanado del motor de inducción y se pone en marcha. Al presionar el botón de parada se apaga el contactor, se abren los contactos y el motor se detiene.

En la siguiente figura nos muestra un diagrama de arranque Directo:

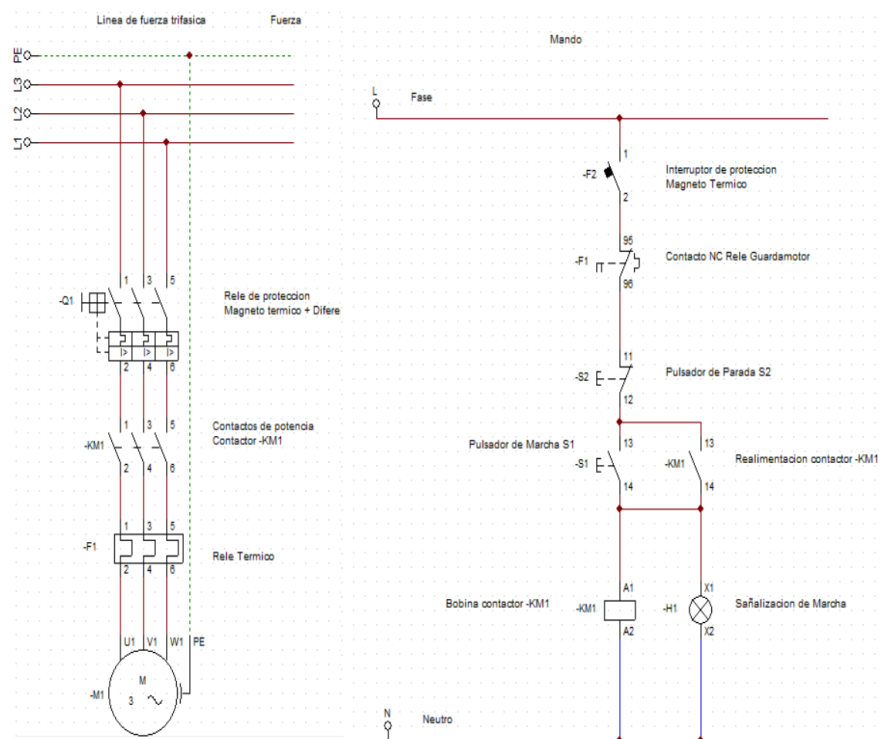


Figura 4. Esquema de un Arranque Directo.
Fuente: (Propia).

b) *Arranque por Conexión Estrella – Triángulo.*

Una forma de reducir la corriente de arranque es intercambiar un motor que normalmente está conectado en Delta por un motor conectado en estrella durante el proceso de arranque. Este proceso de cambio ocurre en el devanado

del estator del motor. En este sentido, la tensión de fase disminuye de V_L a $V_L / \sqrt{3}$, lo que reduce la corriente de arranque. Cuando el motor alcanza su velocidad máxima, los devanados del estator se vuelven a conectar a Delta.

En la siguiente figura nos muestra un diagrama de la conexión de arranque Estrella-Triangulo:

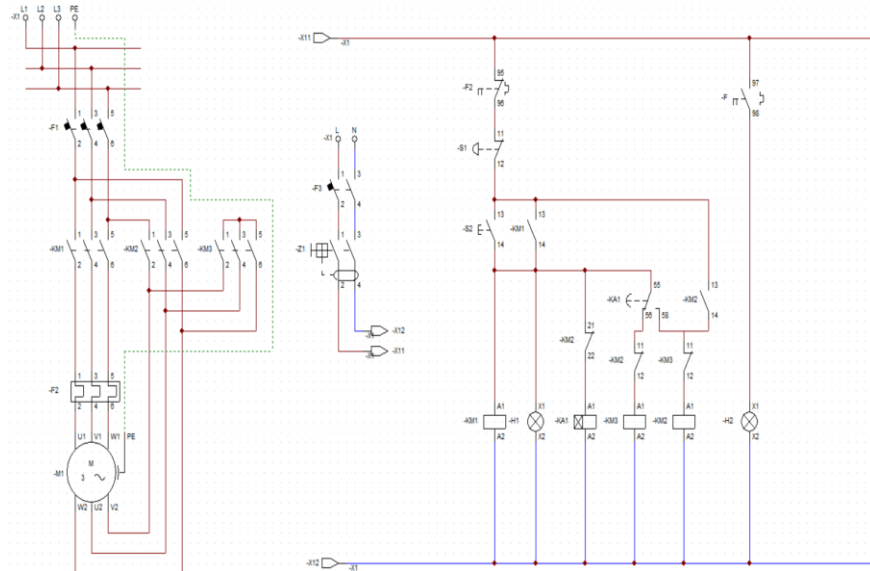


Figura 5. Esquema de un arranque por conexión estrella – Triangulo.
Fuente: (Propia).

c) Arranque por Variador de Frecuencia.

El Variador de frecuencia permite un arranque regular y controlado, evitando choques en el motor y la máquina asociada. Durante el funcionamiento, puede variar la frecuencia de salida del motor para cambiar la velocidad de rotación del rotor. El control puede ser discreto, analógico o mediante el bus de comunicación. El funcionamiento dentro del inversor es el siguiente: un puente rectificador convierte la tensión de CA en tensión de CC, que se suministra a un banco de condensadores que elimina la ondulación y proporciona una señal de CC estable. Luego, una red transitoria (IGBT) conmuta la tensión de CC para generar una serie de pulsos de ancho variable conocidos como PWM y ajustarlos ayuda a regular la tensión y la frecuencia de la

fuente de alimentación del motor para mantener un Relación U / f . constante y por lo tanto el flujo magnético deseado en el motor.

En la siguiente figura nos muestra como es un variador de frecuencia y como se encuentra conectado:



Figura 6. Arrancador por variador de frecuencia.
Fuente: (Automaqperu).

1.1.2.3. Contactor.

(Wolfgang, 1984), Comenta que, la actuación de un contactor se realiza electromagnéticamente, cuando la corriente eléctrica fluye a través de la bobina, anclaje inducido o hierro en movimiento con los contactos principales y auxiliares y se atrae y cambian de estado. Hay contactores que pueden funcionar en corriente continua y corriente alterna.

En la siguiente figura nos muestra como se ve por dentro un Contactor y cuáles son sus partes:

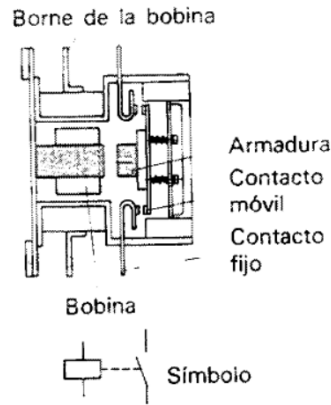


Figura 7. Contactor.
Fuente: (Wolfgang, 1984).

1.1.2.4. **Temporizador.**

(Martín, 2009), nos da a entender que es un dispositivo electrónico que permite activar y desactivar después de un tiempo programado, hay temporizadores que tienen un tiempo de disparo que va desde los milisegundos hasta las horas. Están contruidos por una bobina y un conjunto de contactos, según su funcionamiento hay temporizadores con retardo a la conexión y a la desconexión.

En la siguiente figura nos muestra como se ve un Temporizador Electrónico:



Figura 8. Temporizador electrónico.
Fuente: (Martín, 2009).

1.1.2.5. **PLC.**

(Martín, 2009), nos muestra que el autómatas programable, también conocido como PLC (Controlador Lógico

Programable), es un elemento electrónico que puede gobernar los circuitos de automatismos industriales una vez programada. Los PLC son capaces de procesar las señales múltiples variables y entregar un resultado en función a lo programado.

Por lo que para este proyecto utilizamos el Controlador Lógico Programable LOGO230RC. Este PLC pertenece a la gama baja de la empresa SIEMENS.

En la siguiente figura nos muestra como se ve un Mini PLC LOGO 230RC:



Figura 9. Mini PLC Logo.
Fuente: (Martín, 2009).

AUTÓMATA PROGRAMABLE SELECCIONADO

El LOGO seleccionado cuenta con las siguientes características: (Ebayimg, 2019)

LOGO 230RC, MOD. LOGICO, DISPLAY AL/E/S:
115V/230V/RELE 8 ED/4 SD, MEM. 200 BLOQUES,
AMPLIABLE MODULARMENTE 230V AC/DC.

Modelo: LOGO 230RC.

Fabricante: SIEMENS.

En la siguiente tabla nos muestra el Diseño y Características del Mini PLC LOGO 230RC:

Tabla 1.
Diseño de PLC LOGO 230RC.

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Hora	
Programadores horarios.	
Cantidad	8
Reserva de marcha	80 h
Entradas digitales	
Cantidad/entradas binarias	8
Salidas digitales	
Número/salidas binarias	4; Relé
Funcionalidad/resistencia a cortocircuitos	No; requiere protección externa

Fuente: (Ebayimg, 2019).

1.1.2.6. Fuente de Alimentación.

(Malvino, 2007), nos informa que, es un circuito que convierte la tensión alterna que ingresa a tensión continua en la salida, en la que incluye un rectificador y filtro. Lo usual es usar fuentes de alimentación de baja tensión y alta corriente ya que la frecuencia de la red es de 60 Hz, se tienen que usar bobinas grandes para lograr una reactancia grande para obtener un filtrado óptimo. Las inductancias grandes poseen una resistencia de devanado grande, lo que origina serios

problemas en la estructura con corrientes de carga alta, es decir, hay demasiada tensión continua en la resistencia de choque. Así mismo las inductancias grandes no son adecuadas para los circuitos semiconductores actuales, ya que se considera hacerlos más livianos.

En la siguiente figura nos muestra cómo se luce una fuente de alimentación:

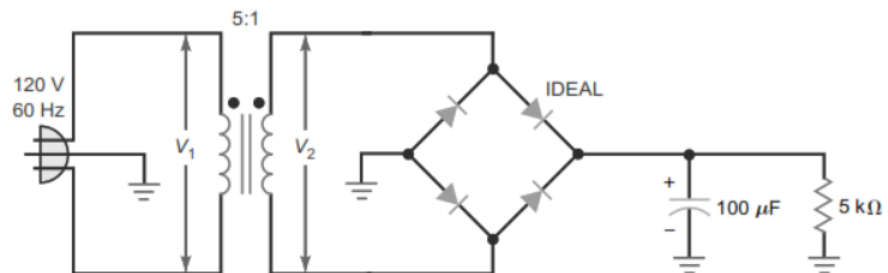


Figura 10. Fuente de alimentación.
Fuente: (Malvino, 2007).

1.1.2.7. Protecciones.

1.1.2.7.1. Fusibles.

(Martín, 2009), nos instruye diciendo que, se elaboran de un hilo de material que tiene un punto de fusión que está por debajo que la del cobre, un sección o calibre menor a la del conductor. El fusible ante cualquier incremento de temperatura por causa de un incremento de corriente permita que sea el primer punto en calentarse en el circuito, ya que al elevarse la temperatura se funde el material interrumpiendo la continuidad de la instalación y logrando evitar una sobreintensidad protegiendo la instalación y circuito.

En la siguiente figura nos muestra como luce un Fusible:

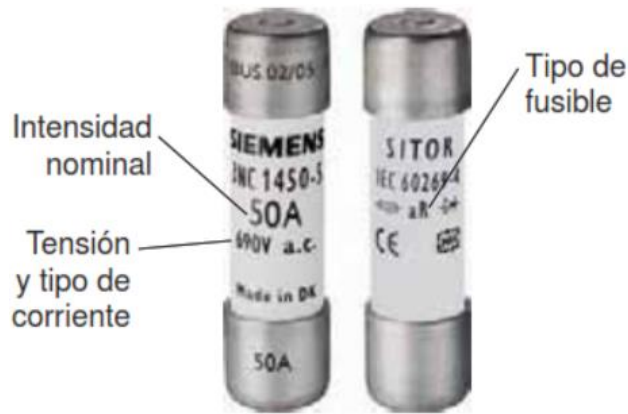


Figura 11. Fusible.
Fuente: (Martín, Automatismos Industriales, 2009).

1.1.2.7.2. Interruptor Termomagnético.

(Harper, 1996), nos comenta que, Un Disyuntor Termomagnético es un dispositivo de protección que conecta y desconecta automáticamente un circuito eléctrico por un valor de corriente que excede el valor nominal del interruptor, sin dañarlo, protegiendo así la instalación eléctrica. Cuando ocurre un calentamiento anormal como resultado de una sobrecarga debido a un flujo de corriente anormal, el interruptor termomagnético se abre, no dejando pasar la corriente eléctrica, esto ocurre en caso de cortocircuito o sobrecarga.

En la siguiente figura nos muestra la forma de como luce un Interruptor Termomagnético de una y doble Fase:

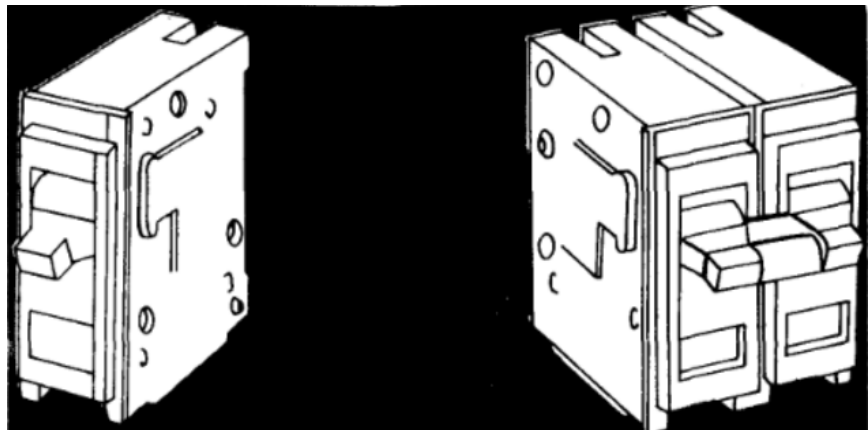


Figura 12. Interruptor termomagnético.
Fuente: (Harper, 1996).

1.1.2.7.3. Pulsador.

(Wolfgang, 1984), dice que, frecuentemente se usan para activar circuitos, estos se activan de forma manual manteniendo el mismo estado de conexión al dejar de pulsar, ya que están activados durante el tiempo que dure la pulsación; al dejar de pulsar la posición de los muelles o resortes regresan a su posición inicial. Hay pulsadores que son normalmente cerrados y normalmente abiertos.

En la siguiente figura nos muestra la forma de 6 tipos de pulsadores:

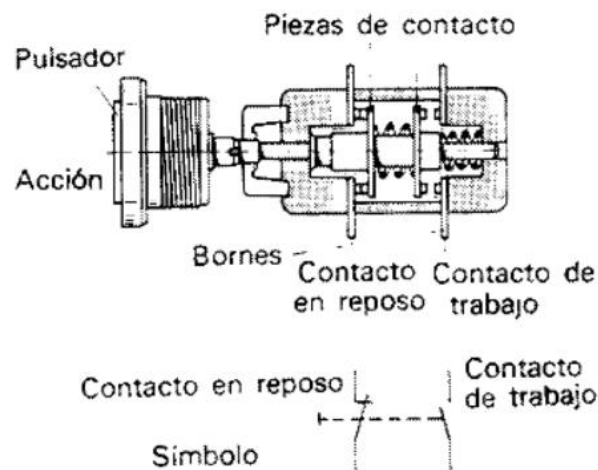


Figura 13. Pulsadores.
Fuente: (Wolfgang, 1984).

1.1.2.7.4. Luz Piloto.

(Martín, 2009), comenta que son elementos de señalización luminosa y tienen un tamaño y forma semejante a la de los pulsadores, están orientados para ser instalados en puertas de los tableros eléctricos o en bases de pulsadores.

En la siguiente figura nos muestra como se ve una luz Piloto:



Figura 14. Luz Piloto.
Fuente: (Martín, 2009).

1.1.2.8. Variador de Velocidad Delta

(Antech, 2009) comenta que, Delta ofrece una solución completa para todas las necesidades de control de motores, desde simples micro unidades V / F hasta las más complejas unidades vectoriales orientadas al campo. Con potencia desde tamaños fraccionarios hasta 300 hp y voltajes de entrada desde 110 VCA a 575 VCA, las unidades Delta le brindan una manera fácil y poderosa de ejercer el control del motor para todas sus necesidades de automatización.

Se eligió un variador por las siguientes características: (Varitel, 2015)

1.1.2.8.1. Elección del Variador Delta, C-2000 (Convertidor de frecuencia de altas prestaciones)

Delta Electronics, Inc. lanza la nueva serie C-2000 de convertidores de frecuencia. Las características destacables de esta nueva serie de unidades son las siguientes:

- Ofrece trabajar en el modo de control “Field Oriented Control” (FOC), que permite obtener un rendimiento de un motor asíncrono cercano al de un servomotor. Los posibles modos de control son: V / F, FOC lazo abierto, FOC lazo cerrado. En circuito cerrado, es posible el control de par.

- Cuando se complete el lanzamiento de la serie, cubrirá un rango de potencia de 0,75 a 355 kW a 400 V.
- PLC integrado.
- Dos en uno: puede controlar motores asíncronos y servomotores sin escobillas con codificadores.
- Unidad de frenado incorporada en equipos de 0,75 a 30 kW.
- Permite el montaje de hasta 3 tarjetas de expansión: entradas / salidas, retroalimentación de encoder, comunicaciones: Profibus-DP, DeviceNet, CANopen, Modbus TCP y EtherNet / IP).
- Función de “parada segura” integrada, según EN954-1, EN60204-1 e IEC61508.
- Filtro RFI integrado, con posibilidad de desconexión.
- Circuitos impresos barnizados.
- Tira de control extraíble.
- Inductancia integrada en el bus de CC
- Posibilidad de kit de montaje opcional para realizar disipación de calor externamente.

En la siguiente figura nos muestra como se ve un Variador de velocidad Delta:



Figura 15. Variador de velocidad delta.
Fuente: (Varitel, 2015).

1.1.2.8.2. *Motivos para Emplear Variadores de Velocidad*

Dos de las principales razones para utilizar variadores de velocidad son el control de procesos y el ahorro de energía. Por las Historia, los variadores de frecuencia se desarrollaron originalmente para el control de procesos, pero el ahorro de energía se ha convertido en un objetivo tan importante como el primero.

1.1.2.8.3. *Velocidad como una Forma de Controlar un Proceso*

Los diversos beneficios del control de procesos que se pueden lograr mediante el uso de convertidores de frecuencia incluyen:

- a) Procesos más suaves.
- b) control de aceleración.
- c) Diferentes velocidades de operación para cada fase del proceso.
- d) Compensación de variables en procesos variables.
- e) Permitir operaciones lentas para configurar o probar.
- f) Ajuste de la tasa de producción.
- g) Habilite el posicionamiento de alta precisión.
- h) Control de par (par Torque).

1.1.2.8.4. *Fomentar el Ahorro de Energía Mediante el Uso de Variadores de Velocidad*

Un equipo impulsado por una unidad de velocidad variable generalmente usa menos energía que si el equipo se activara a una velocidad fija constante. Los ventiladores y las bombas representan las aplicaciones más sorprendentes. Un ejemplo, cuando una bomba es impulsada por un motor que funciona a una velocidad fija, el flujo producido puede ser mayor de lo necesario. Para ello, el caudal se podría regular mediante una válvula de control, dejando estable la velocidad de la bomba, pero es mucho más eficiente regular ese caudal controlando

la velocidad del motor, en lugar de restringirlo a través de la válvula, por ende, el motor no tendrá que consumir energía no utilizada.

1.1.2.9. **Electroválvulas**

(Martín, 2009), nos enseña que, se llama así ya que está construido por una bobina eléctrica, que al energizarla se permite o no el paso del aire en una instalación neumática. Hay electroválvula que funcionan con tensión alterna y continua.

En la siguiente figura nos muestra como luce una electroválvula con su válvula mecánica y su accionamiento Magneto Eléctrico:

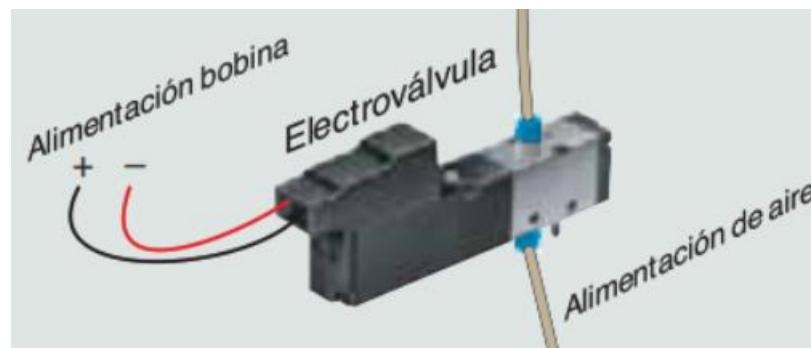


Figura 16. Electroválvula.
Fuente: (Martín, 2009).

1.1.2.10. **Cilindro de Simple Efecto**

(Wordpress, 2016), Nos da a entender que, Los cilindros de simple efecto son aquellos que realizan su trabajo solo cuando su elemento móvil (vástago) se mueve en una dirección; es decir, hacen el trabajo en un ciclo. El rebote se produce al liberar aire presurizado desde la parte trasera, devolviendo el vástago a su posición inicial.

(Wordpress, 2016), Siguiendo lo anterior nos dice que, Estos cilindros se utilizan para trabajos de carrera corta donde el vástago del cilindro no realiza carreras que excedan, generalmente en 100 mm. Para aplicaciones de sujeción o

remachado, por ejemplo, también se utilizan cilindros de diafragma, en los que un diafragma de plástico o metal reemplaza al pistón. Los trazos en este caso son mucho más cortos que los anteriores, entre 50 y 80 mm.

En la siguiente figura nos muestra como luce un Pistón de simple efecto:



Figura 17. Cilindro de Doble Efecto.
Fuente: (Directindustry, 2017).

1.1.2.11. Ventilador Centrifugo

(Uezuperu, 2018) comenta que, El equipo Ventilador centrífugo está diseñado para operar con mínimos volúmenes de aire, pero con mayores presiones. El ventilador tiene transmisión directa y tiene un motor de alta velocidad, y tiene un impulsor de tipo radial, la boca de descarga tiene un diseño de boquilla que le da un mejor rendimiento y una mejor dirección del aire.

En la siguiente figura nos muestra como luce un Ventilador Centrifugo:

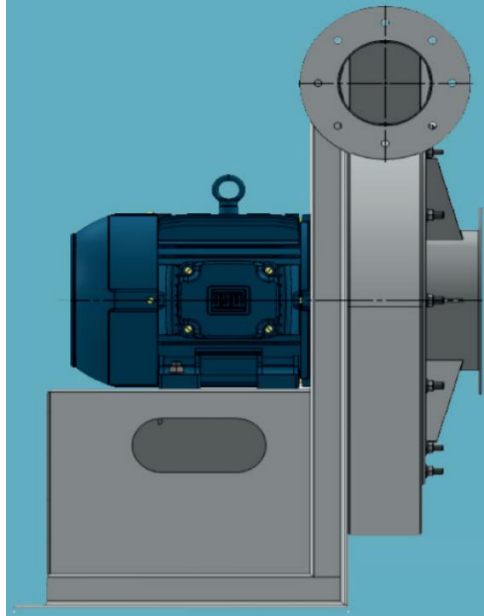


Figura 18. Soplador Centrífugo.
Fuente: (Uezuperu, 2018).

1.1.2.12. Señalización acústica o sirena

(Martín, 2009), nos enseña que es un dispositivo que están elaborado en zumbadores, timbres, sirenas y bocinas. Se instalan para indicar eventos en el que el automatismo necesita una atención inmediata por el operario, tales como: alarmas, fallos o activación de protecciones.

En la siguiente figura nos muestra como luce una sirena o bocina eléctrica:



Figura 19. Sirena o Bocina Eléctrica.
Fuente: (Martín, 2009).

1.1.2.13. **Cables VFD**

(Gstatic, 2016), da a conocer que, los cables VFD para convertidores de frecuencia o convertidores de frecuencia se utilizan para alimentar convertidores de frecuencia y proteger contra interferencias electromagnéticas, evitando corrientes parásitas y efectos corona que conducen al deterioro de los cojinetes y otros elementos mecánicos y eléctricos de motores basados en este tipo de tecnología establecido.

En la siguiente figura nos muestra la variedad de tipos de Cables VFD:



Figura 20. Cables VFD.
Fuente: (Gstatic, 2016).

1.1.2.14. **Potenciómetro**

(Blascarr, 2012), hace referencia que, los potenciómetros limitan el paso de corriente eléctrica (intensidad) lo que provoca una caída de tensión en ellos como en una resistencia, pero en este caso el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro solo se puede variar cambiando el valor de su resistencia. En una resistencia fija, estos valores siempre serían los mismos. Si esto no le queda claro, es mejor que se estudie las magnitudes eléctricas.

En la siguiente figura nos muestra como luce y como funciona un Potenciómetro o Resistencia Variable:

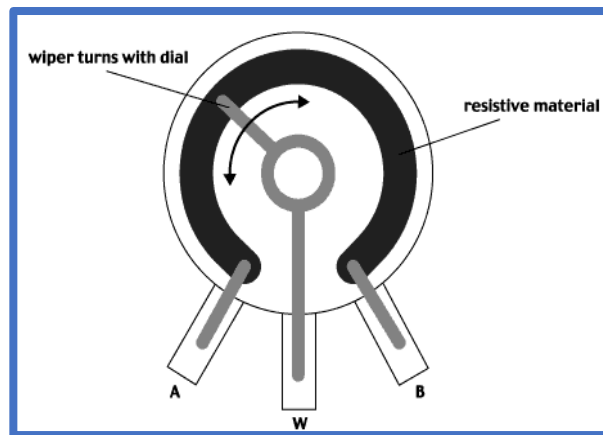


Figura 21. Potenciómetro.
Fuente: (Blascarr, 2012).

1.2. Definición de términos básicos

- **Armónicos:** Los armónicos son señales de ondas de tensión o corriente sinusoidal deformada que poseen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental a la cual el sistema de la red está orientado para operar.
- **Automatización:** La automatización es un conjunto de actividades ejecutadas de forma automática; pasan a ser generalmente realizadas por operarios a un conjunto de equipos tecnológicos.
- **Bobina eléctrica del contactor:** Es el devanado o arrollamiento de un hilo de cobre con un gran número de vueltas que al aplicarle tensión eléctrica genera un campo electromagnético y supera la resistencia.
- **Cálculo de secciones de líneas eléctricas:** Método por el cual se calcula la sección ideal de un conductor eléctrico en función al circuito o instalación eléctrica.
- **Configuración:** Seleccionar entre las opciones en el menú de opciones con el fin de obtener un sistema de acuerdo a una programación requerida de un equipo o módulo electrónico.

- **Contacto normalmente abierto:** Condición de reposo de un contacto que se encuentra abierto en estado inicial, en la cual entre los dos puntos del contacto no hay continuidad.
- **Contacto normalmente cerrado:** Condición de reposo de un contacto que se encuentra cerrado en estado inicial, en la cual entre los dos puntos del contacto hay continuidad.
- **Controlador lógico programable:** Es una computadora o controlador que se utiliza en la automatización industrial, para automatizar procesos y controlar maquinarias de una fábrica en líneas de montaje mediante la programación.
- **Corriente de arranque:** Momento en el que los motores eléctricos arrancan, la corriente se eleva sobre pasando 7 veces la corriente nominal según datos del motor eléctrico, ya que requieren de una potencia inicial grande para superar la resistencia desde el momento de reposo del motor hasta su velocidad nominal, esto en un tiempo corto según datos del motor.
- **Corriente eléctrica:** La corriente eléctrica es el flujo de carga que pasa por un determinado material o punto de un circuito eléctrico, la unidad de medida es el amperio según el Sistema Internacional, se puede medir con un amperímetro.
- **Diagrama eléctrico:** Es un esquema o gráfica que representa los diferentes elementos de un sistema eléctrico, posibilitando la ubicación de estos componentes dentro de una instalación eléctrica.
- **Dimensionar:** Definir los valores y características de un elemento utilizando una norma o criterio técnico para una instalación eléctrica.
- **Entrada analógica:** Sirven para conectar en la entrada, señales de tipo analógico que pueden ser las magnitudes de temperatura, la presión o el

caudal, logrando que los controladores programables funcionen con este tipo de señales.

- **Entrada digital:** Sirven para conectar en la entrada, señales de tipo digital que pueden activar o desactivar por pulsadores o finales de carrera, logrando que los controladores programables funcionen con este tipo de señales que solo tiene dos condiciones.
- **Frecuencia:** Magnitud eléctrica que mide el número de ciclos por unidad de tiempo, la unidad es el Hertz según el Sistema Internacional.
- **Fuente de alimentación:** Equipo que transforma la corriente alterna, en una corriente continua, normalmente alimentan aparatos electrónicos al que se pueden conectar una computadora, PLC, impresora o router.
- **Interruptor termomagnético:** Es un elemento de protección de una instalación eléctrica que protege ante una sobrecarga que es la parte térmica y la parte magnética lo hace ante un cortocircuito.
- **Logo230RC:** Es un PLC pequeño de la marca siemens, sirve para automatizar procesos cortos y de pocas entradas y salidas teniendo sin embargo muchas funciones disponibles y módulos expandibles.
- **Parámetros:** Un parámetro es valor o valores que se le asigna a un computador, PLC, variador de frecuencia para configurar al equipo con datos obteniendo un trabajo específico.
- **Potencia eléctrica:** Potencia es la relación entre la energía eléctrica en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se mide en Watts, se puede medir con un vatímetro.
- **Potenciómetro:** Un potenciómetro es una resistencia variable a la cual puede ser cambiada de forma manual su valor.

- **Regulación:** Condición en la cual se permite variar o cambiar un estado o valor de un equipo eléctrico de forma parcial o total.
- **Salida digital:** Sirven para conectar en la salida, actuadores o dispositivos que se van a activar o desactivar por los controladores programables; solo tiene dos condiciones, encendido y apagado.
- **Tablero eléctrico:** Es un equipo eléctrico que está conformado por elementos de protección, señalización, mando y en ocasiones instrumentos de medida. Sirve para activar y desactivar de forma manual y automática en una instalación eléctrica.
- **Tensión eléctrica:** También conocida como potencial eléctrico o diferencia de potencial; es la fuerza electromotriz que empuja a los electrones a través de un conductor. Su unidad de medida es el voltio y se puede medir con un voltímetro.
- **Torque o par eléctrico:** El torque o par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor eléctrico sobre el eje de transmisión de potencia. Se mide en Newton/metro (Nm).
- **Variador de frecuencia:** Es un dispositivo electrónico en la cual se encarga de controlar la velocidad de un motor eléctrico variando la frecuencia eléctrica y la tensión al mismo tiempo; también se le conoce como Convertidor, Drive, Inversor o VDF.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1. Delimitación del Trabajo Profesional

2.1.1. Temporal

El proyecto de ingeniería se desarrolló durante el 1 de noviembre del 2016 al 31 de diciembre del 2016. (ver anexo 3).

2.1.2. Espacial

Este proyecto se desarrollará en la Empresa La Granja Villa y su Mundo Mágico S.A, ubicado en los Pantanos de Villa del distrito de Chorrillos, Lima.

En la siguiente figura nos muestra la ubicación de la Granja Villa sur en el distrito de Chorrillos, Lima:

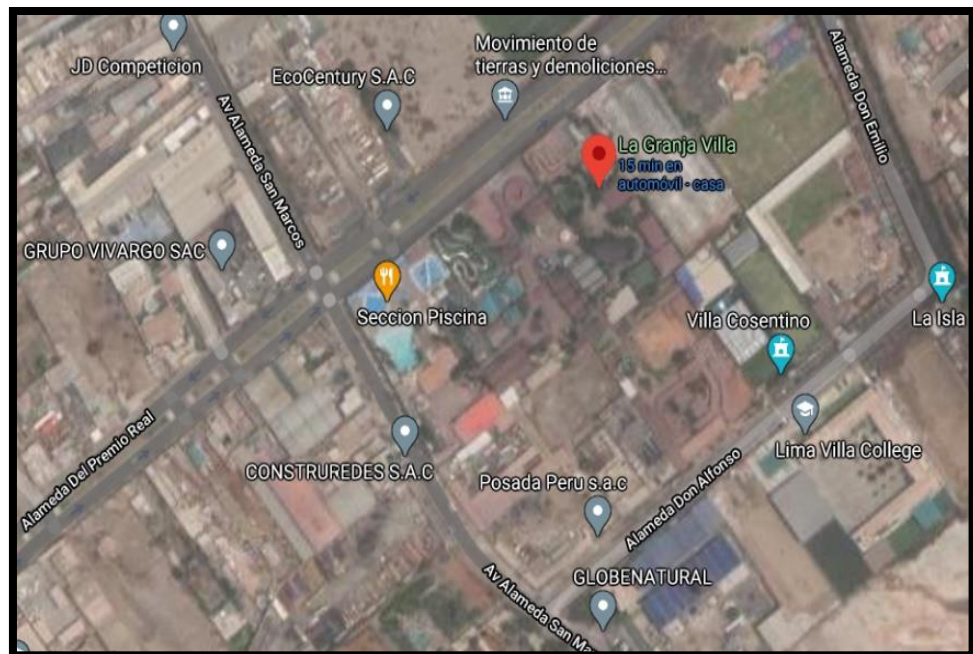


Figura 22. Ubicación de la Granja Villa Sur.
Fuente: (GoogleMap, 2020).

2.2. Determinación y análisis del problema

En la Granja Villa Sur existe un juego mecánico de atracción llamada "piscina con olas" (Ver anexo 4) en la cual las olas son creadas por un ventilador

centrífugo que sopla aire y cuatro cilindros que son activados por las válvulas solenoides.

Este proceso es controlado por temporizadores y relés que realizan la operación de encendido del motor del ventilador centrífugo, en la cual no es posible regular la velocidad a la que emergen las olas y controlar el cierre y apertura de las compuertas para que fluya el aire comprimido generado por el ventilador centrífugo, creando un desborde de agua alrededor de la piscina de olas. En tal sentido se trata de un proceso defectuoso que está perdiendo recurso hídrico a medida que las olas se desbordan. Por lo tanto, es necesario reponer constantemente el agua, lo que genera pérdidas económicas.

2.3. Modelo de solución propuesto

2.3.1. Descripción del proceso a automatizar.

En el juego piscina de olas, en la que se genera olas que son la parte principal de la atracción, esto funciona cuando un soplador centrífugo (ver anexo 2), que inyecta aire a una presión de 115,6 PSI; cuatro válvulas solenoides, que controlan los cilindros de doble efecto; cuatro cilindros que operan con un punto de aire comprimido de 43 PSI, que abren y cierran el paso de aire; los temporizadores electrónicos que controlan los tiempos de funcionamiento de las electroválvulas, el motor del ventilador centrífugo y el agua impulsada como recurso hídrico importante que se encuentra en la piscina.

En la siguiente imagen nos muestra el proceso de generación de olas en el juego Piscina con Olas se divide en etapas:

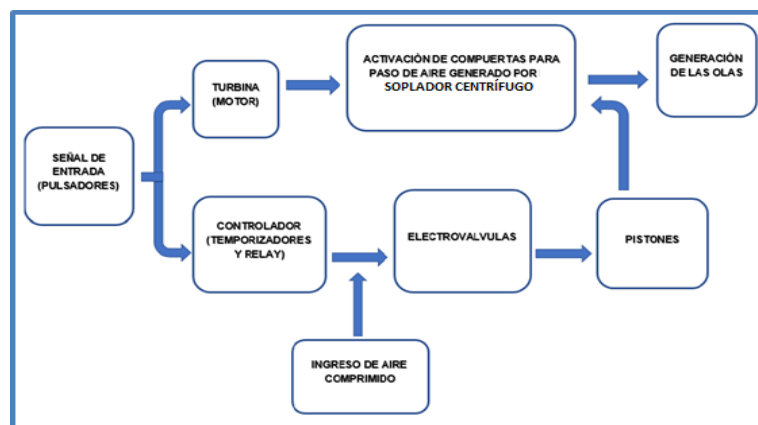


Figura 23. Fases del proceso en la generación de olas.
Fuente: (Propia).

Como se muestra en la figura 23, detallaremos paso a paso el proceso de creación de olas en el Juego Piscina con olas.

Como primera fase del proceso; tenemos los pulsadores de arranque que activan el ventilador centrífugo, siendo este el que crea el aire comprimido; los temporizadores y relés que controlan los tiempos; el pulsador de parada para detener lo anterior y un pulsador de emergencia que detiene todo el proceso.

En las siguiente Figura nos muestra el tablero de parada y marcha del juego:



Figura 24. Ubicación de los pulsadores en los tableros.
Fuente: (Propia)

Luego como segunda fase; tenemos el ventilador centrífugo, que consta de un motor eléctrico trifásico que funciona con una tensión eléctrica de 440VAC, que con la ayuda de un arranque estrella delta arranca, funciona con una frecuencia de 60Hz, y su eje está conectado al ventilador que son las que generan aire a presión.

En la siguiente figura nos muestra la placa del motor que utilizamos para el juego:

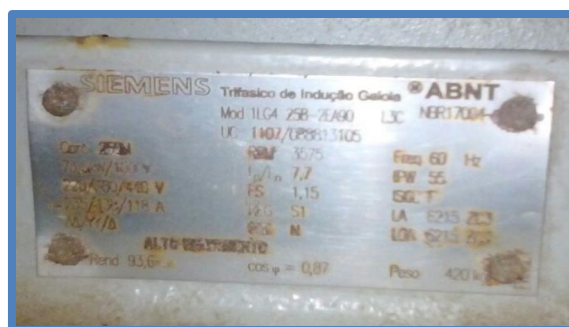


Figura 25. Placa de Motor.
Fuente: (Propia).

En esta misma fase tenemos los temporizadores electrónicos, los cuales nos darán el tiempo para activar y desactivar las electroválvulas estas operan a 220VAC y están regulados para dar pulsos alternos de dos segundos a los dos grupos de válvulas solenoides (electroválvulas); estos son asistidos por los relés que funcionan en conjunto con los temporizadores y pueden tener una secuencia de trabajo de 5 minutos de funcionamiento y 5 minutos de descanso.

En la siguiente figura 26 nos muestra la ubicación del temporizador y los relés en el tablero de Fuerza:

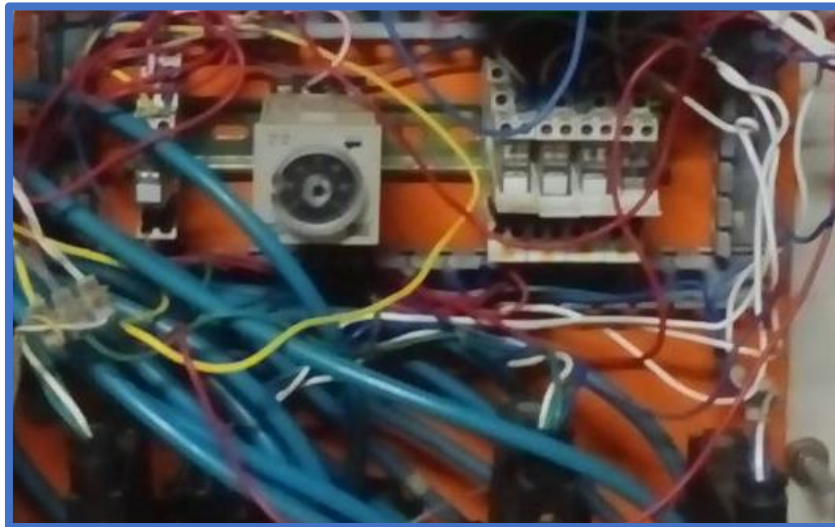


Figura 26. Relés y Temporizadores.
Fuente: (Propia).

Como tercera fase; hay válvulas solenoides de 24 VCC que funcionan con una fuente de alimentación de 24 VCC y tienen un punto de aire comprimido en la red principal de compresores. Esto funciona con una presión de 43 PSI. Estas electroválvulas se dividen en dos grupos de dos electroválvulas que funcionan alternadamente, es decir, mientras un grupo está activado, el otro está desactivado.

En la siguiente imagen nos muestra las 4 electroválvulas ubicadas en el tablero de fuerza:



Figura 27. Electroválvulas.
Fuente: (Propia).

Ya como última fase; los cilindros son activados por las válvulas solenoides, lo que permite que las compuertas se abran y cierren, y el aire comprimido generado por un ventilador centrífugo fluya a través de los canales, permitiendo que este aire escape por la parte posterior de la piscina y cree olas alternadamente de derecha a izquierda.

En la siguiente figura nos muestra la ubicación del pisto y la compuerta del juego:



Figura 28. Cilindros y compuerta del juego.
Fuente: (Propia).

A continuación, se muestra un diagrama de estado que muestra la activación y desactivación de los elementos de salida, el ventilador centrífugo que funciona de manera continua hasta que se presiona el botón de parada, así como los dos grupos de electroválvulas que controlan el lado derecho e izquierdo de los pistones y funcionan alternativamente cada dos segundos; este ciclo de juego dura 5 minutos y dura 5 minutos de descanso. Cada vez que comienza el juego, la sirena sonará durante un período de 2 segundos y volverá a sonar después de 10 minutos.

En la siguiente Figura nos muestra un diagrama de como funciona el proceso de juego en tiempo de uso:

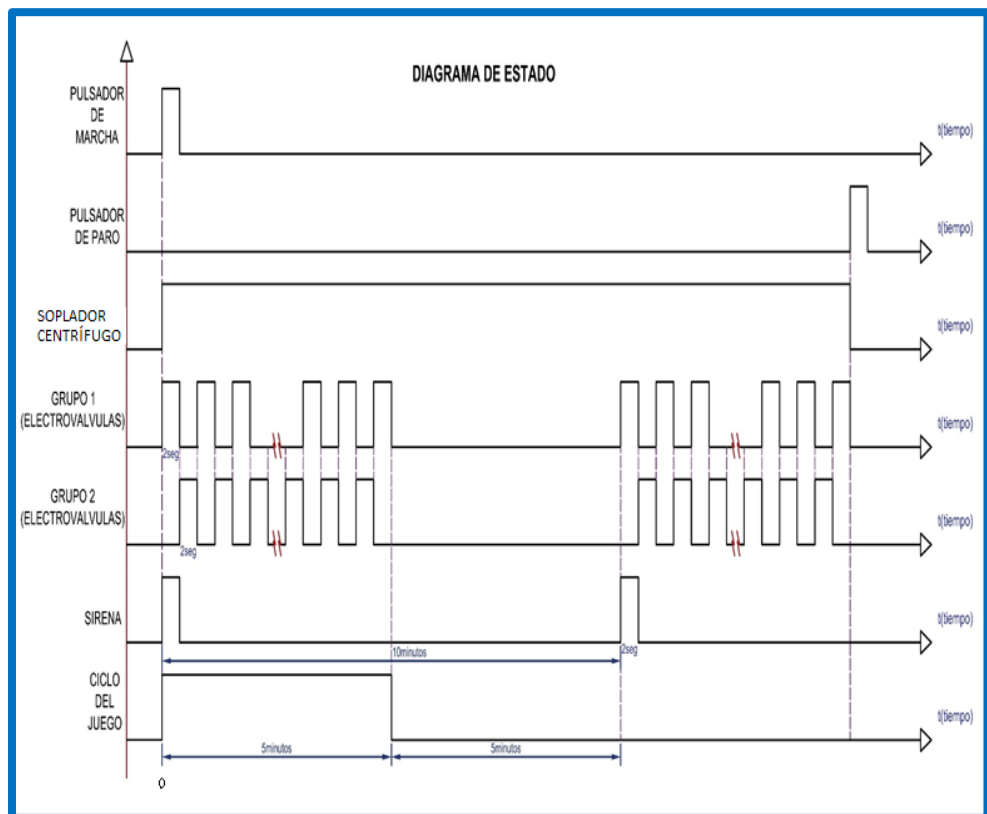


Figura 29. Diagrama de estado.
Fuente: (Propia).

Este proceso de automatización tiene como uno de sus objetivos importantes no perder mucha agua, porque hay un desborde de agua cuando se originan las olas; luego se tomó una muestra en noviembre y se tomó una lectura a un nivel que nos permite medir la pérdida de

agua en metros cúbicos. En este histograma, aclara el panorama y resalta lo anterior.

En la siguiente Figura nos muestra un Histograma donde se aprecia la perdida de agua en el los días del mes de Noviembre:

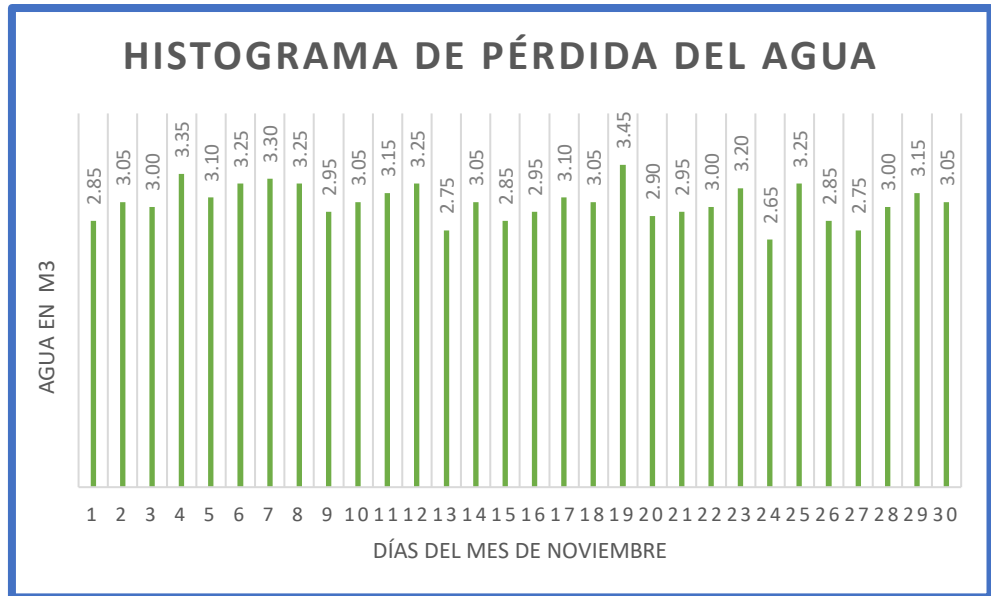


Figura 30. Histograma de pérdida de agua 1.
Fuente: (Propia).

2.3.2. Desarrollo del Automatismo.

Para que este proyecto regule la velocidad de las olas del juego de la piscina de olas, el control de alternancia y velocidad del ventilador centrífugo debe regularse automáticamente para crear olas y evitar que el agua se desborde. Con esto en mente, implementaremos un variador de frecuencia y un controlador lógico programable (PLC).

2.3.2.1. Selección de dispositivos a implementar.

A. Selección del PLC.

Para este proyecto contamos con 4 elementos de salida digitales, 3 entradas digitales, con una red 220VAC; En este sentido, el logo 230RC de SIEMENS cumple con estos requisitos para este proceso, pudiendo también ser instalado dentro del tablero eléctrico existente.

B. Selección del Variador de frecuencia.

Para elegir el convertidor de frecuencia es necesario ver los datos en la placa de características del motor, dicho motor opera en una red de 440VAC, 60 Hz, con una potencia de 73.5 kW, una corriente nominal de 118 A y un control vectorial; también tomar en cuenta los aspectos ambientales que no excedan los 1000 msnm y 40 ° C; Con estos datos elegimos el variador de frecuencia DELTA, modelo VFD750C43A, que soporta las características del motor eléctrico.

2.3.2.2. *Identificación de los elementos de Entrada y Salida.*

Procedemos a la identificación de los elementos de entrada y salida del proceso, como paso a seguir, procedemos a la dirección de las entradas y salidas del Logo230RC, y también muestra los terminales de control del variador de frecuencia que estaremos utilizando.

En la siguiente tabla nos muestra las Señales Digitales de entrada del PLC LOGO 230RC.

Tabla 2.
Señales digitales de salida del logo 230RC.

Señales Digitales de Entrada del Logo230RC			
Nombre	Valor	Función	Tipo de pulsador
Pulsador de marcha	I1	Inicia el proceso	Normalmente abierto (PM)
Pulsador de parada	I2	Detiene el proceso	Normalmente abierto (PP)
Pulsador de emergencia	I3	Deshabilita el proceso por emergencia	Normalmente abierto (PE)

Fuente: (Propia).

En la siguiente tabla nos muestra las Señales Digitales de salida del PLC LOGO 230RC.

Tabla 3.
Señales digitales de salida del logo 230RC.

Señales Digitales de Salida del Logo230RC			
Nombre	Valor	Función	Tipo de salida
Grupo 1 de electroválvulas	Q1	Control de cilindro izquierdo	Válvulas
Grupo 2 de electroválvulas	Q2	Control de cilindro derecho	Válvulas
Sirena	Q3	Señal sonora	Señal sonora
Motor	Q4	Genera aire a presión	Motor

Fuente: (Propia).

En la siguiente tabla nos muestra las Señales E/S del variador de frecuencia DELTA.

Tabla 4.
Señales de e/s del variador delta.

Señales de E/S del Variador Delta			
Nombre	Contacto	Función	Tipo de señal
Comando de marcha	FWD	Control de pistón izquierdo	Digital
Lado común de la señal digital	DCM	Control de pistón derecho	Digital
Fuente alimentación del potenciómetro	+10V	Señal sonora	Analógica
Entrada de voltaje analógico	AVI	Genera aire a presión	Analógica
Lado común de la señal analógica	ACM	Lado común de la señal analógica	Analógica

Fuente: (Propia).

2.3.3. Diagrama y descripción de conexiones eléctricas del proceso automatizado.

A. Diagrama eléctrico

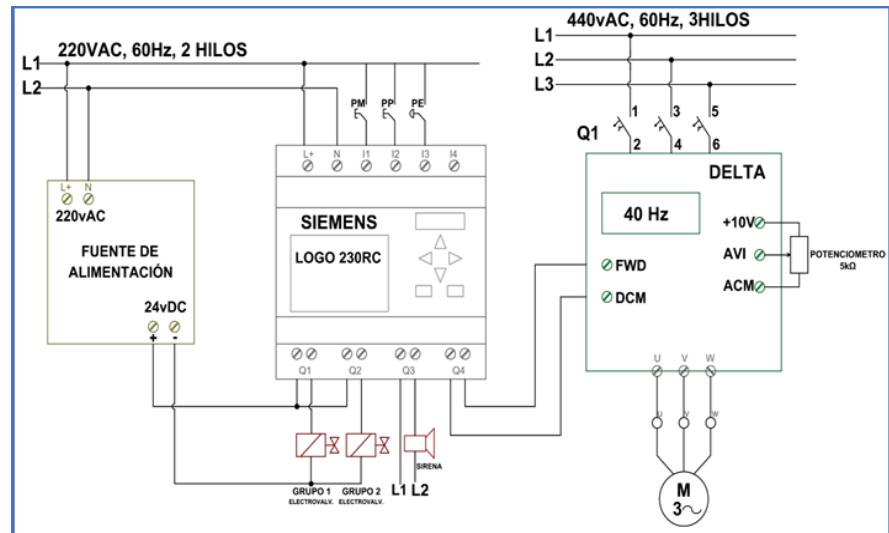


Figura 31. Plano eléctrico del proceso.
Fuente: (Propia).

B. Descripción del proceso automatizado.

Como se muestra en el esquema eléctrico de la figura 31, analizaremos las conexiones realizadas; los pulsadores de entrada están conectados a L1 de la red y estos están conectados así; el pulsador de marcha (PM) en I1 del logo 230RC, para iniciar el proceso; pulsador de parada PP en I2 del logo 230RC, para detener el proceso; el pulsador de emergencia (PE) en I3, para desactivar el proceso en caso de emergencia.

Al presionar PM se activará la sirena que está conectada a Q3 durante 2 segundos, en este momento el variador de frecuencia comienza a arrancar el motor del ventilador centrífugo a una frecuencia regulada a 40Hz la cual permanecerá fija porque queremos alcanzar una presión de 77 PSI, presión establecida en la que no habrá desborde de agua cuando se generen olas; A su vez, Q1 del logo 230RC se activa durante dos segundos y se desactiva otros dos segundos, en el momento en que se desactiva Q1, se activa Q2, generando

una alternancia entre estas dos salidas de encendido y apagado de dos segundos por una duración de 5 minutos.

Después de 5 minutos de alternancia en Q1 y Q2 se desactivan; Q4 permanece activo, ya que el motor del ventilador centrífugo está siempre encendido hasta que el proceso se detenga.

Teniendo en cuenta que el variador de frecuencia está conectado a una red de 440 VCA, 60 Hz y a sus salidas U, V, W a los terminales del motor eléctrico. Por otro lado; el Logo230RC, la sirena y la fuente de alimentación de una red de 220VAC, 60Hz, esta fuente alimentación alimenta con 24 VDC al grupo 1 y al grupo 2 de las electroválvulas, pero controladas por Q3 y Q4 del logo 230RC.

Las electroválvulas controlan los cilindros de doble efecto, ya que abren y cierran las válvulas al paso del aire generado por el ventilador centrífugo; la velocidad de motor del ventilador centrífugo se regula desde su valor nominal de 3575 rpm hasta 2383 rpm, ya que con un potenciómetro de 5k Ω se regula a una frecuencia de 40Hz la cual se mantendrá durante todo el proceso porque queremos lograr una presión de 77 PSI, presión establecida en la que no habrá desborde de agua durante la generación de olas.

Para que todo esto sea posible, es necesario programar el Logo 230RC y pueda realizar las funciones del proceso; así mismo, se debe configurar el variador de frecuencia.

2.3.4. Programación del Logo.

Para programar el Logo 230RC, se puede programar desde el panel frontal del dispositivo, ya que tiene botones que le permiten navegar

e ingresar al menú; también se puede programar desde el software Logosoft Confort en su versión 8.2 para lo cual fue el caso.

En la siguiente figura nos muestra el esquema de programación en el lenguaje de bloque de funciones (FUP) usando el software:

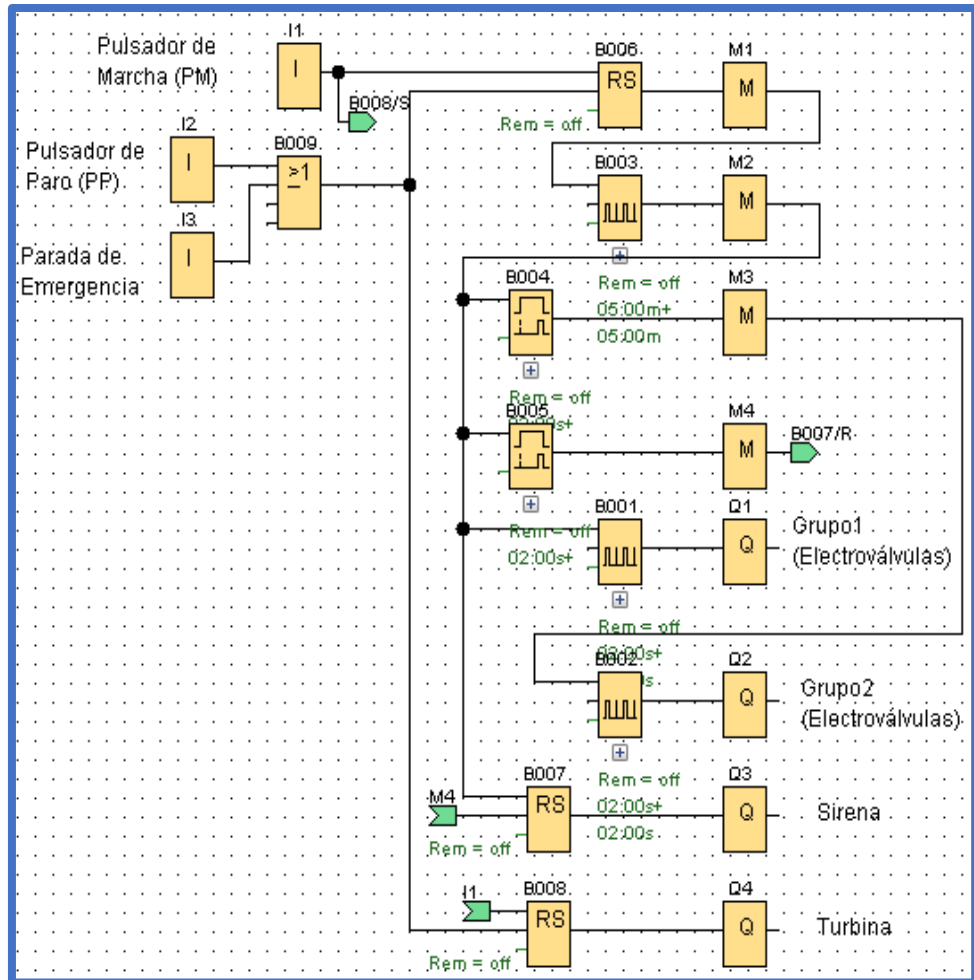


Figura 32. Programación en bloque de funciones del LOGO230RC.
Fuente: (Propia).

Puede ver en el anexo 5, la figura 35, en la cual muestra la programación en el lenguaje ladder o escalera (KOP) usando el software Logosoft Confort de la marca SIEMENS.

2.3.5. Configuración del variador de frecuencia DELTA.

El variador de frecuencia se configura ingresando datos nominales de la placa del motor, para ingresar valores de parámetros de acuerdo con su función y para un ello registramos los parámetros según se muestra en la tabla 5.

En la siguiente tabla nos muestra cómo funciona la configuración a partir de los parámetros que se le ponen:

Tabla 5.
Parametrización del variador delta.

Parámetro	Función del parámetro	Valor del parámetro
00-00	Código de identidad del variador	33
01-01	Frecuencia nominal del motor - 1(Hz)	60
01-02	Voltaje nominal del motor - 1(V)	440
02-00	Control de funcionamiento bifilar/trifilar	1
05-01	Corriente de carga completa del motor - 1(A)	118
05-02	Potencia nominal del motor - 1(kW)	73.5
05-03	Velocidad nominal del motor - 1(rpm)	3575
05-04	Cantidad de polos del motor - 1	2

Fuente: (Propia).

2.4. Resultados

2.4.1. Resultado 1.

Primero, a continuación, se tomaron medidas diarias durante la operación del juego de 10 a.m. a 6 p.m. para los 30 días de noviembre, período anterior a la automatización y diciembre, el período posterior a la automatización.

En la siguiente tabla 6 nos muestra que con un nivel instalado en el juego será posible medir la pérdida de agua en metros cúbicos. Se recopilan estos datos.

Tabla 6.
Toma de Lecturas de la Pérdida del Agua 1.

Días (8 horas)	Pérdida de agua en m ³	
	Antes de la automatización (noviembre 2016)	Después de la automatización (diciembre 2016)
Día 1	2.85	1.05
Día 2	3.05	1.20
Día 3	3.00	0.80
Día 4	3.35	0.75
Día 5	3.10	0.65
Día 6	3.25	0.95
Día 7	3.30	0.75
Día 8	3.25	0.85
Día 9	2.95	0.70
Día 10	3.05	1.10
Día 11	3.15	0.85
Día 12	3.25	0.95
Día 13	2.75	0.95
Día 14	3.05	0.65
Día 15	2.85	0.95
Día 16	2.95	1.05
Día 17	3.10	0.75
Día 18	3.05	0.85
Día 19	3.45	0.65
Día 20	2.90	0.95
Día 21	2.95	0.85
Día 22	3.00	0.90
Día 23	3.20	0.75
Día 24	2.65	1.05
Día 25	3.25	1.15
Día 26	2.85	0.95
Día 27	2.75	0.85
Día 28	3.00	0.65
Día 29	3.15	1.00
Día 30	3.05	0.75
Total	91.50	26.30

Fuente: (Propia).

En la tabla 6 se muestra que fue posible obtener una menor pérdida de agua debido a la regulación de la velocidad mediante el variador

de frecuencia en el juego piscina con olas. Actualmente, el precio del agua por metro cúbico es de S / .14.00, la cual es abastecida por una cisterna que abastece de agua al parque. Por ello, el gasto se puede calcular antes del proceso de automatización. Tomamos como dato la pérdida de agua en metros cúbicos del mes de noviembre que es de 91.50 m³ y lo multiplicamos por 14 soles, dando un resultado de 1281 soles que es lo que se gasta antes de la automatización para recuperar el agua perdida. Luego tomamos como dato la pérdida de agua después de la automatización, que corresponde al período de diciembre, que es de 26.3 m³ y lo volvemos a multiplicar por 14 soles, dando un resultado 368.20 soles que es lo que se gasta después de la automatización para recuperar el agua perdida. Por una diferencia de gastos obtenida se obtiene un ahorro mensual de 912,80 nuevos soles.

Luego, se muestra en la siguiente tabla 7 donde se observan las pérdidas de agua para los meses de noviembre y diciembre, la cual resume el logro obtenido. Se muestra el costo del proyecto (ver anexo 1), donde el monto es 14,460.90 nuevos soles, con referencia al ahorro mensual donde el monto es 912.80 soles, vemos que la inversión se recupera en 16 meses; lo que indica que el proyecto ha logrado el objetivo de reducir la pérdida del agua como recurso hídrico y por consiguiente reducir la pérdida económica en la reposición del agua para con el juego piscina con olas.

En la siguiente tabla nos muestra las pérdidas de agua y económica de operación del juego antes y después del proceso de automatización.

Tabla 7.
Condiciones de pérdida de agua y económica antes y después de la automatización.

Precio de agua por m3:	S/14.00
Pérdida de agua antes de la automatización en m3 (noviembre)	91.5
Pérdida económica antes de la automatización	S/1,281.00
Pérdida de agua después de la automatización en m3 (diciembre)	26.3
Pérdida económica después de la automatización	S/368.20

Tabla 7.

Condiciones de pérdida de agua y económica antes y después de la automatización.

Ahorro de agua en m3	65.2
Ahorro económico después de la automatización (mensual)	S/912.80
Costo de la inversión del proyecto	S/14,460.90
Tiempo de retorno de la inversión en meses	15.8
Tiempo de retorno de la inversión en meses (redondeo)	16

Fuente: (Propia).

2.4.2. Resultado 2.

Segundo; respecto a los elementos de entrada son los pulsadores y los elementos de salida, los actuadores han permitido dimensionar al Variador de Frecuencia y el PLC para automatizar el proceso. Al rediseñar el sistema más automático, se puede mencionar que los elementos, actuadores del proceso, se consolida en la tabla 8, mismos elementos que están en la tabla 2,3 y 4.

A continuación, se presenta la Tabla 8, los elementos de entrada y salida del proceso donde se detalla cada uno de los elementos.

Tabla 8.

Elementos del proceso de automatización (resumen).

N°	Descripción	Unidad	Cant.
1	Lógico programable logo 230RC, marca SIEMENS	UND	1
2	Variador de frecuencia VDF750C43A, marca DELTA	UND	1
3	Cable VDF 3F, calibre 2 AWG, marca General Cable	M	30
4	Terminales para conductor 2 AWG, marca TALMA	UND	12
5	Cable flexible para control 20 AWG, marca CEPER	M	25
6	Pulsador NA color verde, marca Schneider Electric	UND	1
7	Pulsador NA color rojo, marca Schneider Electric	UND	1
8	Pulsador de emergencia NA, marca Schneider Electric	UND	1
9	Electroválvula neumática 3/2 – 220 VAC, marca FESTO	UND	4
10	Sirena de viento 220 VAC, TDH-220 marca OPALUX	UND	1

Fuente: (Propia).

2.4.3. Resultado 3.

Tercero; en la identificación de las condiciones de funcionamiento y, por tanto, de una estructura de automatización, para lograr el funcionamiento óptimo del proceso de la regulación de velocidad del juego Piscina con olas. Una condición en nuestro estudio es que se cumplan todos los criterios de instalación y configuración del variador de frecuencia y PLC. Esto se puede ver en las figuras 31 y 32 respectivamente ya que muestran los planos de instalación.

CONCLUSIONES

- Primero: Se concluye que se implementó un variador de frecuencia del juego mecánico-piscina con olas donde se logró reducir el desborde del agua en la Granja Villa Sur ahorrando 65.2 m³ de agua, ya que antes de la automatización la pérdida del agua era de 91.5 m³ y después de la automatización la pérdida es de 26.3 m³, ver tabla 6.
- Segundo: Se concluye que considerando el planteamiento descrito en este proyecto de ingeniería se logró determinar los elementos de entrada, sensores y actuadores del proceso, los cuales permite dimensionar el Variador de frecuencia y el PLC para automatizar el proceso; ver tabla 2, 3 y 4.
- Tercero: Se concluye que se identificó las condiciones de operación y estructura de automatización para lograr la operación óptima del proceso de regulación de la velocidad juego mecánico-piscina con olas; ver figura 31 y 32 donde se muestra el plano eléctrico del proceso y la programación del PLC; la tabla 5 donde se muestra los parámetros utilizados para configurar el Variador de frecuencia.

RECOMENDACIONES

- Primero: Se recomienda instalar un filtro activo externo que hará una compensación de los armónicos generados por el variador de frecuencia instalado, lo que permitirá mitigar las perturbaciones generadas en la instalación eléctrica de nuestro proceso de automatización.
- Segundo: Se recomienda instalar un HMI para el proceso, ya que esto permitirá tener una supervisión y control desde un punto más cercano a la piscina y la fácil manipulación para el operario del juego en casos de emergencia.
- Tercero: Se recomienda instalar un supresor de transitorios, que evitará las sobretensiones instantáneas de la red para la protección de nuestro dispositivos y elementos de nuestra instalación eléctrica del proceso de automatización.

BIBLIOGRAFÍA

- Antech. (2009). *Variador de velocidad delta*. Obtenido de <http://antech-antech-antech.blogspot.pe/2009/01/delta-ofrece-una-solucion-completa-para.html>
- Areatecnologia. (s.f.). *Potenciometro*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>
- Automaqperu. (s.f.). *Arrancador por variador de frecuencia*. Obtenido de http://www.automaqperu.com/archivos/fotos/5a620e_CAM00206.jpg
- Blascarr. (2012). *Potenciómetro*. Obtenido de <http://blascarr.com/wp-content/uploads/2014/05/potRes.jpg>
- Cablesparacontrol. (s.f.). *Cables VFD*. Obtenido de <https://cablesparacontrol.com/cables-para-variador-de-frecuencia-vfd.html>
- Cevallos, Á. (2010). Implementación de un sistema de control y programación de un prototipo de vehículo híbrido comandado a través de un PLC y variadores de frecuencia. *Tesis de Pre Grado*. Escuela Politécnica Del Ejército. Latacunga, Ecuador.
- Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. D.F. México: Mc Graw Hill.
- Directindustry. (2017). *Cilindro de Simple Efecto*. Obtenido de http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/12427-3937131.jpg
- Ebayimg. (2019). *Mini PLC Logo*. Obtenido de <http://i.ebayimg.com/images/g/jccAAMXQ7j1SILDX/s-l300.jpg>
- Gonzalo, J. (2015). Sistema electrónico compensador de torque en motor ac de winche en la Compañía Minera Casapalca S.A. *Tesis de Pre Grado*. Universidad Nacional De Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- GoogleMap. (2020). *google*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/La+Granja+Villa/@-12.2062876,-77.0002362,16.96z/data=!4m5!3m4!1s0x9105b9e521e4c357:0xb1e9aed679215e3d!8m2!3d-12.2054613!4d-77.0007719>
- Gstatic. (2016). *Cables VFD*. Obtenido de <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSaxg3ax5lqNXxqyRoYP3TNJ46bEEQMPn9iYZRt-YkMgMEu0-b9>
- Harper, E. (1996). *El ABC De Las Instalaciones Electricas Residenciales*. Culiacán, México: Limusa.
- Malvino, A. (2007). *Principios de la Electrónica*. Estados Unidos de América: Mc Graw Hill. Obtenido de <http://www.generahogar.com/fr-222x222-data/productos/fuente-alimentacion-pv-12080d.jpg>

- Manelsa. (s.f.). *Arrancador por variador de frecuencia*. Obtenido de <https://manelsa.com.pe/equipamiento/arrancador-por-variador-de-frecuencia-bt-iec/>
- Marín, A. (2012). Diseño y simulación del sistema de automatización y control del proceso de floculación para una planta de tratamiento de agua potable utilizando protocolo de comunicación Canopen. *Tesis de Pre Grado*. Universidad Tecnológica De Pereira, Pereira, Colombia.
- Martín, J. (2009). *Automatismos Industriales*. Madrid - España: Editex.
- Moreno, E. (2016). Diseño e implementación de un controlador para corte de estratos. *Tesis de Pre Grado*. Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Roldán, J. (2011). *Automatismos industriales*. Madrid, España: Paraninfo.
- Uezuperu. (2018). *Soplador Centrifugo*. Obtenido de <https://uezuperu.com/ingenieros/sopladores-centrifugos.html>
- Varitel. (2015). *Variador de velocidad delta*. Obtenido de <http://www.varitel.com/assets/images/c2000.jpg>
- Wolfgang, M. (1984). *Electrotecnia de potencia*. Barcelona - España: Reverté.
- Wordpress. (2016). *Cilindros de simple y doble efecto*. Obtenido de <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/receptores-neumaticos/cilindros-de-simple-y-doble-efecto/>

ANEXOS

ANEXO 1: COSTO DEL PROYECTO.

En la siguiente tabla nos muestra los costos y presupuestos de los elementos que intervienen en el accionamiento del juego:

Tabla 9.
Presupuesto.

Item	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Controlador lógico programable logo 230RC, marca SIEMENS	1	550.00	550.00
2	Variador de frecuencia VFD750C43A, marca DELTA	1	9950.00	9950.00
3	Cable VDF 3F, Calibre 2 AWG, marca General Cable	30	50.00	1500.00
4	Terminales para conductor 2 AWG, marca TALMA	12	15.00	180.00
5	Cable flexible para Control 20 AWG, marca CEPER	25	3.00	75.00
			SUBTOTAL	12255.00
			IGV (18%)	2205.90
			TOTAL	14460.90

Fuente: (Propia).

ANEXO 2: DATOS DE SOPLADOR CENTRÍFUGO.

En la siguiente descripción nos muestra su placa del soplador centrifugo:

EQUIPO : Soplador centrífugo para inyección de aire.
MODELO : CPTAE-9X-40.
CAUDAL : 7350 CFM.
PRESIÓN : 32" c.d.a.
MOTOR : 100 HP., 3575 rpm, TRIFÁSICO, MARCA SIEMENS.
TENSIÓN : 220/380/440 V.
TRANSMISION : DIRECTA.
BOCA DE SALIDA : HACIA ABAJO.

ANEXO 3: PLAN DE ACTIVIDADES.

En la siguiente imagen nos muestra el plan de trabajo y actividades que se realizó:

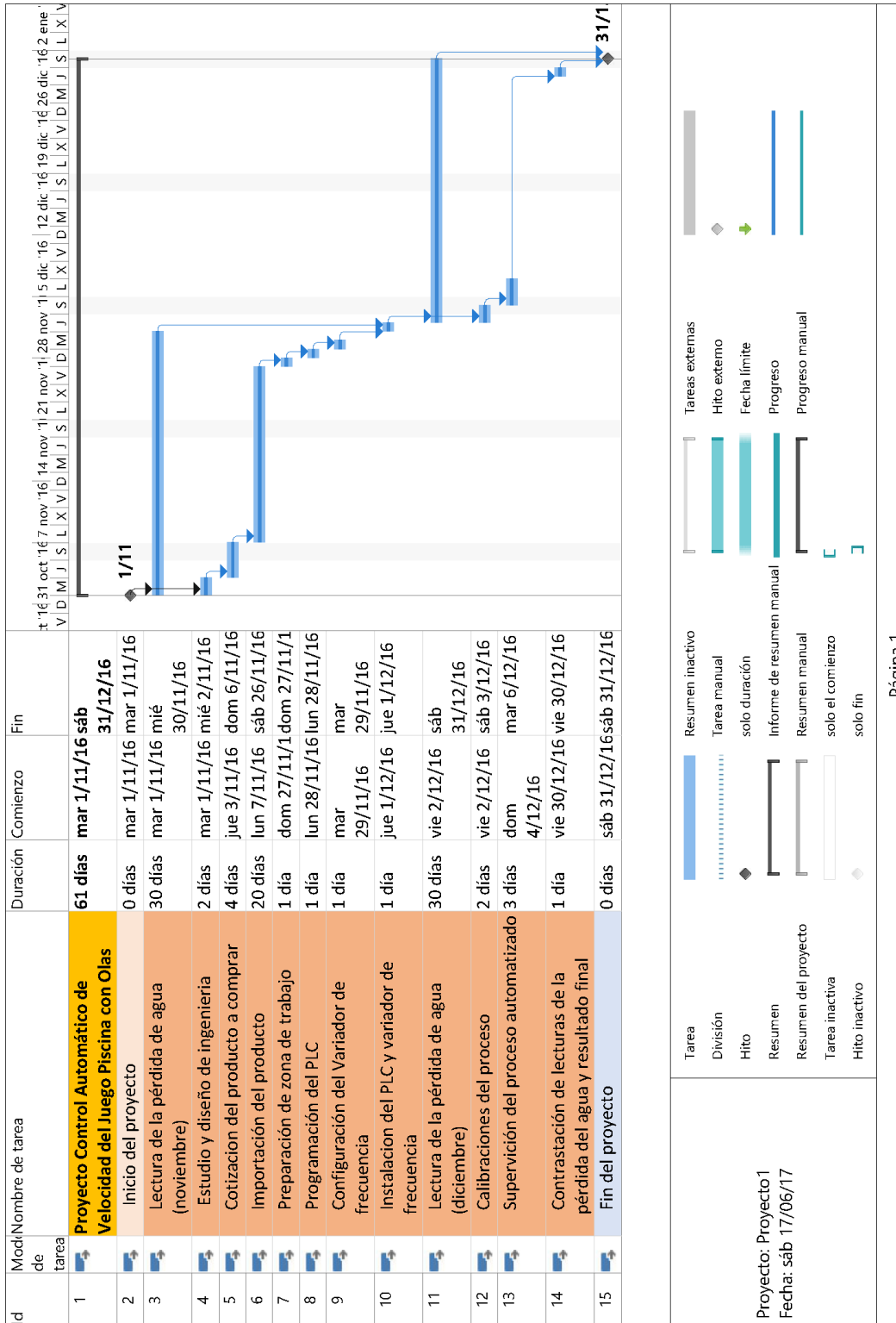


Figura 33. Plan de actividades.
Fuente: (Propia).

ANEXO 4: VISTA PANORÁMICA DE JUEGO RECREATIVO.

En la siguiente imagen nos muestra la vista panorámica de como se ve el juego para los bañistas:



Figura 34: Piscina con olas zona de atracción.
Fuente: (Propia).

ANEXO 5: LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN EN LADDER.

En la siguiente figura nos muestra el esquema de programación en el lenguaje ladder o escalera (KOP) usando el software Logosoft Confort de SIEMENS:

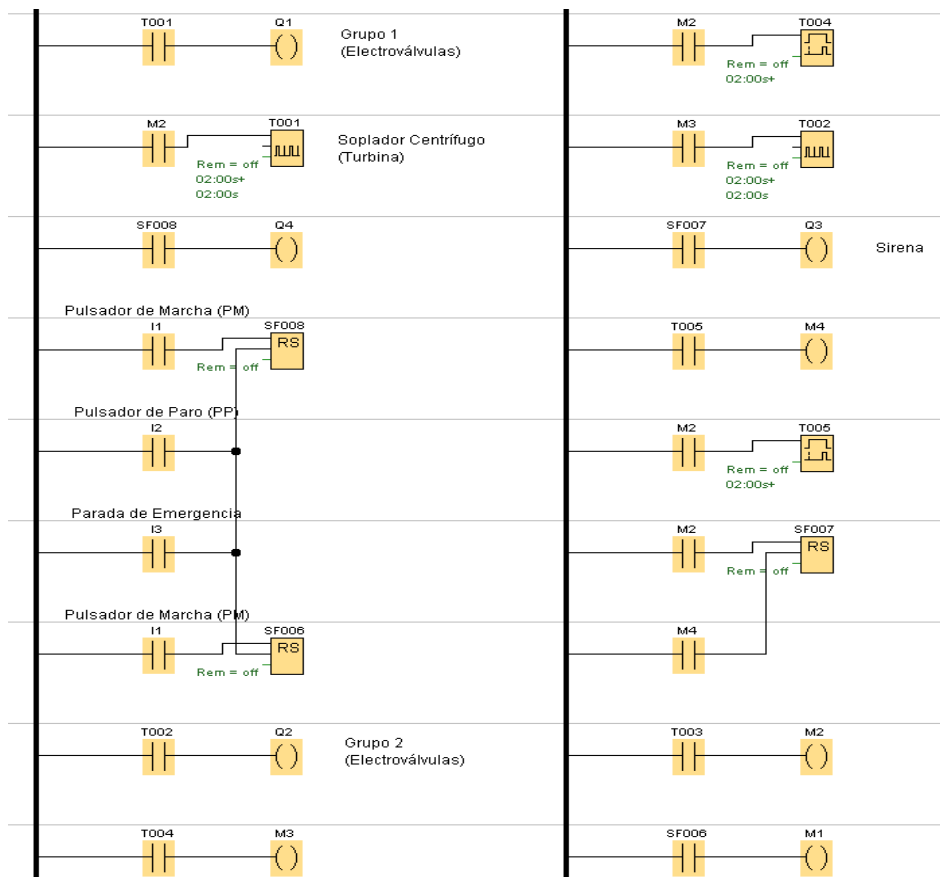


Figura 35. Programación en lenguaje Ladder del LOGO230RC.
Fuente: (Propia).