



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA
DE CONTROL PARA EL
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE LA
EMPRESA HIDROCENTRO.
MUNICIPIO VALENCIA,
ESTADO CARABOBO.
CASO DE ESTUDIO:
CONJUNTO RESIDENCIAL KERDELL.**

Autores:
Arenas, Marlin
Higuera, Carlos

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241)8714240 (master) - Fax: (0241)8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE HIDROCENTRO. MUNICIPIO
VALENCIA, ESTADO CARABOBO.
CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO RESIDENCIAL KERDELL.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores: Arenas, Marlín

C.I.: 24.298.113

Higuera, Carlos

CI.:24.395.086

Tutor: Ing. Jesús Rodríguez

San Diego, Agosto 2019

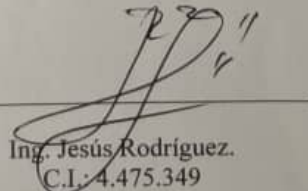


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Jesús Rodríguez, titular de la cédula de identidad N° 4.475.349, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos ARENAS MARLIN titular de la cédula de identidad N° 24.298.113, e HIGUERA CARLOS titular de la cédula de identidad N° 24.395.086, titulado **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA HIDROCENTRO. MUNICIPIO VALENCIA, ESTADO CARABOBO. CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO RESIDENCIAL KERDELL”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 03 días de octubre del año 2019


Ing. Jesús Rodríguez.
C.I.: 4.475.349



FI-E-001-2019-2CE

Valencia, 19 de Julio de 2019

Ciudadanos:
Marlín Arenas
C.I: 24.298.113
Carlos Higuera
C.I:24.395.086
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 19-07-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE HIDROCENTRO, MUNICIPIO VALENCIA, ESTADO CARABOBO, CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO RESIDENCIAL KERDELL**. Presentado por usted como requisitos para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Jesús Rodríguez C.I: 4.475.349 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos y Metodológicos que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

LH/e

ÍNDICE GENERAL

	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema.....	6
1.3 Objetivos de la investigación	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance de la Investigación.....	7
1.6 Limitaciones	8

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	9
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Automatización.....	11
2.2.1.1 Partes de un Sistema de Automatización	12
2.2.1.2 Tipos de Automatización	13
2.2.2 Sistemas de Control	15
2.2.3 Controlador Lógico Programable	16
2.2.3.1 Los Automatas Programables	16
2.2.3.2 Arquitectura Externa	18
2.2.3.3 Arquitectura Interna	18

2.2.3.4 Aplicaciones de los PLC.....	20
2.2.3.5 Programación del PLC.....	21
2.2.4 Clasificación de los PLC.....	21
2.2.5 Lenguajes de Programación de un PLC.....	23
2.2.5.1 Lenguajes gráficos.....	24
2.2.5.2 Lenguajes textuales.....	24
2.2.5.3 Gráfico funcional secuencial (SFC).....	24
2.2.6 Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface).....	24
2.2.6.1 Criterio de usabilidad.....	25
2.2.6.2 Tipos de Interfaz.....	25
2.2.7 Software STEP 7 BASIC V11.....	25
2.2.8 Sistemas SCADA.....	26
2.2.8.1 Prestaciones de un Sistema SCADA.....	28
2.2.8.2 Beneficios mediante el Sistema SCADA.....	29
2.2.9 Instrumentos de medición.....	30
2.2.9.1 Sensor de Nivel.....	30
2.2.9.2 Sensor de flujo.....	31
2.4 Definición de términos básicos.....	33

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación.....	34
3.2. Nivel de la Investigación.....	35
3.3. Diseño de la Investigación.....	35
3.4 Población y Muestra.....	36
3.4.1. Población.....	36
3.4.2. Muestra.....	36
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	36
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	36
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	37

3.6 Fases de la Investigación	38
-------------------------------------	----

IV RESULTADOS

4.1 Fase I	40
4.1.1 Observación directa.	40
4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del sistema de suministro de agua potable.....	43
4.1.2.1 Red de distribución de un sistema de agua potable.....	43
4.2 Fase II	50
4.2.1 Identificación de las fallas del sistema de distribución de agua potable. ...	50
4.2.2 Puntos críticos del sistema de distribución de agua potable.....	52
4.2.2.1 Presión	52
4.2.2.2 Caudal	52
4.2.2.3 Niveles de agua en los tanques	53
4.2.2.4 Calidad del agua	53
4.3 Fase III.....	54
4.3.1 Selección Controlador Lógico Programable.....	54
4.3.2 Controlador Lógico Programable Siemens S7-300	57
4.3.2.1 Partes y Características del PLC Siemens S7-300	58
4.3.2.2 Capacidad de la CPU	60
4.3.2.1 Ventajas del PLC S7-300.....	60
4.3.3 Programación de la automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell.	61
4.3.3.1 Crear un proyecto en Step 7 Simatic.....	61
4.3.3.2 Primeros pasos a realizar.....	62
4.3.3.3 Descripción y Simulación de la programación	66
4.4 Fase VI	81
4.4.1 Costos	81
4.4.2 Evaluación económica	83

4.4.2.1 Pérdidas por casos de averías de motores	83
4.4.2.2 Pérdidas en consumo de energía eléctrica.....	83
4.4.3 Factibilidad Social.....	84
4.4.4 Factibilidad Ambiental.....	85
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
Figura 1. Diagrama de Control Manual.	14
Figura 2. Diagrama de control Automático.....	15
Figura 3. Esquema básico de un sistema de control.....	16
Figura 4. Diagrama de un PLC en un control de procesos.....	17
Figura 5. Controlador lógico programable 1.....	17
Figura 6. Unidades funcionales del PLC	18
Figura 7. PLC tipo Nano	22
Figura 8. PLC tipo Compacto.	22
Figura 9. PLC tipo Modular.	23
Figura 10. Software STEP 7 BASIC V11.....	26
Figura 11. Sistema de Interfaz SCADA.....	27
Figura 12. Sensor de Nivel.....	31
Figura 13. Sensor de Flujo.	32
Figura 14. Diagrama del proceso actual del sistema de distribución de agua.....	41
Figura 15. Disposiciones de las bombas, bombas succión negativa (izquierda) y bomba de succión positiva (derecha).	46
Figura 16. Bombas centrifugas verticales	47
Figura 17. Bombas centrifuga sumergibles.....	48
Figura 18. Controlador S7-300 Compacto.....	58
Figura 19. Partes del PLC S7-300.....	59
Figura 20. Guía de Orientación Step 7 para inicializar un proyecto.....	62
Figura 21. Diagrama de bloques del proceso de Automatización.....	63
Figura 22. Crear el equipo Simatic 300.	64
Figura 23. Insertar bastidor	65
Figura 24. Insertar el CPU	65

Figura 25. Tabla de símbolos	66
Figura 26. Función 1 Escalamiento de la señal analógica	67
Figura 27. Leer la hora del PLC.....	68
Figura 28. Racionamiento con nivel estable.	69
Figura 29. Racionamiento con nivel estable.	70
Figura 30. Racionamiento con nivel crítico.	71
Figura 31. Bloque de Función bomba 1.	72
Figura 32. Bloque de Función bomba 2.	73
Figura 33. Escalamiento del tanque principal	74
Figura 34. Cierre de la electroválvula 1	74
Figura 35. Tanque principal nivel crítico.....	75
Figura 36. Escalamiento del tanque subterráneo torre 1	75
Figura 37. Tanque subterráneo nivel bajo.....	76
Figura 38. Tanque subterráneo nivel crítico.	76
Figura 39. Tanque aéreo máximo.....	77
Figura 40. Tanque aéreo 80% de su capacidad máxima	77
Figura 41. Pantalla HMI principal	78
Figura 42. Pantalla HMI Nivel del tanque principal	78
Figura 43. Pantalla HMI Nivel de los tanques subterráneos.....	79
Figura 44. Pantalla HMI Nivel de los tanques aéreos.....	79
Figura 45. Pantalla HMI estado de las bombas.....	80
Figura 46. Pantalla HMI alarma de las bombas.....	80
Figura 47. Pantalla HMI racionamiento del agua.	81



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL
SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA
ESTATAL HIDROCENTRO EN EL MUNICIPIO VALENCIA, ESTADO
CARABOBO.
CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO RESIDENCIAL KERDELL.**

Autores: Arenas, Marlín.

Higuera, Carlos.

Tutor: Ing. Jesús Rodríguez.

Fecha: Agosto 2019.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación surge de la problemática existente en el Conjunto Residencial Kerdell en el municipio Valencia Estado Carabobo, el cual tienen una falla en la distribución del agua potable ya que la misma no es continua, y el sistema Regional del Centro I, dependencia de la empresa Hidrocentro, estableció para este sector un plan de racionamiento que establece que los días martes y viernes este sector no cuenta con suministro de agua potable, por lo que el suministro de agua es crítico para todos los usuarios. En consecuencia, el proyecto de investigación tiene como objetivo principal, proponer la automatización del sistema de control para el suministro y distribución de agua potable de la empresa estatal Hidrocentro en la gran Valencia, el cual permita la distribución de agua de manera continua o que permita en situaciones críticas brindar el mayor aprovechamiento del vital líquido. Por otro lado, el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de la investigación de campo, con un nivel descriptivo y documental. Este sistema podrá aportar un control, supervisión, suministro y distribución agua potable y a futuros proyectos relacionados a este campo de investigación.

Descriptor: Automatización, Agua Potable, Sistema, SCADA.

INTRODUCCIÓN

Una red de distribución o red matriz de un sistema de acueducto, es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales del servicio y que distribuyen el agua procedente de la planta de tratamiento hacia las redes menores del sistema. Las redes de distribución secundaria y terciaria son el conjunto de tuberías destinadas al suministro en ruta del agua potable a las viviendas y otros establecimientos de la población.

En la actualidad los sistemas de distribución de agua potable implementados son monitoreados, controlados y supervisados desde un Centro de Control, para lo cual se emplean los sistemas SCADA con la ayuda de los controladores lógicos programables (PLC).

Sin embargo, hoy en día no es un secreto para nadie que el sistema de distribución de agua potable en el país no es el más eficiente, esto es debido a la problemática que se lleva en el servicio eléctrico ya que este al ser interrumpido el servicio de agua potable se ve afectado de igual manera.

Por otro lado, un sistema de distribución de agua potable en cualquier proceso consiste de 4 partes fundamentales: telecomunicaciones, instrumentación, sistema eléctrico y el sistema de control y automatización, esta última parte se relaciona directamente con el presente trabajo, el cual incluye el desarrollo de la programación para la realización de un sistema de monitoreo, control y supervisión de agua potable para las estaciones de bombeo hacia la zona residencial Kerdell.

En este proyecto de grado dará a conocer una solución de automatización y monitoreo para mejorar el sistema de distribución de agua potable, el cual consta de varias etapas para su realización. Para cada etapa se harán los respectivos análisis para poder realizar las mejoras del proceso.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

Capítulo I: Referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

Capítulo II: Se hace hincapié en los antecedentes y bases teóricas que sustentan este proyecto de grado.

Capítulo III: Marco Metodológico se plantea la naturaleza de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación documental con carácter descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

Capítulo IV: Este capítulo se hablará sobre todos los resultados y métodos que se utilizaron para realizar este proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El 28 de julio del año 2010 la asamblea general de las naciones unidas reconoció a través de una resolución, el agua como un derecho humano. La resolución llama a los estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a aquellos en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

En consecuencia, el agua es considerada como uno de los recursos naturales más importantes en el mundo, es esencial tanto para la existencia del hombre como para la de la inmensa mayoría de especies y seres vivos que hacen vida en el planeta. El desabastecimiento de agua representa un daño económico pero sobretodo perjudicial para un gran número de personas en todo el mundo, el incremento exponencial de la población ha generado en muchos países niveles alarmantes de pobreza, lo que ha llevado a un gran número de personas a vivir en zonas donde no se han realizado proyectos para brindar en estos sectores, servicios públicos como el de la energía eléctrica o el agua potable, esto hace que estas personas se vean en la obligación de abstenerse incluso de agua que puede encontrarse contaminada, poniendo peligrosamente en riesgo su estado de salud.

No obstante, en Venezuela las fallas en la distribución del agua no son por falta del líquido, más bien están relacionadas con la distancia que existe entre las fuentes de suministro y los lugares o urbanismos que se desean abastecer y la falta de proyectos y obras que permitan llevar el agua de un lugar a otro de forma eficiente. A medida que la población ha ido creciendo, lugares que anteriormente estaban

desiertos se han ido habitando y hoy en día ocupan un lugar muy importante en ciudades del país.

Es de conocimiento público que en la coyuntura actual por la que atraviesa nuestro país, el suministro de agua ha sido uno de los factores que se ha visto más afectado en la gran mayoría de las regiones, estando el estado Carabobo entre una de ellas, afectando de esta manera la calidad de vida de la gran mayoría de la población.

El 7 de marzo del año 2019 ocurrió en Venezuela un gran apagón nacional, considerado el más grande en la historia del país, el cual dejó sin servicio de energía eléctrica a la mayoría de los estados del país incluyendo el distrito capital, por un lapso superior a 5 días, esto trajo enormes consecuencias y graves problemas en hospitales, clínicas, industria, comercio, etc. Y afectando al mismo tiempo otros servicios como el de la distribución del gas doméstico y el agua potable. Para el día 12 de marzo se empezaba a restablecer el servicio en gran parte de las regiones del país, pero siempre teniendo la prioridad la ciudad de Caracas. El 14 de marzo el servicio se encontraba prácticamente restablecido salvo en algunas excepciones como el estado Zulia. La razón de este apagón se debió a una falla presentada en la estación hidroeléctrica Simón Bolívar, ubicada en la represa El Gurí en el estado Bolívar. En cuanto a las causas de estas fallas que llevaron a este apagón, son diversas las opiniones e hipótesis que se manejan, en el caso oficial, el gobierno nacional afirmó que las fallas se debieron a un ataque cibernético realizado desde el exterior y financiado por el gobierno de los Estados Unidos como parte del conflicto político que existe entre ambos países, por otro lado, expertos en el tema, miembros del colegio de ingenieros de Venezuela y diputados a la Asamblea Nacional, aseguran que la falla se produjo por el mal estado en que se encuentra el sistema eléctrico nacional a causa de la falta de inversión y mantenimiento al que ha estado sometido en los últimos años.

En virtud de esto, el estado Carabobo se vio afectado de manera directa en cuanto al sistema de distribución de aguas potable, el mismo se vio interrumpido durante varios días a pesar de haber sido restablecida la energía eléctrica. Pero esta no es la

causa directa de las fallas en la distribución de agua en la entidad, debido a que aun antes de que este hecho ocurriera, ya existían deficiencias en ese sentido.

De acuerdo a HIDROCENTRO quien es el ente del estado responsable de la prestación del servicio de agua en el estado, en Carabobo el suministro de agua se realiza a través de dos sistemas de bombeo conocidos como, sistema regional del centro I y sistema regional del centro II, el primero está constituido por el embalse Pao-Cachinche y la planta de tratamiento Alejo Zuloaga, y el segundo por el embalse Pao La Balsa y la planta de tratamiento Lucio Baldó Soule. El principal problema en la distribución del agua se encuentra en que la misma no es continua, el bombeo a cada sector se realiza siguiendo un cronograma establecido, por lo que no todos los sectores del estado disfrutan del servicio al mismo tiempo, en el caso del conjunto residencial Kerdell, este forma parte del sistema regional del centro I, el cual establece para este sector un plan de racionamiento que establece que los días martes y viernes este sector no cuenta con suministro de aguas blancas, por lo que estos son los días críticos en este sentido, además personal de esta empresa asegura que otro factor que juega un papel importante en las fallas y deficiencias que existen con la distribución del agua, es la falta de conciencia en el uso razonable de este recurso por parte de los usuarios, a parte de la falta de políticas que obliguen a éstos a realizar un uso responsable del vital líquido.

Por su parte, para garantizar la distribución del agua, los vecinos acordaron desde hace algunos meses un plan de contingencia, con un horario de racionamiento dividido en tres bloques, el primero comienza a las 6:00 am y termina a las 8:00 am, el segundo va desde las 12:00 pm hasta las 2:00 pm y por último desde las 7:00 pm hasta las 9:00 pm, esto es siempre controlado por miembros de la comunidad quienes se turnan para realizar el encendido y apagado de la bomba principal en estos horarios acordados.

Esta situación trae como consecuencia que muchas veces por no tener una medición constante del nivel del tanque principal, el mismo alcanza niveles críticos que no permitan que se pueda cumplir con el suministro de agua en ciertos periodos de tiempo, o por otra parte no permitir el aprovechamiento del vital líquido cuando los

niveles del tanque son óptimos, esto afectando directamente la calidad de vida de los habitantes de la urbanización.

Ante esta situación, con el desarrollo de la presente investigación, se busca proponer la automatización del sistema de control de suministro de agua potable de la empresa Hidrocentro, con el objetivo de aportar soluciones y mejoras en la calidad de vida de los usuarios.

1.2 Formulación del problema

El planteamiento antes expuesto, lleva a formular la siguiente interrogante:
¿Cuál es el impacto que tiene en la calidad de vida de los habitantes del conjunto residencial Kerdell las fallas en el suministro de agua potable?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer la automatización del sistema de control del suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, en el municipio Valencia, estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual en el sistema de distribución de aguas potable en el conjunto residencial Kerdell, municipio Valencia, estado Carabobo.
- Identificar las fallas y puntos críticos del actual sistema de distribución de agua potable.
- Diseñar la automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, ubicado en el municipio Valencia, estado Carabobo.
- Realizar un estudio de factibilidad, económico, social y ambiental.

1.4 Justificación

Está demostrado que el acceso al agua está directamente vinculado al desarrollo del ser humano, este recurso es indispensable para la vida del hombre, partiendo desde aspectos como el de su consumo obligatorio para vivir, higiene personal e incluso recreación.

El presente trabajo de grado busca proponer una solución como futuros ingenieros en la rama de la electrónica, a un problema que afecta y se refleja en la calidad de vida de un gran número de personas, aparte de servir como referencia y opción para ser aplicado en cualquier otro urbanismo o localidad en donde esté presente la crisis en el suministro de agua potable.

La propuesta se fundamenta en la necesidad de brindarle a los habitantes del conjunto residencial Kerdell un sistema que les genere estabilidad y les garantice el aprovechamiento del suministro del vital líquido, de esta forma se estaría contribuyendo en la mejora en la calidad de vida y el desarrollo de la comunidad.

1.5 Alcance de la Investigación

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una investigación detallada sobre la situación actual del suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, ubicado en el municipio Valencia del estado Carabobo, con la finalidad de diseñar la automatización del sistema actual para generar un mejor aprovechamiento del agua en dicho conjunto residencial, esto traería grandes beneficios que se verían reflejados en mejoras en la calidad de vida de los habitantes.

Este trabajo de grado está enfocado en influir de manera directa en un conjunto residencial conformado por tres torres las cuales cuentan con nueve pisos cada uno y están constituidos por seis apartamentos en cada una de las pisos teniendo así un total de 162 apartamentos y 648 personas aproximadamente, para un total de sin embargo, este es un proyecto que está diseñado para dicho conjunto residencial pero este puede ser aplicado en cualquier otro urbanismo en donde sea requerido, por lo que indirectamente pudiera influir de igual forma en un gran número de personas.

1.6 Limitaciones

Todos los casos de estudio no poseen las mismas limitaciones, cada una de estas prestaran diferentes particularidades, es el tiempo un factor limitante al desarrollo del trabajo, puesto que este no pudo haber sido suficiente para la mayor profundización en el periodo evaluado. Así mismo, pudo haber limitaciones en cuanto a los recursos especialmente financieros para poder desarrollar una investigación más profunda, es importante destacar que anqué se consiguió información relevante para la investigación, la misma fue limitada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Méndez (2005) se define el Marco Teórico como, una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación. También incluyen las relaciones más significativas que se dan entre estos elementos teóricos.

A continuación, se presentan varios proyectos o trabajos integradores efectuados en los últimos años, y tomando aportes valiosos para la investigación que pueda brindar cada uno de ellos.

2.1 Antecedentes

Castillo y Fuenmayor (2019) en su proyecto de investigación titulado **“Sistema SCADA (supervisión, control y adquisición de datos) para el Control Automático del Encendido de los Aires Acondicionados de la Universidad José Antonio Páez”**. Presentado ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título en Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Computación. El proyecto de investigación surgió de la problemática existente en la Universidad José Antonio Páez para la climatización de sus aulas de clase, dicho proceso de climatización consiste en el encendido de la unidad chiller central ubicada en cada uno de los edificios presentes en el campus, una vez encendido el sistema cada una de las consolas presentes en cada salón comienzan inmediatamente a ejecutar el proceso de refrigeración, este proceso no garantizaba el buen uso de las unidades. Por lo que se desarrolló un sistema SCADA para la automatización del encendido y apagado de los aires acondicionados de la universidad, el cual este permitía el proceso de encender o apagar las consolas dependiendo de las condiciones del salón, y aunado a esto diseñaron un sistema de control y supervisión de datos (SCADA) de tal manera

que se observara el proceso de que aire acondicionado estaba activo o inactivo dependiendo de las condiciones para su funcionamiento.

El proyecto se vincula con el actual en función de la realización de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), además, de la información necesaria para realizar una conexión correcta entre el PLC Siemens S7-300 y la interfaz SCADA, la cual es necesaria para llevar a cabo este proyecto.

De la misma manera Ramos, I (2018) en su proyecto de investigación titulado **“Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company”**. Presentado ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título en Ingeniería Electrónica. Este proyecto está planteado para realizar la optimización del bombeo de agua utilizando un sistema automático para mejorar el rendimiento y la eficiencia a la hora de tener que surtir del vital líquido a toda esta área de la ya antes mencionada empresa. Puesto que el sistema no es automático y este presentaba un deterioro bastante notable y muy obsoleto, por lo tanto, se propone la implementación de un PLC Siemens S7-300 usando el software especialmente desarrollado para las aplicaciones de programación de controladores lógicos PLC SIMATIC-S7 con el desarrollo de su respectivo diagrama de escalera y aunado a esto los módulos necesarios para el uso correcto de este sofisticado aparato.

El proyecto se vincula con el actual en función de la selección del PLC Siemens S7-300 que será propuesto en este trabajo de grado, por otro lado, la elección del software de programación del PLC SIMATIC-S7. La elección correcta del software y PLC para la realización del proyecto es esencial, en este trabajo de grado se propone material de instrucción de cómo utilizar el lenguaje de programación KOP (lenguaje escalera), el cual fue elegido para el desarrollo de este proyecto, por lo que es necesario considerar toda la información disponible y herramientas empleadas para el desarrollo de este proyecto.

Por otra parte, Florencio, P (2016), en su investigación denominada: **“Desarrollo del Software de un Sistema SCADA para la distribución de Agua**

Potable en la quebrada de Manchay” para optar por el título de Ingeniero Electrónico presentado en la Universidad Católica del Perú, Perú. Facultad de Ingeniería. El presente trabajo consta sobre los sistemas de distribución de agua potable el cual son monitoreados, controlados y supervisados desde un Centro de Control. En este proyecto se desarrolló una aplicación en el software del sistema SCADA, para la distribución de agua potable en la quebrada de Manchay. La distribución de agua se realizó a través de 23 estaciones de bombeo distribuidas a lo largo de todo el pueblo. El sistema de distribución de agua potable en Manchay consiste de 4 partes fundamentales: telecomunicaciones, instrumentación, sistema eléctrico y el sistema de control y automatización. En este trabajo de grado se desarrollaron aplicaciones para los Paneles de Operador o Interfaces Hombre Maquina (HMI) con el propósito de realizar un control y monitoreo local de los equipos instalados en cada estación.

La investigación citada, se vincula con la actual en función de que incluye el desarrollo de la programación para realizar el monitorio, control y supervisión de las estaciones de bombeo. Por otro lado, es importante para el desarrollo del sistema la configuración e inclusión de instrumentos que puedan transmitir la información a los controladores para tener lecturas del proceso como presión, flujo y nivel, en el cual en este trabajo de grado aporta todas estas posibles configuraciones y manejo de estos instrumentos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro

del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

- **Parte Operativa:** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

2.2.1.1 Partes de un Sistema de Automatización

- **Sistema:** un sistema es una combinación de componentes de manera armónica que actúan conjuntamente para realizar una tarea específica. Una componente es una unidad en particular en función de un sistema. De ninguna manera limitado a los aspectos físicos, el concepto de sistema se puede ampliar en fenómenos dinámicos abstractos, tales como los que se encuentran en la economía, el transporte, el crecimiento de la población y la biología. Un sistema se llama dinámico si su salida en el presente depende de una entrada en el pasado; si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso, el sistema se conoce como estático. La salida de un sistema estático permanece constante si la entrada no cambia y cambia solo cuando la entrada cambia.
- **Disposición de un sistema autónomo:** un sistema autónomo cuenta con varios componentes que como su nombre lo dice hacen que un proceso tenga autonomía en toma de decisiones y que el conjunto de elementos que interactúan en el tengan plena armonía para realizar tareas específicas de manera adecuada.
- **Controlador:** es una de las partes fundamentales en el funcionamiento de un proceso automatizado ya que en él recae la toma de decisiones y el envío de instrucciones a los diferentes actuadores que se encuentran en el sistema, este envío de instrucciones depende en gran parte de las entradas y de los sensores

que se encuentren en el proceso. Todo esto para que se ejecuten acciones correctivas o se realicen acciones secuenciales.

- **Planta:** sistema físico (mecánico, eléctrico, neumático, etc.) al cual se le controlan y se le monitorean, una o más variables pertenecientes a un proceso secuencial. Sensores o partes secundarias de control. Estos son los encargados de monitorear el proceso y los estados en los cuales se encuentra el proceso y son los encargados de enviar señales físicas y electrónicas para que se realicen tareas correctivas o simplemente se avance a la siguiente etapa del proceso.
- **Actuadores:** estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas la interpretación de señales que ha hecho el controlador ya sea para corregir algún inconveniente en el proceso o permitirle al mismo avanzar además estos elementos se pueden encontrar en un proceso como: motores, cilindros neumáticos, válvulas, pistones, ventiladores entre otros.

2.2.1.2 Tipos de Automatización

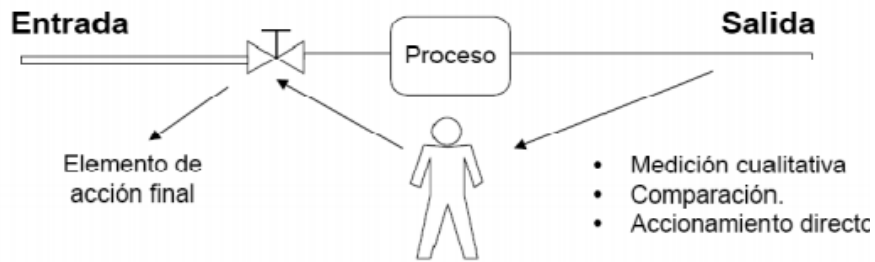


Figura 1.Diagrama de Control Manual.

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-ManualPag1.jpg>

Control semiautomático: se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control de aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible. Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. En la siguiente figura se muestra un control semiautomático.

Control Automático: este control (ver figura 2) se basa en la realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar. El control posee las siguientes características:

Intervención humana moderada.

Poca capacidad de adaptación

Lazos locales de control.

Alto mantenimiento.

Poca capacidad de supervisión central.

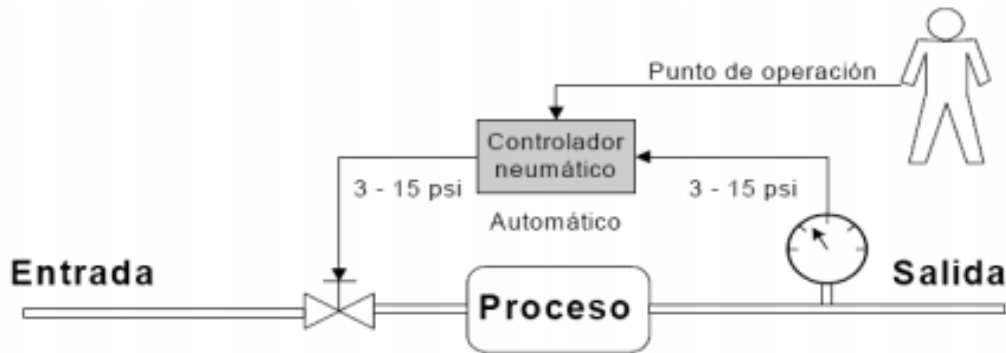


Figura 2. Diagrama de control Automático.

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.pag2jpg>

2.2.2 Sistemas de Control

Un sistema de control (ver figura 3) es el conjunto de elementos, que hace posible que otro sistema, proceso o planta permanezca fiel a un programa establecido. Controlar un proceso consiste en mantener constantes ciertas variables, prefijadas de antemano. Las variables controladas pueden ser, por ejemplo: Presión, Temperatura, Nivel, Caudal, Humedad, etc.

Todo sistema de control tiene 3 partes indispensables: operador, sistema de control y planta. El operador indica los parámetros deseados al sistema de control, con comandos que se transmiten a actuadores que realizan la acción solicitada, es decir, lleva al sistema a los parámetros deseados. El sistema retroalimenta información sobre su estado mediante sensores, con el fin de notificar el valor actual y definir si es necesario corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en el valor deseado. Por último dicha información es mostrada al operador mediante una HMI.

Dicho proceso se puede ver en la figura 3, y al analizarlo es claro que los sistemas de control buscan automatizar procesos industriales, es decir, se crean algoritmos para realizar tareas que son repetitivas en una planta.

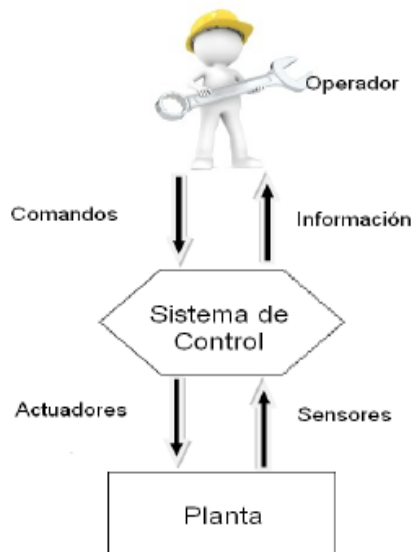


Figura 3. Esquema básico de un sistema de control.
Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.jpg>

2.2.3 Controlador Lógico Programable

2.2.3.1 Los Automatas Programables

Un autómata es una máquina industrial (API) susceptible de ser programada, al estar basada en un sistema de microprocesador dotado de un hardware estándar independiente del proceso a controlar. Se adapta a tal proceso mediante un programa de usuario específico, escrito en algún lenguaje de programación y que contiene la secuencia de operaciones a realizar. El programa, realizado y depurado en una unidad de programación propia o ajena al autómata, se incorpora a la memoria de programa del mismo, para su ejecución por la Unidad Central de Proceso (CPU) del autómata. La secuencia de operaciones del programa se realiza sobre señales de entrada y salida del proceso, llevadas al bus interno del autómata a través de las correspondientes interfaces de entrada y salida (E/S). El autómata gobierna las señales de salida según el programa de control previamente almacenado en su memoria de programa, a partir del estado de las señales de entrada. Los tipos de interfaces de E/S son muy variados, según las características de las señales procedentes del proceso o las que se van a aplicar al mismo (ver figura 4).



Figura 4. Diagrama de un PLC en un control de procesos.
Fuente: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico (ver figura 5) de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada.



Figura 5. Controlador lógico programable 1.
Fuente: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Los PLC son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblaje automático, y en general cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

2.2.3.2 Arquitectura Externa

Su arquitectura externa es la que permite comunicarse con los sensores y actuadores que se encuentran en la planta. Se identifican entre las principales partes tales como:

- Terminales de alimentación.
- Terminales de conexión de salidas.
- Leds indicadores del estado del PLC.
- Batería. Puerto de extensión (Modbus ASCII).
- Panel de leds indicadores del estado de E/S.
- Terminales de conexión de entradas.
- Memoria de EEPROM.
- Puerto de comunicación Tierra.

2.2.3.3 Arquitectura Interna

El PLC permite utilizar programas de programación para crear la lógica que controla un sistema. Las funciones de un PLC se repiten ordenadamente, para responder a cualquier cambio en las condiciones del sistema. (Ver figura 6).



Figura 6. Unidades funcionales del PLC

Fuente: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>.Pag 102

El PLC ejecuta continuamente un ciclo automático, llamado “Tiempo de Barrido”. La Unidad de Procesamiento Central (CPU) del PLC se compone de cuatro unidades funcionales:

- Unidad de Entradas.
- Unidad de Salidas.
- Unidad Lógica.
- Unidad de Memoria.

Los cuatros unidades funcionales mencionadas anteriormente se en comunican entre sí como de lo muestra en la figura 5.

Las entradas y salidas son los elementos que conectan al procesador central (CPU) del PLC con el proceso que se va a controlar.

- **Unidad de Entrada:** proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, proveniente de los switches de contactos ON – OFF del campo o de convertidores analógicos digitales. Las señales se adecuan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.
- **Unidad de Salida:** acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona el aislamiento eléctrico de los switches de contactos, tiristores en señales digitales y por transistores en señales analógicas que se comandan hacia el campo.
- **Unidades de entradas y salidas:** son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor. La diferencia radica en que las unidades de entrada de los PLC son de estado sólido mientras que las salidas pueden ser de tipo relé como de tiristores dependiendo la acción que se necesita ejecutar en el campo si son salidas digitales y por transistores si son salidas analógicas.
- **Unidad Lógica:** está basada en un microprocesador, es el corazón del PLC. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los

esquemas de control lógico que se especifican. Dentro de la unidad lógica se encuentra la memoria que almacena los códigos de mensajes o instrucciones que ejecuta la unidad lógica. La memoria se divide en (PROM o ROM) que es solo de lectura y RAM que es de acceso aleatorio. Por medio de estas memorias, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; solo se debe modificar el programa. Para el control de un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquellas que interesa.

2.2.3.4 Aplicaciones de los PLC.

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que cumplen las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Cuando se requiere una amplia recopilación de datos.
- Cuando se tiene procesos secuenciales.
- Cuando el proceso tecnológico se presta a una programación.
- Cuando se requieren exigencias rigurosas en rentabilidad o calidad.
- Cuando se trata de elevadas cifras de producción.
- Cuando se trata de procesos peligrosos.

Las aplicaciones generales de los PLC son en:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de hacer modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.

- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.

2.2.3.5 Programación del PLC.

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata. El lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable". En la tarea de programación del autómata, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómata.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S o internas.
5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación).
6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

2.2.4 Clasificación de los PLC

Debido a la gran variedad de tipos de PLC, tanto en sus funciones, capacidad, aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

- **PLC tipo Nano:** es como un PLC de tipo compacto que puede manejar un conjunto reducido de E/S generalmente hasta 48 (ver figura 7). Permite manejar entradas/salidas digitales y analógicas, y algunos disponen de módulos especiales como entradas rápidas para detectar impulsos desde 100us, tienen también salidas especiales para generar impulsos que controlan motores paso a paso o equipos que requieren impulsos de una frecuencia rápida, normalmente hasta 5 Hz.



Figura 7. PLC tipo Nano

Fuente: Programación del PLC pág. 101.

Para la alimentación de sus entradas, ofrecen una tensión de 24Vcc y 250mA, para consumos mayores (detectores y fotocélulas principalmente) se implementa una fuente externa de mayor calibre.

- **PLC tipo Compacto:** tiene incorporado la Fuente de Alimentación, CPU y módulos de E/S en un solo módulo principal (ver figura 8) y permiten manejar desde unas pocas E/S hasta alrededor de 500, su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como: Entradas y salidas analógicas, interfaces de operador, expansiones de E/S.



Figura 8. PLC tipo Compacto.

Fuente: Programación del PLC pág. 102.

- **PLC tipo Modular:** estos PLC permiten una ampliación de sus posibilidades con los diferentes módulos que se necesiten, limitados principalmente en número, en función de las características del PLC o CPU (Unidad Central). Se componen de un chasis principal en el cual están alojados los módulos de ampliación (ver figura 9) que suelen ser de E/S digitales o analógicas, E/S combinadas, comunicaciones, conteo rápido, ejes, regulación, pesaje, funciones especiales.



Figura 9. PLC tipo Modular.
Fuente: Programación del PLC pág. 103.

2.2.5 Lenguajes de Programación de un PLC.

Para controlar un determinado proceso, el autómeta realiza sus tareas en base a una serie de sentencias o instrucciones establecidas en un programa que se escribe en un lenguaje de programación, estos lenguajes permiten simplificar la creación de programas debido a su fácil descripción de las instrucciones que ha de ejecutar el procesador.

La norma IEC 61131-3 es la encargada de estandarizar los lenguajes de programación, para definirla han participado empresas internacionales con experiencia en el área de automatización industrial. El resultado ha sido tablas de características

con la especificación de la sintaxis y semántica unificada de lenguajes de programación, incluyendo el modelo de software global y sus lenguajes estructurantes.

2.2.5.1 Lenguajes gráficos

Son la representación basada en símbolos gráficos, de tal forma que según la disposición en que se encuentran cada uno de estos símbolos y en conformidad a la sintaxis que lo gobierna, expresa una lógica de mando y control, estos son:

- Diagrama de Escalera o contactos (Diagram Ladder, LD).
- Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD).

2.2.5.2 Lenguajes textuales

Son el conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números de acuerdo a una sintaxis establecida, se considera un lenguaje de menor nivel que los gráficos y se utilizan para programar pequeños PLC cuyos programas no son muy complejos en modo gráfico, ellos son:

- Lista de Instrucciones (Instruction List, IL).
- Texto Estructurado (Structured Text, ST).

2.2.5.3 Gráfico funcional secuencial (SFC)

Llamado también Grafcet, es un lenguaje gráfico que describe las secuencias de un proceso y de un programa de control. Los elementos básicos son etapas y transiciones interconectadas por medio de enlaces directos. Cada etapa lleva asociados un conjunto bloques de acción que permiten realizar el control del proceso, y cada transición va asociada a una condición de transición que cuando se cumple causa la desactivación de la etapa anterior y la activación de la siguiente. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

2.2.6 Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface)

Por medio de esta se presentan los datos a un operador (humano), y este controla todo el proceso el cual se hace por medio de un ordenador. La interfaz de usuario dispone de dos medios que son:

Entrada: que permite al usuario manipular un sistema.

Producto: el cual reproduce las órdenes que el operario haya asignado al proceso.

2.2.6.1 Criterio de usabilidad

El diseño de una interfaz de usuario afecta a la cantidad de esfuerzo que el usuario debe gastar para proporcionar insumos al sistema y para interpretar los resultados que el sistema arroja. Usabilidad es el grado en que el diseño de la interfaz de usuario en particular tiene en cuenta la psicología humana y de la fisiología de los usuarios, y hace que el proceso de la utilización del sistema se de forma eficaz, eficiente y satisfactoria.

2.2.6.2 Tipos de Interfaz

Actualmente los siguientes tipos de interfaz son conocidos:

- **Interfaz gráfica de usuario (GUI Graphics User Interfaces):** que permiten comunicarse con el ordenador de una forma muy rápida e intuitiva.
- **Touch interfaces:** son interfaces gráficas de usuario mediante una pantalla táctil con una combinación de dispositivos de entrada y salida. Se utiliza en muchos tipos de procesos industriales, máquinas de autoservicio, etc. Hay que tener en cuenta que un sistema SCADA realiza un control supervisorio y de adquisición de datos, de ahí su nombre mientras que un HMI es una interface Hombre Máquina que usualmente es para visualización del proceso y arranque y para de las máquinas.

2.2.7 Software STEP 7 BASIC V11

Es el software de ingeniería más conocido y utilizado en la automatización industrial en todo el mundo. La misma que ha facilitado la automatización de varios procesos industriales, optimizando tiempos de producción, aumentando la producción, disminuyendo costos con la mínima intervención del operario.

Además, cabe recalcar que el software STEP 7 BASIC V11 (ver figura 10) es exclusivo de SIEMENS.



Figura 10. Software STEP 7 BASIC V11.

Fuente: (I IA AS S MP, 2012 pag. 4)

Con el STEP 7 BASIC V11, la gestión de variables es una tarea de fácil resolución, una vez definidas las variables quedan directamente a disposición de todos los editores. Además garantiza la propagación inmediata de todas las modificaciones de variables en el conjunto del proyecto.

2.2.8 Sistemas SCADA

“SCADA es el acrónimo de “Supervisory Control And Data Adquisition” (ver figura 11), es decir, “Adquisición de Datos y Control Supervisorio”, sin embargo, para evitar diversas interpretaciones dadas al traducirlo al español, simplemente es empleado el término “SCADA” en el ámbito de la automatización industrial”¹. Son aplicaciones de software diseñadas para funcionar sobre ordenadores y tecnologías de comunicación industriales, que realizan tareas de interface entre los niveles de control (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y los niveles de gestión con la finalidad de proporcionar la adquisición de datos, supervisión y control de procesos industriales remotos. La Supervisión, Control y Adquisición de datos en los sistemas Scada involucran muchos subsistemas. Por ejemplo, la adquisición de datos de las variables físicas de instrumentación se la puede realizar a través de sensores y transductores que toman las señales y las adecuan para que puedan ser manejadas por una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) o bien por un Controlador Lógico Programable (PLC), los cuales toman las señales, las digitalizan y las envían a las estaciones remotas usando un protocolo de comunicación industrial determinado para

que puedan ser procesadas por un ordenador. Las tareas de Supervisión y Control se relacionan con aplicaciones de software y se las realiza desde la pantalla del ordenador, en donde el operador puede visualizar cada una de las estaciones remotas del sistema, su estado operativo, situaciones e historial de alarmas, manejo de los datos producidos, variables de control y la posibilidad de actuar sobre algún equipo a distancia. Los Sistemas SCADA como tal, conforman una parte integral de la mayoría de los entornos industriales complejos o geográficamente dispersos, ya que pueden obtener rápidamente la información de una gran cantidad de fuentes o procesos y presentarla en una forma amigable para el usuario u operador, como por ejemplo una pantalla táctil o gráfica, una plantilla Excel, un documento Word, todo en ambiente Windows, con la finalidad de tomar decisiones operacionales rápidas y acertadas, mejorando notablemente la eficiencia del proceso. Los datos que se generan en los procesos Industriales y que son procesados y utilizados por el Sistema SCADA puede ser aprovechada por diversos usuarios dentro de la misma empresa, permitiendo la participación de diversas áreas de la producción como: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

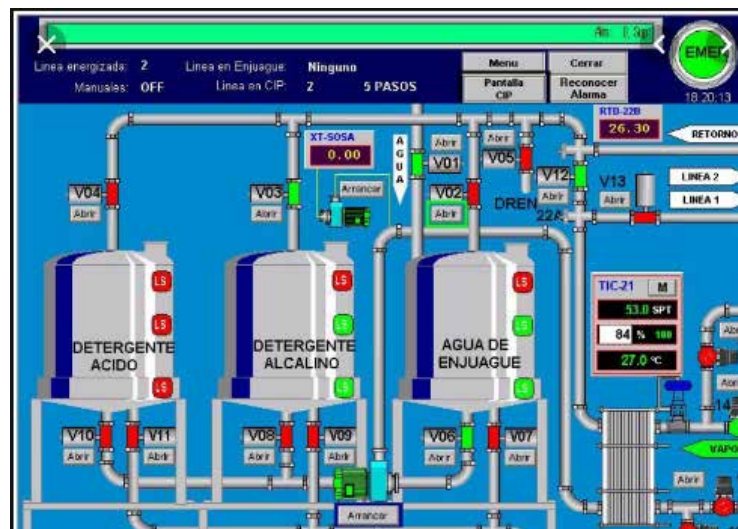


Figura 11. Sistema de Interfaz SCADA.

Fuente: (Sistema Interfaz SCADA, 2015 pág. 4)

2.2.8.1 Prestaciones de un Sistema SCADA

Las prestaciones de un Sistema SCADA comprenden una serie de funciones y utilidades con el propósito de establecer una adecuada comunicación entre el proceso y el operador. Las prestaciones que puede ofrecernos un Sistema SCADA son las siguientes:

- **La monitorización:** Se refiere a la presentación de los datos de las variables en tiempo real al operador.
- **La supervisión:** Incluye la supervisión, mando, adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones operativas del proceso. Incorporan además la capacidad de ejecutar programas que pueden supervisar y modificar el control establecido y, bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas programables.
- **La adquisición de datos de las variables de los procesos monitoreados:** Se pueden obtener datos de las variables físicas (temperatura, presión, caudal, etc.) de un proceso mediante sensores y transductores, transformarlas en magnitudes eléctricas o digitales para que puedan ser procesadas por los autómatas.
- **La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos):** Si se identifican situaciones fuera de lo normal producidas en un proceso o planta industrial, estas serán reportadas inmediatamente al operador para que pueda tomar las acciones correctivas pertinentes. Además la posibilidad de crear paneles de alarma que alerten al operador de cambios detectados, tanto aquellos que no se consideran normales (alarmas) como aquellos que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos).
- **El mando:** Ofrece la posibilidad al operador de modificar las leyes de control o secuencias operativas del proceso directamente desde un ordenador actuando sobre las tareas asociadas al dispositivo de control, como por ejemplo: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, variar la velocidad de motores, etc.

2.2.8.2 Beneficios mediante el Sistema SCADA

Con el desarrollo de los sistemas SCADA se ha logrado obtener una serie de beneficios, los cuales pueden ser resumidos de la siguiente forma:

- Brinda una mayor comodidad, confiabilidad y facilidad en el manejo y control de procesos industriales.
- Flexibilidad en la expansión del control y monitorización de procesos sin necesidad de desmontar el sistema o cambiar de tecnología.
- Monitoreo en tiempo real. Esto a su vez trae ventajas. Por ejemplo, se puede evitar averías en equipos si se detecta a tiempo una falla y se realiza el mantenimiento inmediato.
- Se pueden realizar acciones de mantenimiento, diagnóstico e incluso reparación desde el centro de control a equipos remotos (Telemantenimiento). Los sistemas de diagnóstico implementados en los elementos de control informan continuamente de cualquier incidencia en los equipos, y a distancia, pueden tomarse acciones correctivas a tiempo.
- Los sistemas SCADA mejoran la gestión de los procesos industriales facilitando el análisis y presentación de datos y la interpretación de las acciones y programas de control a ejecutarse.
- Un sistema SCADA puede proporcionar comunicación remota entre los módulo de control y el operador, manteniéndolos informados sobre cualquier incidencia.
- El desarrollo y proliferación de los sistemas SCADA ha permitido una mayor integración entre sistemas mediante la estandarización tanto del software como del hardware.
- Un sistema monitoreado y controlado constantemente y en tiempo real ofrece mejores prestaciones y servicios.
- Reducción de costos de mantenimiento y operación.

2.2.9 Instrumentos de medición

Todos los instrumentos deben ser especificados a un punto tal que aseguren la operación del proceso y que permita la estimación de sus costos. Estas especificaciones se pueden sistematizar, aplicándolas tanto a sistemas sensores como a sistemas actuadores, sin que todas y cada una de las definiciones que siguen a continuación sean aplicables a todo sensor o actuador.

- Precisión (o exactitud).
- Error.
- Error de No-Linealidad.
- Repetitividad.
- Reproducibilidad.
- Etc.

Existe una gran cantidad de sensores en el mercado, para poder medir magnitudes físicas, de los que se pueden enumerar los siguientes:

- 1) Temperatura.
- 2) Humedad.
- 3) Presión.
- 4) Posición.
- 5) Movimiento.
- 6) Caudal.
- 7) Luz.
- 8) Imagen.
- 9) Corriente.

2.2.9.1 Sensor de Nivel

El Sensor de nivel (ver figura 12) es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente. Integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura

de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.



Figura 12. Sensor de Nivel.

Fuente: (Tipo de Sensores, 2015 pág. 5)

2.2.9.2 Sensor de flujo

El sensor de flujo (ver figura 13) es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas.

Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal. Para medir el caudal se requiere un caudalímetro.

Tipos de sensor

- **Pistón:** Es el más común de los sensores de flujo. Este tipo de sensor de flujo se recomienda cuando se requiere detectar caudales entre 0,5 LPM y 20 LPM. Consiste en un pistón que cambia de posición, empujado por el flujo circulante. El pistón puede regresar a su posición inicial por gravedad o por medio de

un resorte. El pistón contiene en su interior un imán permanente. Cuando el pistón se mueve el imán se acerca y activa un reed switch, que cierra o abre (según sea la configuración) el circuito eléctrico. El área entre el pistón y la pared del sensor determina su sensibilidad, y por ende a qué caudal se activará el sensor.

- **Paleta o compuerta:** Este modelo es recomendado para medir grandes caudales, de más de 20 LPM. Su mecanismo consiste en una paleta que se ubica transversalmente al flujo que se pretende detectar. El flujo empuja la paleta que está unida a un eje que atraviesa herméticamente la pared del sensor de flujo y apaga o enciende un interruptor en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se recorta el largo de la paleta.
- **Elevación o tapón:** Este modelo es de uso general. Es muy confiable y se puede ajustar para casi cualquier caudal. Su mecanismo consiste en un tapón que corta el flujo. Del centro del tapón surge un eje que atraviesa herméticamente la pared del sensor. Ese eje empuja un interruptor ubicado en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se perforan orificios en el tapón.



Figura 13. Sensor de Flujo.

Fuente: (Tipo de Sensores, 2015 pág. 4)

2.4 Definición de términos básicos

Actuadores: estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas

Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

Controladores: Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

Interfaz: Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos gráficos que vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

PLC: computador lógico programable.

Proceso: Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.

Programación: la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

Sistema: Conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

Software: está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

3.1. Tipo de Investigación

Con lo que respecta al tipo de investigación, Tamayo, M (2003) expresa que una investigación descriptiva “Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.”

El autor Arias, F. (2012) afirma que: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (pag.24).

En relación con lo expresado anteriormente, se dice que la presente investigación se realiza bajo el esquema de un proyecto factible y se puede calificar como documental – descriptiva, ya que la misma, constituye un estudio sistemático de investigaciones previas ya comprobadas. El enfoque de la presente investigación se centra en la posibilidad de llevar teorías generales al ámbito práctico, y cuyo

esfuerzo se destina a la implantación de propuestas, que pueden materializarse y brindar soluciones a problemas que se plantean en la sociedad. potable.

3.2. Nivel de la Investigación

El nivel de investigación se refiere según Arias, F (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es Exploratoria, definido por el autor Arias, F (2012) como “la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto es decir un nivel superficial de conocimientos.

3.3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010), define: El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. (pag.86). Según el autor Santa Palella y Feliberto Martins (2010), define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables

debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (pag.88).

En consecuencia, el presente trabajo de grado representa una investigación de campo de diseño experimental, ya que se manejan variables experimentales que no están comprobadas y los datos son tomados directamente en el lugar del caso de estudio.

3.4 Población y Muestra

3.4.1. Población

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

Por lo tanto, con lo descrito anteriormente, se dice que la población en la presente investigación está dada por la gran Valencia.

3.4.2. Muestra

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

En el caso de la muestra, esta se representa por el conjunto residencial Kerdell.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Es el medio por el cual el investigador facilita la recolección de datos, valiéndose del mismo para obtener la información necesaria. Hurtado, J. (2010), concluye que:

“Los aspectos metodológicos se desarrollan a lo largo del marco metodológico y se evidencian en las técnicas utilizadas para la recolección de datos y para el análisis de resultados... Las técnicas son modos específicos de hacer algo. Por ejemplo, algunas técnicas de

recolección de datos son la entrevista y la observación”. (pág. 105 y 110).

La presente investigación, tiene como técnica la entrevista estructurada, la cual, según Arias, F. (2012) define que:

“Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video”. (pág. 73).

Por ello, es importante destacar que los investigadores utilizarán la entrevista estructurada como técnica de recolección de datos, seleccionando la muestra finita antes planteada, para así aplicar la misma, obteniendo entonces los resultados que se desean lograr.

De igual forma, la observación directa es un método por el cual el investigador se vale para obtener, tal y como lo dice su nombre, la información directa del análisis que se desea desarrollar. Hurtado, J. (2010) cita: “La observación directa y natural de los hechos es el punto de partida del método del empirismo. Según Bacon esta observación debe hacerse dejando de lado los prejuicios, a los que este autor llamó ídolo”. (pág. 112).

El presente trabajo de investigación se vale de la observación directa, específicamente en el conjunto residencial Kerdell, municipio Valencia Estado Carabobo. De esta manera se podrá obtener un posible diagnóstico de todas las variables operativas en la distribución del agua en el conjunto residencial Kerdell.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento sirve como recurso material que se relaciona con el individuo al cual se le hace el análisis. Para Arias, F. (2012), los instrumentos: “Son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.”. (pág. 111).

En la presente investigación, tiene como instrumento de recolección de datos la ficha de registro de información que será diseñada por los autores. Esta ficha será diseñada tomando en consideración los objetivos de la investigación, a su vez estará constituida por preguntas cerradas, dicotómicas. Cabe destacar que dicho instrumento será empleado a la muestra determinada.

3.6 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnóstico de la situación actual en el sistema de distribución de aguas potable en el conjunto residencial Kerdell, municipio Valencia, estado Carabobo”.

Actividades:

- Se realizará la evaluación y observación directa para el diagnóstico del sistema de distribución de agua potable en el conjunto residencial Kerdell.
- Se realiza la revisión documental del funcionamiento de un sistema de distribución de agua potable.

Fase II: “Identificación de las fallas y puntos críticos del actual sistema de distribución de agua potable”.

Actividades:

- Se tomarán una lista de las características que posea el sistema de distribución de aguas potable en el conjunto residencial Kerdell.
- Mediante la información de características y variables obtenidas, se procederá a identificar las fallas y puntos críticos del sistema de distribución de agua potable.

Fase III: “Diseño de la automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, ubicado en el municipio Valencia, estado Carabobo”.

Actividades:

- Mediante la información obtenida, se realiza la selección del PLC para dicho proceso, para que sea posible su futuro desarrollo.
- Se realizará el diagrama de escalera de la programación del PLC.

- Se realizar un sistema de adquisición y control de datos SCADA para el sistema de distribución de agua potable.

Fase IV: “Estudio de factibilidad, económico, social y ambiental”.

Actividades:

- Se evaluará la factibilidad económica sobre la automatización e instrumentos a utilizar para que sea posible su futuro desarrollo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Diagnosticar la situación actual en el sistema de distribución de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, municipio Valencia, estado Carabobo.

4.1.1 Observación directa.

La red de distribución del sistema de agua potable en el conjunto residencial Kerdell del municipio Valencia, Estado Carabobo, no posee un sistema de automatización y supervisión del sistema de suministro de agua potable.

En el sistema de distribución de agua potable actual, la automatización en las estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento es un tema prácticamente inexistente, este, se maneja de forma manual en donde se requiere una persona encargada de la supervisión, la cual realiza labores de apertura o cierre de válvulas, así como el encendido y apagado de las bombas, actualmente se hace uso de válvulas reguladoras de presión (reductoras). Estas válvulas tienen su principio de operación, en el uso de reguladores hidráulicos tipo piloto, que se ajustan de forma manual.

El conjunto residencial Kerdell, actualmente consta de tres torres, cada torre posee dos tanques, un tanque aéreo y un tanque subterráneo. El conjunto residencial también posee un tanque principal que es empleado como reservorio de agua potable para abastecer a la red domiciliaria. El tanque es surtido directamente por las líneas de transmisión que vienen desde la planta potabilizadora Alejo Zuloaga de la empresa Hidrocentro a través de su sistema de bombeo. La persona encargada está bajo la responsabilidad de tomar las lecturas del nivel del tanque y del caudal. Para así, de esta manera se pueda evitar el desborde del líquido en el tanque principal o por otro lado verificar si el nivel del líquido está en un nivel bajo, el operador realiza tediosas tareas, maniobrando válvulas de compuerta o con válvulas flotadoras hidráulicas automáticas, la verificación de los niveles de cloro apto para el consumo humano no se realiza.

En ningún tanque se dispone de servicio eléctrico de respaldo para cualquier falla de energía eléctrica, y sus instalaciones tienen un estado deficiente el cual requiere un inmediato mantenimiento. El tanque principal esta propenso al vandalismo y delincuencia, lo que puede provocar el robo o hurto de equipos, debido a esto se recomienda la instalación de algún medio de supervisión y restricción de acceso al conjunto residencial junto a un sistema de alarmas. Existen problemas con los sistemas de control de las válvulas flotadoras en el tanque principal aun cuando son automáticas, debido a que existen muchas pérdidas por desborde de líquido en el tanque. La medición del nivel del agua se realiza de manera visual introduciendo una vara o segmento de tubería para estimar su altitud. Se pudo constatar la inexistencia de instrumentos de medición de variables como la presión y el caudal. El funcionamiento en las estaciones de bombeo no es óptimo debido a que no están operativos algunos grupos motor-bomba por falta de mantenimiento o daño, por lo que se requiere realizar el mantenimiento respectivo o la compra de equipos nuevos para el bombeo en caso de ser necesario.

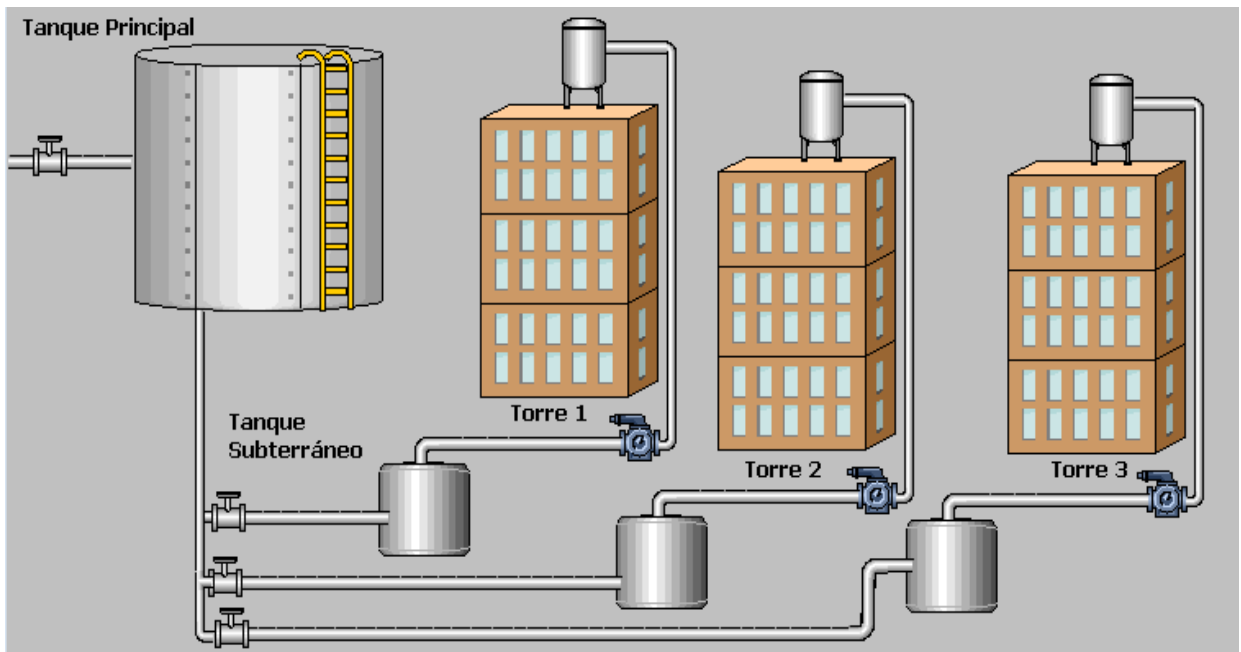


Figura 14. Diagrama del proceso actual del sistema de distribución de agua
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Tabla 1. **Diagnostico sistema de distribución de agua potable en el Conjunto Residencial Kerdell.**

Componentes	Características	Situación Actual			Diagnóstico
		Estado	Agente Causante	Consecuencia	
Motor	Franklin Electric Modelo 234 318 86 02 Serial 44 144 200 0885 D Potencia 7.5 Hp Trifásico 26.4A/ 230 V/ 60Hz	Operativo	-	-	Amerita que el equipo de bombeo tenga mayor potencia.
Bomba	Tipo UP-3534 7.5Hp Horas de bombeo: 16 h. Q 35 GPM Serial T1304060007-0056 H 610 ft; Hmax 1016 RPM 3450 Seis Etapas	Operativo	-	-	Actualmente por la población amerita que el equipo de bombeo tenga mayor potencia.
Válvulas	Presentes en el sistema: válvulas compuertas principales de las líneas de aducción, válvulas compuertas para la sectorización de la red y bocas llaves.	Todas operativas sin embargo las válvulas compuertas se encuentran oxidadas.	Años instalados en el sistema.	Podrán generarse problemas de operatividad de las mismas dentro de poco	Evaluar la posibilidad de sustitución de las válvulas compuertas oxidadas.
Red de abastecimiento	Tipo de red: abierta. Proyectada a 0.80 de profundidad (rasante	Operativa. En ocasiones surgen fugas en la	Presión del agua afloja los empalmes	Fugas de agua potable.	Reparación de las fugas con la sustitución o

	de la tubería) a lo largo de la red.	tubería matriz.	entre tuberías o tomas domiciliarias		reinstalación de piezas necesarias
Tanque	Diámetro: 7.20 m Altura: 2.5 m Capacidad de almacenamiento: 101.7 m ³	Actualmente en uso. Presenta pequeños fisuramientos en la parte baja del tanque.	Exposición a agentes externos del medio ambiente	Fuga de agua y presencia de moho en la parte externa donde se encuentran las fisuras.	Reparar las fisuras

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del sistema de suministro de agua potable.

4.1.2.1 Red de distribución de un sistema de agua potable.

La red de distribución forma parte del sistema que transporta el agua potable directamente hacia los puntos de consumo (edificios, industrias, bocas de riego e incendio, etc.). Está construida por todo un conjunto de tuberías, piezas especiales y elementos dispuestos y ordenados de forma conveniente para el garantizar abastecimiento.

La red de distribución de agua potable permite que el agua llegue desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones adecuadas, tanto en calidad como en cantidad. Este sistema se puede clasificar por la fuente de donde se toma el agua: agua de mar, agua superficial (de lagos o ríos), agua de lluvia almacenada, aguas subterráneas y las aguas procedentes de manantiales naturales.

Es importante tener en cuenta que el agua antes de ser enviada a las viviendas, se transformará en agua potable. El tratamiento que se lleva a cabo varía en función del origen del líquido. En general, el sistema consta de cinco partes principales: captación,

almacenamiento de agua bruta, tratamiento, almacenamiento de agua tratada y red de distribución de agua potable.

Todos ellos son importantes y necesarios, pero la red de distribución de agua en sí, debe estar perfectamente diseñada. Para ello, hay que tomar decisiones sobre si realizar una red abierta o ramificada, o realizar una red cerrada o mallada. En el primer caso, se cuenta con una tubería principal desde la cual parten los ramales que terminarán en puntos ciegos. El segundo, se logra con la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red de distribución de agua potable.

4.1.2.2 Componentes de una Red de distribución de agua potable.

4.1.2.2.1 Tuberías

Los conductos que conforman la red de distribución se pueden clasificar en varios tipos, de acuerdo a la función que desempeñan y al tamaño relativo al resto del abastecimiento:

- **Tuberías principales o (tuberías de alimentación):** son las conducciones de mayor diámetro y responsables de la alimentación de los conductos secundarios. Su principal función es, la transferencia del líquido. Como regla general trata de evitarse la realización de tomas o conexiones sobre este tipo de conducciones.
- **Tuberías o conductos secundarios (arterias de conducción):** son conducciones de diámetro menor que las anteriores. Su papel es transportar el agua desde las arterias (tuberías de alimentación) a las tuberías de distribución. Se intenta evitar el realizar conexiones o tomas sobre dichas conducciones, aunque los consumidores principales del abastecimiento se encuentran conectados a este tipo de tuberías.
- **Tuberías de distribución:** son las conducciones encargadas de transportar el agua hasta las propias acometidas de los diferentes puntos de consumo. Son conducciones específicamente diseñadas para realizar numerosa toma sobre las mismas. Por ello el material de dichas conducciones debe permitir la realización

de tomas en carga, que permitan realizar nuevas conexiones en el sistema sin interrumpir el suministro.

- **Ramales o acometidas:** es el conjunto de tuberías y válvulas que enlazan la red pública con la instalación interior del edificio, junto al muro de la fachada. Habitualmente no se considera a estos ramales incluidos en las redes de distribución.

4.1.2.2.2 Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, los cuales se usan en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere operar frecuentemente las válvulas. En redes de distribución son más usuales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales.

4.1.2.2.3 Bombas

La gran mayoría de los sistemas de distribución y líneas de conducción incorporan bombas en sus instalaciones para movilizar el agua a través del sistema o mantener presiones requeridas. En abastecimiento de agua potable son usadas para extraer el agua del subsuelo y conducirla hasta plantas de tratamiento, almacenamientos, o directamente hasta la red de distribución. También permiten elevarla carga en zonas de presión ascendentes (booster), así como proveer de agua al cuerpo de bomberos durante el combate de incendios.

En el mercado puede encontrarse una amplia diversidad de bombas siendo los tipos básicos los que relatamos seguidamente, aunque existen muchas variaciones y modificaciones de máquinas:

- **Alternativas:** pistón, embolo, diafragma.
- **Rotativas:** engranajes, tornillo, paletas, levas, especiales.
- **Centrifugas:** radiales, diagonales, axiales.

Las bombas más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrifugas, horizontales y verticales, y las bombas sumergibles. Las cuales podemos describir brevemente de la siguiente manera:

- a) **Bombas centrifugas horizontales:** son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc. Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y el mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional. Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación es inversa la succión es negativa, como se muestra claramente en la figura 15.

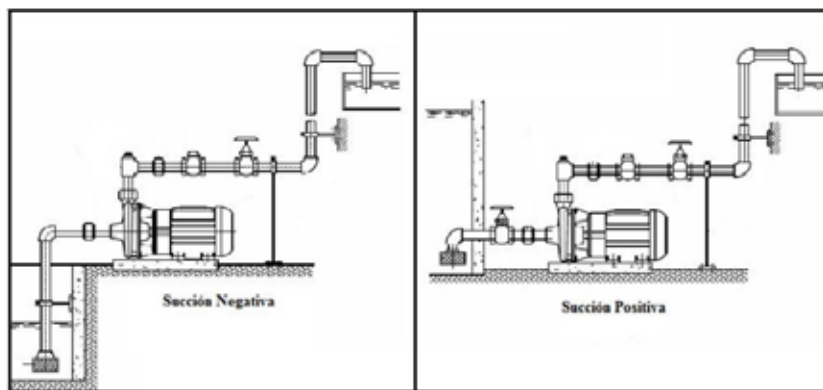


Figura 15. Disposiciones de las bombas, bombas succión negativa (izquierda) y bomba de succión positiva (derecha).

Fuente: (Diseño de un sistema de automatización para la estación de bombeo de agua pág. 12)

- b) **Bombas centrifugas verticales:** son equipos (ver figura 15) que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre

el punto de captación, por lo que su uso es limitado a pozos profundos. Estas bombas se construyen de diámetros pequeños, para que así se pueda introducirlas en las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por razones de costo. Una unidad de bombeo de un pozo consta de seis partes principales, que son: a) la máquina motriz, b) el cabezal de transmisión, c) eje de transmisión, d) tubería de impulsión, e) la bomba, y f) la tubería de succión (véase figura 2). De acuerdo al tipo de lubricación del eje de transmisión de la bomba, pueden ser de dos tipos: lubricadas con el mismo líquido que se bombea y lubricadas con aceite. Los motores eléctricos para montaje vertical y, sobretudo, los especiales llamados de eje hueco, son los más utilizados para accionar este tipo de bombas. La ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar en un rango amplio de velocidades. Entre sus desventajas tenemos lo ruidosas que son y la estricta verticalidad que exige a los pozos para su instalación. Los costos de instalación de este tipo de bombas son menores a los demandados por la instalación de una bomba de eje horizontal; sin embargo, la operación y mantenimiento exige cuidado especial y mayores costos.

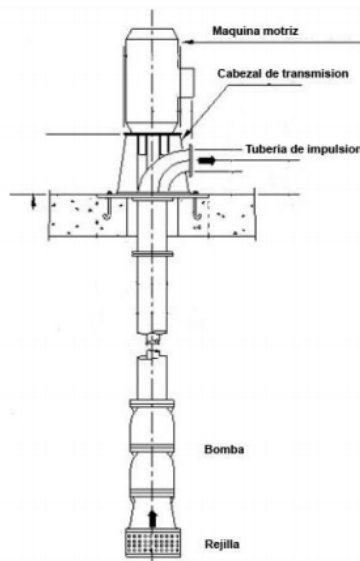


Figura 16. Bombas centrífugas verticales

Fuente: (Diseño de un sistema de automatización para la estación de bombeo de agua pág. 14)

c) **Bombas sumergibles:** son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de manera que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean en pozos muy profundos. Estas bombas tienen como desventaja poseer una eficiencia relativamente baja, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía (ver figura 17). Otra desventaja es que, al estar el motor y la bomba sumergidos, no existe forma de llegar a ellos cuando están instalados, en otras palabras, no es posible realizar el mantenimiento sin paralizar el bombeo. Los motores sumergibles están fabricados con velocidades de operación altas y son máquinas muy rígidas con respecto a la misma, no es posible hacer regulaciones durante la operación para variar la velocidad.

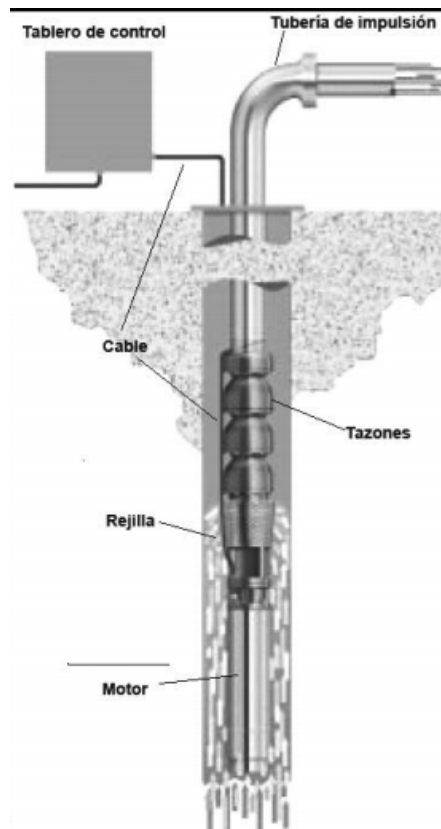


Figura 17. Bombas centrífuga sumergibles

Fuente: (Diseño de un sistema de automatización para la estación de bombeo de agua pág. 15)

4.1.2.2.4 Hidrantes

Los hidrantes son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendio. Los hidrantes públicos consisten de llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería que pueden usarse como llaves comunitarias pues pueden emplearlos varias familias dependiendo de su cercanía con el hidrante. Generalmente se ubican, cuando es posible, a distancias menores de 200 m, aunque pueden localizarse a distancias hasta de 500 m en lugares no muy densamente poblados. Los hidrantes públicos pueden tener una sola llave (hidrantes simples) o varias (hidrantes múltiples), y algunos disponen incluso de un pequeño almacenamiento. Es preferible que el hidrante simple no lo usen más de 70 personas, aunque un hidrante múltiple puede dar servicio a 250 o hasta 300 personas. Los hidrantes contra incendio son toma especial distribuida en las calles a distancias relativamente cortas, de fácil acceso con el fin de conectar mangueras para combatir incendios.

4.1.2.2.5 Tanques de distribución

Los almacenamientos o tanques son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. Según su construcción pueden ser superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio.

4.1.2.2.6 Tomas domiciliarias

La toma domiciliaria tiene como función el proporcionar del vital líquido de la red de distribución para conducirla a la instalación hidráulica intradomiciliaria. Se divide en dos partes conocidas como: ramal y cuadro. Se le llama ramal a la conexión que abarca desde el acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro. El cuadro es el conjunto de tubos y codos que forman una figura rectangular con el objeto de alojar un medidor y que sea cómoda su lectura. El cuadro generalmente se encuentra dentro del domicilio del usuario.

4.1.2.2.7 Medidores de una Red de distribución

Los principales tipos de medidores de una red de abastecimiento de agua son: Medidores de presión. Se utilizan manómetros metálicos (tipo Bourdon), manómetros diferenciales, y transductores de presión. Las señales analógicas de nivel (nivel continuo) se obtienen generalmente mediante transductores de presión con un valor de fondo de escala pequeño para mejorar la lectura. También se emplean ondas ultrasónicas, que miden la distancia desde las mismas a la superficie libre del agua, calculando el tiempo que tarda el sonido en recorrer la distancia onda-superficie libre-onda. Medidores de caudal/volumen. Existen muchos medidores para determinar tanto el caudal como el volumen circulante por una conducción. Se puede distinguir entre los que se basan en la medida de la velocidad del fluido (electromagnéticos, ultrasónicos, sondas Annubar), y los que acumulan el volumen consumido (contadores de chorro, de hélice tipo Woltmann, volumétricos, etc.). Existe además otra gama de medidores que determina el caudal instantáneo a partir de la medida instantánea de otras magnitudes (los medidores Venturi, los contadores proporcionales o los diafragmas o placas orificio).

4.2 Fase II: Identificar las fallas y puntos críticos del actual sistema de distribución de agua potable.

4.2.1 Identificación de las fallas del sistema de distribución de agua potable.

En el Conjunto Residencial Kerdell se pudo observar ciertas fallas para el sistema de control del suministro de agua potable el cual se dice que posee un sistema realizado por etapas y sin una proyección, ni cálculo adecuado en función del crecimiento de la edificación, por tal motivo se desconoce los elementos que lo conforman; actualmente el Conjunto Residencial Kerdell no cuenta con documentación de lo construido; el conjunto residencial posee tres torres en la cual cada una de estas tiene dos tanques de almacenamiento, un tanque aéreo y un tanque subterráneo de agua, dando un total de 6 tanques de los cuales se desconoce la capacidad útil, el uso real del sistema de bombeo, la capacidad del hidroneumático; la distribución de tuberías, sus diámetros, materiales y sentido del flujo, la ubicación y función de las válvulas instaladas como llaves de

paso y válvulas check, además parte del sistema se encuentra conformado por tuberías de hierro galvanizado instaladas hace más de 30 años, superando la vida útil de este material, la cual es de 25 años, trayendo como consecuencias, problemas de mantenimiento, obstrucción interna de la tubería que produce una disminución en la presión perjudicando la calidad del agua por presencia de partículas.

Por otro lado, los sistemas de abastecimiento de agua por parte de la empresa Hidrocentro actualmente presenta fallas que han dejado a los habitantes de la comunidad del conjunto residencial Kerdell sin servicio de agua. La ineficiencia de la red de distribución de agua potable, trae como consecuencia, la intermitencia o completa ausencia de distribución del vital líquido a la población del mencionado sector, esto se convierte en una gran preocupación para la comunidad, puesto que los problemas a afrontar son muchos cuando se carece de un recurso tan vital como lo es el agua.

Respecto a la red de agua potable una parte de ella está puesta de forma visible, sin embargo, el recorrido se pierde de vista al embonarse en paredes y pisos, éste cuenta con válvulas de seguridad cuya función es desconocida, pues no se sabe a qué torres abastece. Todos los inconvenientes mencionados anteriormente traen como resultado fallas en el sistema de agua potable del Conjunto Residencial Kerdell.

Por lo antes expuesto se hace notoria la importancia que amerita la toma de acciones cuando los sistemas de abastecimiento de agua para consumo se ven comprometidos. La necesidad que surge ante las fallas presentes en las redes de distribución alertan a la comunidad para encontrar una solución y de esta manera lograr tener un servicio más eficiente.

Por lo tanto, para dar respuesta al segundo objetivo, se ha procesado la información descrita anteriormente en una tabla, sobre las características estructuras del sistema de distribución de agua, condición actual y diagnóstico para visualizar directamente la situación de cada uno de ellos.

4.2.2 Puntos críticos del sistema de distribución de agua potable.

Un sistema de distribución de agua debe operarse adecuadamente, de modo que funcione con un nivel de servicio aceptable. Los operadores de estos sistemas deben tener como objetivo entregar agua de calidad adecuada a los consumidores, en cantidad y presión razonable. De esta manera, las variables críticas a tomar en cuenta son:

- Presión.
- Caudal.
- Niveles de agua en los tanques.
- Calidad del agua.

4.2.2.1 Presión

Para sistemas cuyas operaciones están basadas en la presión, los operadores normalmente trabajan sobre las bombas y válvulas, de manera que las presiones dentro del sistema se mantengan dentro de los límites aceptables, aunque esto último puede variar de un sistema a otro. En la mayoría de los casos deberían mantenerse por encima de 20 psi y por debajo de 100 psi. La presión mínima es de gran importancia, ya que ayuda a evitar la contaminación del suministro de agua potable por conexiones cruzadas. El control de esta variable se realiza a través de la instalación de dispositivos de medición (manómetros) en puntos adecuados de la red.

4.2.2.2 Caudal

El caudal también es un parámetro que se utiliza para controlar y operar un sistema de distribución de agua. El medir y contabilizar el volumen de agua que pasa a través de un elemento o componente de un sistema de acueducto, hace posible, calcular, controlar y gestionar el abastecimiento del agua al sistema y el consumo de los usuarios. En el caso de medición de caudales, es importante desagregar entre macro y micro medición. La macro-mediación, es aquella a través de la cual se totaliza la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada en la red de distribución; mientras que la micro-mediación mide la cantidad

de agua demandada en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

Además, la medición permite disminuir los porcentajes de pérdidas de agua en la red de distribución por fugas y conexiones ilegales. El caudal y presión están directamente relacionados entre sí, de esta manera cuando la presión en el sistema cae por debajo de límites aceptables, es porque el consumo en esa parte del sistema es elevado. Cuando esto ocurre es usual llevar a cabo dos tipos de maniobras, colocar bombas en servicio o ejercer control sobre las válvulas para dirigir el agua a las zonas donde se necesite.

4.2.2.3 Niveles de agua en los tanques

Los controles del nivel máximo del agua en un tanque de almacenamiento tienen la doble función de garantizar la seguridad de las estructuras y de evitar el desperdicio de agua. El control del nivel máximo se hace mediante un sensor de nivel conectado en alguna forma, ya sea mecánica o electrónica con la operación de una válvula a la entrada del tanque. Como todo mecanismo siempre puede fallar en el momento de su operación, es importante que el tanque disponga de un sistema de seguridad de funcionamiento totalmente automático como por ejemplo un vertedero libre, eventualmente conectado con una alarma.

El control del nivel mínimo del agua tiene la función de garantizar el buen funcionamiento del sistema evitando la entrada de aire en la tubería que se encuentra aguas abajo del tanque, como por ejemplo en la red de distribución de agua, o en la succión de la o las bombas. En este caso también el sistema está compuesto por un sensor de nivel conectado a una alarma, para que el operador intervenga, o en sistemas más actualizados, el sensor actúa directamente, para aumentar la entrada de agua al tanque.

4.2.2.4 Calidad del agua

La calidad del agua en un sistema de distribución va de la mano con las maniobras que ejecutan los operadores sobre los distintos componentes de las redes que constituyen una posibilidad de afectación de la calidad del agua. Las tuberías e instalaciones de

almacenamiento de un sistema de distribución constituyen una red compleja de reactores químicos y biológicos incontrolados que pueden producir variaciones significativas en la calidad del agua en el espacio y el tiempo, más aún si éstos no son operados de manera adecuada. Por esta razón, a medida que el agua fluye a través de la tubería, pueden ocurrir transformaciones y deterioro de la calidad del agua por interacciones con las paredes de la tubería, las cuales pueden ser de naturaleza física, química y microbiana.

Entre los factores principales que modifican esta calidad se encuentran:

- Fuentes externas que entran en el sistema de distribución.
- Contaminación por conexiones cruzadas o por juntas rotas en las tuberías.
- Corrosión de las tuberías de hierro y disolución del metal.
- Bajos residuales de desinfectante en tanques de almacenamiento, con largos períodos de retención.
- Reacciones de compuestos orgánicos e inorgánicos con desinfectantes, que pueden ocasionar problemas de olores y sabores.
- Recrecimientos bacterianos y refugio de los llamados patógenos oportunistas
- Incremento de turbiedad causada por re-suspensión de sólidos.
- Formación de subproductos de la desinfección, algunos de los cuales de carácter carcinogénico.

4.3 Fase III: Diseño de la automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, ubicado en el municipio Valencia, estado Carabobo.

4.3.1 Selección Controlador Lógico Programable

Si bien es cierto, que en el último par de décadas el auge de la tecnología en el ámbito de la automatización industrial ha crecido un gran porcentaje en comparación con décadas anteriores, esto es de gran ayuda a las empresas ya que estos avances aportan una gran variedad de productos y dispositivos que cada vez proporcionan más funciones que antes no se podían obtener con cualquier dispositivo de estos mismos.

Referente con lo anterior debido al gran crecimiento de dicha tecnología se ha visto también el crecimiento de las empresas que se dedican al diseño y producción de estos dispositivos, ya que cada día existen más opciones en el mercado por parte de diferentes fabricantes, lo cual permite escoger entre una gran cantidad de opciones para implementar en un proyecto de automatización de cualquier tipo.

Entorno al diagnóstico de cuál es el PLC más adecuado para el proyecto de investigación planteado, se deben considerar ciertas variables las cuales intervienen a lo largo de todo el proceso, dichas variables son de diferentes características ya que algunas de ellas son variables provenientes de señales digitales las cuales representan una variación discontinua con el tiempo y que sólo pueden tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida, en donde, la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo.

Según el estudio, las señales digitales no se producen en el mundo físico como tal, sino que son creadas por el hombre y tiene una técnica particular de tratamiento, como ya se explicó anteriormente, pueden tomar solo dos valores los cuales son tomados como “1” y “0”, en la practica el “1” es considerado con un valor de voltaje, que está establecido en la automatización industrial como un valor de 24V, por otro lado, el “0” se considera con un valor nulo de voltaje lo cual es 0V. Este tipo de señal es recibida de distintos dispositivos de seguridad utilizadas en el proyecto a realizar, ejemplos de esto, son los dispositivos de parada de emergencia, así como, de los relés térmicos.

Por su parte, también existen las señales analógicas las cuales tienen una gran diferencia de las señales digitales ya que este tipo de señal no es generada con la intervención del ser humano, sino que están representadas por magnitudes físicas tales como temperatura, luminosidad, humedad, fuerza, entre otros. Este tipo de señal son aquellas señales las cuales varían de forma continua a lo largo del tiempo y toman valores infinitos en un intervalo de tiempo finito. Este tipo de señal es muy utilizado para realizar el control de las diferentes magnitudes físicas mencionadas anteriormente.

Ya conociendo las características de los tipos de variables que intervienen a lo largo del proceso, se procede a evaluar la cantidad de variables de cada tipo, que son necesarias controlar para poder realizar la automatización del proceso actual del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell. A continuación, se enumerarán la cantidad de variables digitales que intervienen a lo largo de todo el proceso del sistema de control para el suministro de agua potable:

3 entradas digitales provenientes de los relés térmicos instalados en los sistemas de seguridad de los motores.

1 entrada digital proveniente del sistema de parada de emergencia.

4 salidas digitales para el encendido y apagado de los motores los cuales son utilizados para sistema de control.

1 salida digital para indicar que el sistema se encuentra en funcionamiento.

1 salida digital para indicar que el sistema se ha detenido.

1 salida digital para activar una alarma.

Atendiendo a estas consideraciones, se concluye que en el sistema planteado existen un total de 8 entradas digitales y 6 salidas digitales, ahora se procede a conocer la cantidad de variables analógicas que se deben controlar en el sistema planteado, las cuales se enumeraran a continuación.

1 entrada analógica proveniente de un sensor de nivel al tanque principal.

6 entrada analógica proveniente del sensor de nivel que se encuentra en cada tanque proveniente a cada torre del conjunto residencial.

1 entrada analógica proveniente de un sensor de presión al tanque principal.

1 entrada analógica proveniente de un sensor de caudal al tanque principal.

1 entrada analógica proveniente de un sensor de PH al tanque principal.

Con respecto a la numeración de las señales analógicas que se deben controlar a lo largo de todo el proceso, se tiene un total de 10 entradas analógicas las cuales son de suma importancia ya que estas señales analógicas serán las encargadas de llevar el control para el suministro de agua potable en los distintos procesos que conforman este sistema automatizado.

Una vez ya es conocido el número exacto de variables de entrada y de salida, tanto digital como analógicas, es posible diagnosticar cual es el PLC, más a adecuado para el sistema ha automatizar, y la opción más viable a utilizar es el SIEMENS S7-300, ya que este PLC ofrece una gran cantidad de funciones útiles que será requeridas en el sistema ha automatizar.

4.3.2 Controlador Lógico Programable Siemens S7-300

El mundo del S7-300 es encuentra dentro de una gran variedad de gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-300 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-300 son ideales para controlar tareas sencillas. En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-300 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

La gama S7-300 abarca distintos controladores lógicos programables (PLC) que pueden utilizarse para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, bajo costo y amplio juego de instrucciones, los PLC S7-300 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones. Los modelos S7-300 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización. La solución basada en el controlador SIMATIC S7-300, diseñado dentro de la categoría de "compactos", se compone del controlador SIMATIC S7-300 y los paneles SIMATIC HMI Basic, ambos programables con el software de configuración SIMATIC STEP 7 Basic. La posibilidad de programar ambos dispositivos con el mismo software reduce significativamente los costos de desarrollo.



Figura 18. Controlador S7-300 Compacto.

Fuente: www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut

4.3.2.1 Partes y Características del PLC Siemens S7-300

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica de programación del usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.

En la figura 18 se observa las partes del PLC S7-300.

1. Conector de corriente.
2. Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior).
3. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
4. LED de estado para las E/S integradas.
5. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

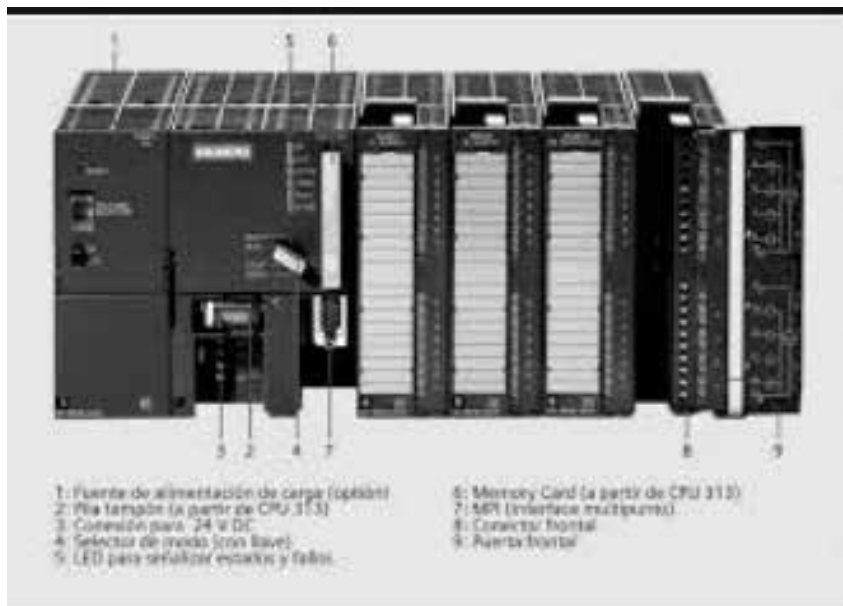


Figura 19. Partes del PLC S7-300

Fuente: www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut

El PLC Siemens S7-300 contiene las siguientes partes:

- **Módulo de señales:** las mayores CPU admiten la conexión de hasta ocho módulos de señales, ampliando así las posibilidades de utilizar E/S digitales o analógicas.
- **Señales integradas:** un módulo de señales integradas puede enchufarse directamente a un CPU. De este modo pueden adaptarse individualmente las CPU, añadiendo E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador. El diseño modular del SIMATIC S7-300 garantiza que siempre se podrá modificar el controlador para adaptarlo perfectamente a cualquier necesidad.

- **Módulos de comunicación:** toda CPU SIMATIC S7-300 puede ampliarse hasta con tres módulos de comunicación. Los módulos de comunicación son RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres. Esta comunicación se programa y configura con sencillas instrucciones, o bien con las funciones de librerías para protocolo maestro o esclavo USS Drive y Modbus RTU, que están incluidas en el sistema de Ingeniería SIMATIC TIA PORTAL.

4.3.2.2 Capacidad de la CPU

La gama S7-300 ofrece una gran variedad de módulos de señales y SignalBoards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular.

El SignalBoard (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC).
- SB con 1 entrada analógica.

4.3.2.1 Ventajas del PLC S7-300

- Poco espacio de ocupación.
- Elaboración de proyectos en menor tiempo.
- Posibilidad de modificación sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Economía en su mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Tiempo mínimo de puesto en marcha.
- Instalación rápida y sencilla para el cliente.
- Transmisión de velocidad de hasta 45 Megabits por segundo.
- Tecnología de banda ancha.
- Alimentación única, voz y datos
- Sin necesidad de cableado adicional ni obras.
- Conexión de equipo.

- Transmisión simultánea de datos.
- Permanente conexión de datos (24 horas del día)
- Suministro eléctrico constante.

4.3.3 Programación de la automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell.

La programación, es la acción de ordenar y estructurar una serie acciones de forma cronológica para cumplir un objetivo, en el caso de un proyecto de automatización, la programación es la cargada de controlar todos los procesos que requieran, para realizar esto existen una gran variedad de lenguajes de programación, sin embargo, debido a su simplicidad para entender e interpretar sus instrucciones, el lenguaje de programación más utilizado para realizar la acción de automatizar un proceso es Ladder (KOP), también llamado diagrama de escalera o diagrama de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

4.3.3.1 Crear un proyecto en Step 7 Simatic

Al crear una solución de automatización con Step 7 se deben realizar una serie de pasos que se describirán a continuación. La figura 20 muestra las tareas básicas que se deben realizar en la mayoría de los proyectos, las cuales aparecen representadas en la forma de organigrama, al cual nos referiremos como "guía de orientación de Step 7".

Como muestra la figura 20, hay dos procedimientos alternativos:

- Puede configurar primero el hardware y programar luego los bloques.
- Programar primero los bloques sin tener que configurar antes el hardware. Esto es especialmente recomendable cuando se deban realizar trabajos de mantenimiento, p.ej. al integrar bloques programados en un proyecto ya existente.

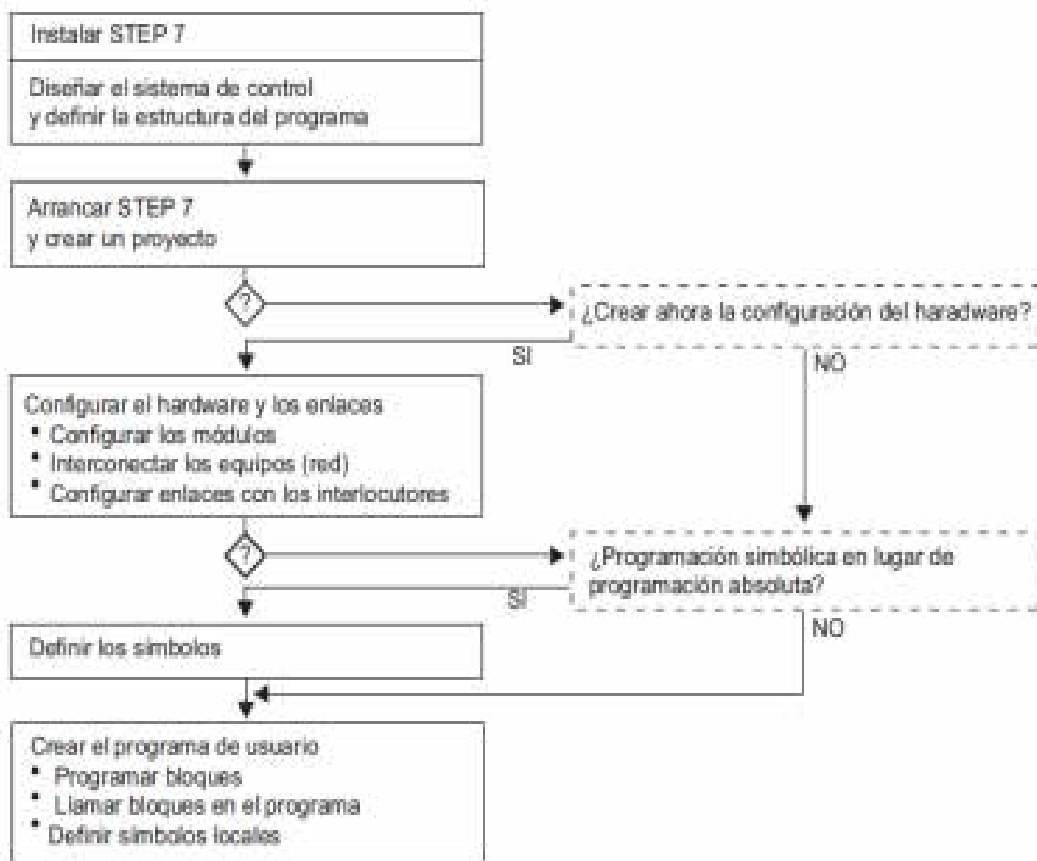


Figura 20. Guía de Orientación Step 7 para inicializar un proyecto

Fuente: Manual Siemens

4.3.3.2 Primeros pasos a realizar

- **Instalar STEP 7 y claves de licencia Al utilizar STEP 7**

Por primera vez, es preciso instalar el software y transferir las claves de licencia residente en el cd al disco duro (consulte también Instalar STEP 7 y Autorización).

- **Diseñar el control Antes de trabajar con STEP 7**

Planifique su solución de automatización dividiendo primero el proceso en diversas tareas y creando luego un plano de configuración (consulte también Procedimiento básico para diseñar una solución de automatización). Se realizó el sistema de control para el suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell a través de un diagrama de bloques.

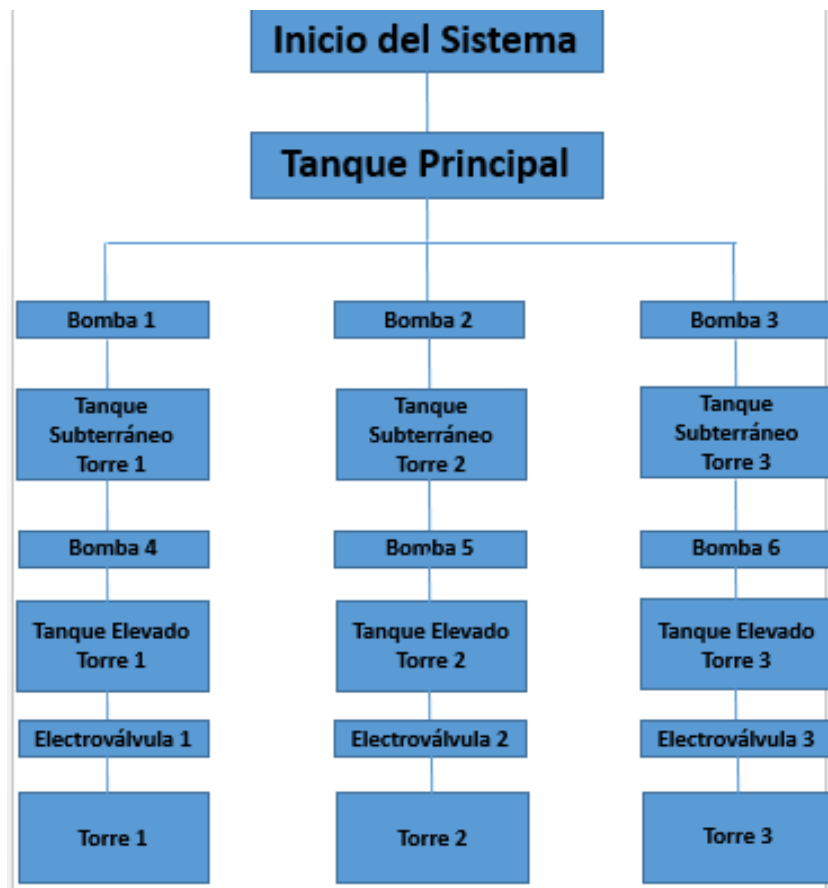


Figura 21. Diagrama de bloques del proceso de Automatización

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 21 se puede observar el diagrama de bloques del sistema de automatización el cual especifica un inicio del sistema en el que dando agua potable al tanque principal de la Residencia Kerdell, este tanque principal es el tanque primario de la residencia y se encarga de distribuir a cada torre, desde el tanque principal salen 3 bombas que están conectadas al tanque subterráneo de cada torre permitiendo el llenado de agua. Seguidamente cada tanque subterráneo con su bomba asociada se encarga de enviar el agua para el tanque elevado y este a su vez por gravedad se encarga de surtir a cada uno de los habitantes de cada una de las torres especificadas.

- **Iniciar STEP 7**

STEP 7 se arranca desde la interfaz de Windows (consulte también Arrancar STEP 7).

- **Crear la estructura del proyecto**

Un proyecto es una carpeta que contiene todos los datos estructurados jerárquicamente, estando disponibles en cualquier momento. Tras crear un proyecto, todos los demás trabajos se realizan en el mismo.

- **Crear el equipo**

Al crear el equipo se define el sistema de automatización utilizado: p.ej. SIMATIC 300, SIMATIC 400, SIMATIC S5. Para el trabajado de grado se utilizó el SIMATIC 300 el cual es defino como PLC Simatic S7-300, el cual este fue explicado y escogido en la fase I.

En la figura 22 se puede observar que después de crear la estructura y la carpeta para el proyecto, se procede al crear el equipo el cual es aquel en donde se inserta el PLC Simatic 300, dándole clic izquierdo insertar nuevo objeto y luego clic en Simatic 300.

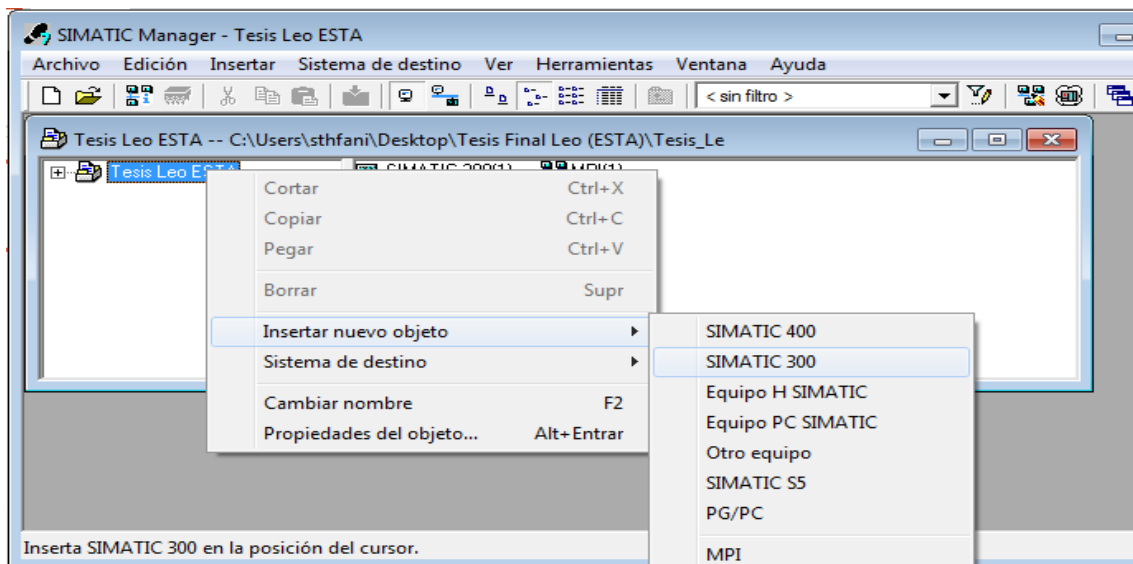


Figura 22. Crear el equipo Simatic 300.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

- **Configurar el hardware**

Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se utilizarán para la solución de automatización y a través de qué direcciones se accederá a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros.

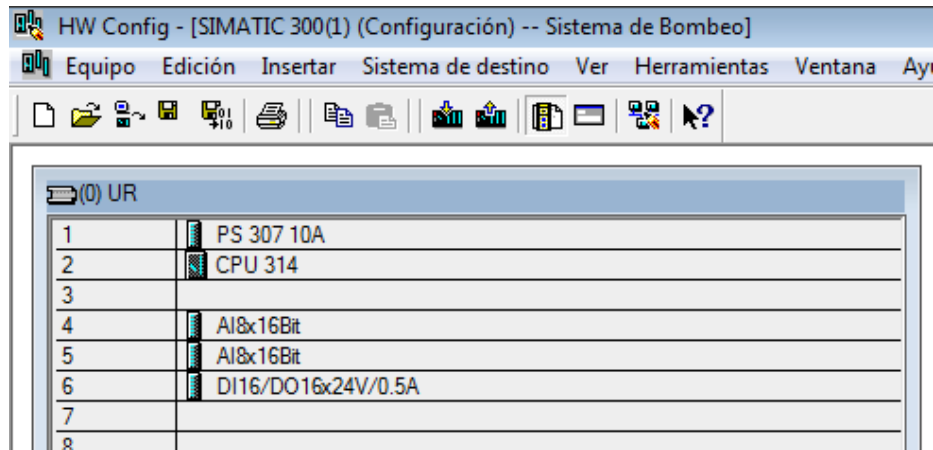


Figura 23. Insertar bastidor
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 24 se observa que para configura el hardware primeramente hay que insertar el bastidor, el cual es el modulo principal que se utiliza para insertar todas las demás variables.

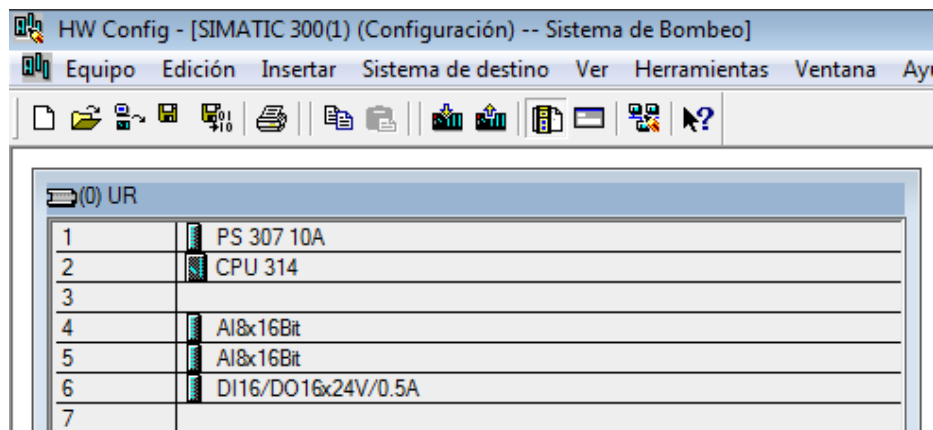


Figura 24. Insertar el CPU
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 24 se observa que en el proyecto se utilizó una CPU-314, la cual tiene una memoria de trabajo de 192 KB, se insertó dos módulos de entradas analógicas, módulo de entrada y salidas digitales y por último también se insertó una fuente PS 307 10A.

4.3.3.3 Descripción y Simulación de la programación

Para el programa de automatización se creó únicamente un OB1 que se encuentra en el Main principal, donde se verá la automatización para el sistema de control para el suministro de agua potable para la Residencia Kerdell. Antes de realizar la descripción de cada segmento que comprende el programa es importante definir las variables del programa utilizadas.

- **Definir Símbolos**

En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres autoexplicativos que se utilizarán luego en el programa.

En la figura 25 se observa la tabla de símbolos en la cual está especificado con nombre cual fue la entrada y salida utilizada para el proyecto, por otro lado también se especificó el OB, bloques de funciones y funciones particulares para la realización de la automatización del sistema de distribución de agua.

	Estado	Símbolo	Direcció /	Tipo de dato	Comentario
10		EVT3	A 1.1	BOOL	Electrovalvula torre 3
11		Datos bomba	DB 1	FB 1	Data block del funtion block BOMBA
12		Parada_emergencia	E 0.0	BOOL	Parada de emergencia
13		SCBST1	E 0.1	BOOL	Sobre carga bomba subterranea torre 1
14		SCBST2	E 0.2	BOOL	Sobre carga bomba subterranea torre 2
15		SCBST3	E 0.3	BOOL	Sobre carga bomba subterranea torre 3
16		SCBAT1	E 0.4	BOOL	Sobre carga bomba aerea torre 1
17		SCBAT2	E 0.5	BOOL	Sobre carga bomba aerea torre 2
18		SCBAT3	E 0.6	BOOL	Sobre carga bomba aerea torre 3
19		Bomba	FB 1	FB 1	Funtion block de control de Bomba
20		Escalamiento	FC 1	FC 1	Funcion de escalamiento
21		Control de START/ST...	FC 2	FC 2	Funcion de control de inicio y parada del sistema
22		BombaST1	M 0.0	BOOL	bomba subterranea torre 1
23		BombaST2	M 0.1	BOOL	bomba subterranea torre 2

Figura 25. Tabla de símbolos

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

· Bloques del proyecto

En un proyecto de gran envergadura, se deben controlar una gran cantidad de variables de entradas y de salidas, para que se pueda tener un proyecto organizado y que se pueda comprender al momento de realizar una modificación, se dispone de diferentes herramientas con las cuales se puede ordenar un proyecto, en el presente trabajo de investigación se presenta un proyecto el cual está organizado en diferentes bloques tales como, bloques de organización (OB), así como de diferentes bloques de función (FB), funciones (FC) y por último bloques de datos (DB), cada uno de estos bloques son de gran importancia para cumplir cada uno de los requerimientos del sistema a automatizar. A continuación se nombrarán los diferentes bloques y funciones que conforman el proyecto.

Funciones

Se crearon principalmente 2 funciones, de la cual la primera FC1 es aquella que se encarga de realizar el escalamiento de las funciones. Es importante realizar el escalamiento de cada función ya que en el sistema de control automático para el bombeo de agua se trabaja con 8 variables analógicas. El escalamiento de cada señal analógica se encarga de transformar la señal de corriente de cada sensor a utilizar a una señal real. (Ver figura 26).

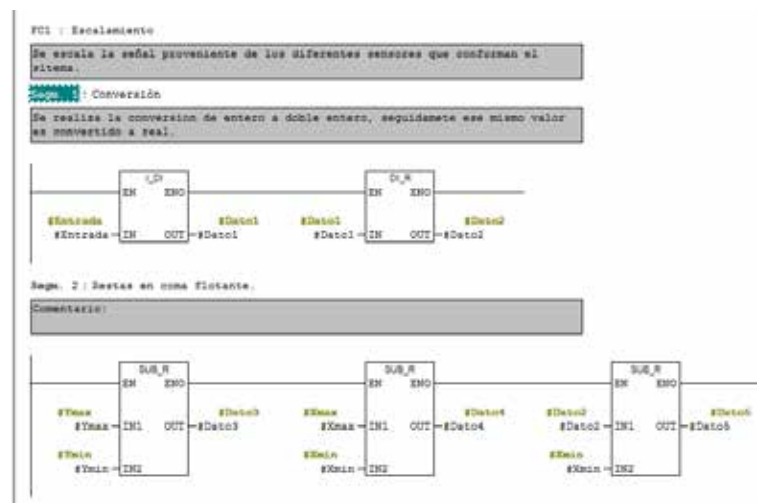


Figura 26. Función 1 Escalamiento de la señal analógica

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

: 1 Leer hora reloj del plc.

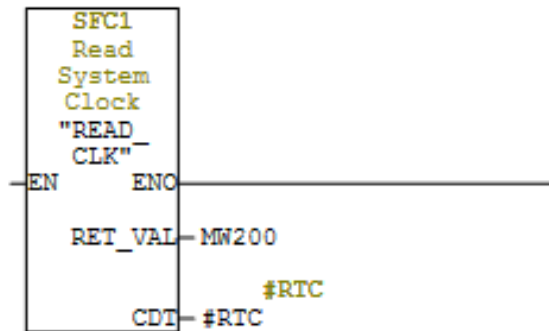


Figura 27. Leer la hora del PLC

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 26 se puede observar cómo se lee la hora del PLC, específicamente usando una función que trae prediseñada el STEP7, esta función es el SFC1 Read System Clock.

Seguidamente para hacer el racionamiento se especificaron 3 tipos de horarios dependiendo del nivel del tanque.

- Racionamiento con nivel estable.

En el racionamiento del nivel estable, el nivel del tanque tiene que estar entre un 80% y 60% para hacer el racionamiento por un bloque de 4 horas en la mañana y 4 horas en la tarde. Se estableció un horario de 6 a 10am y de 4 a 8pm. (Ver figura 28).

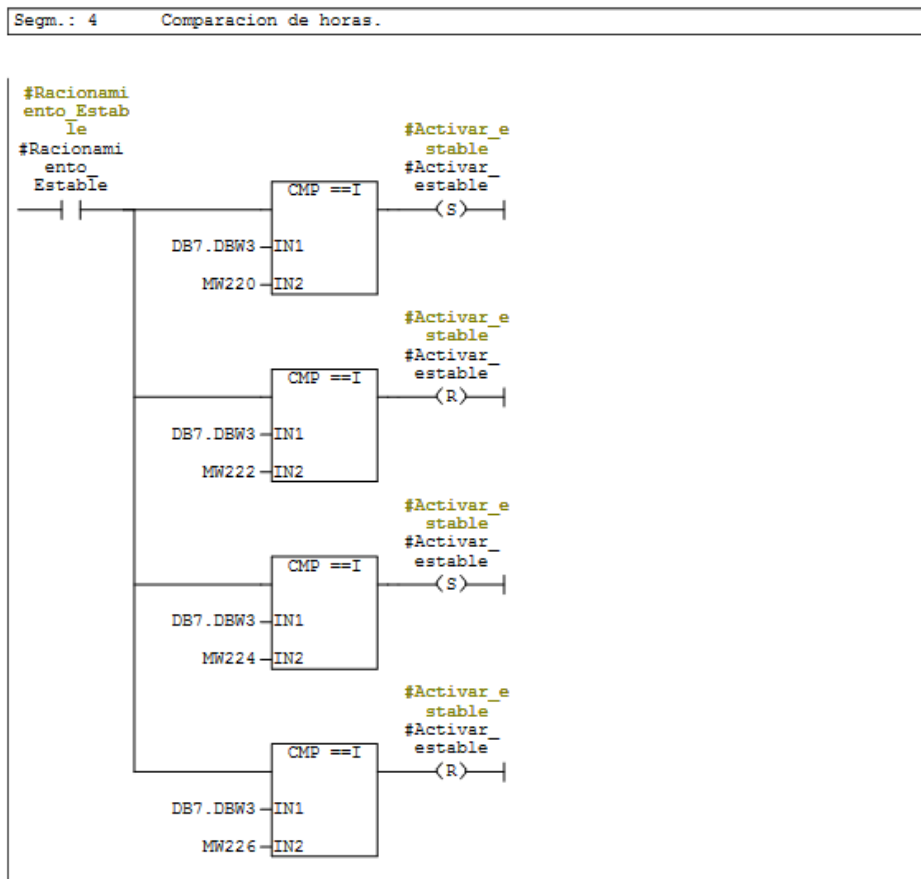
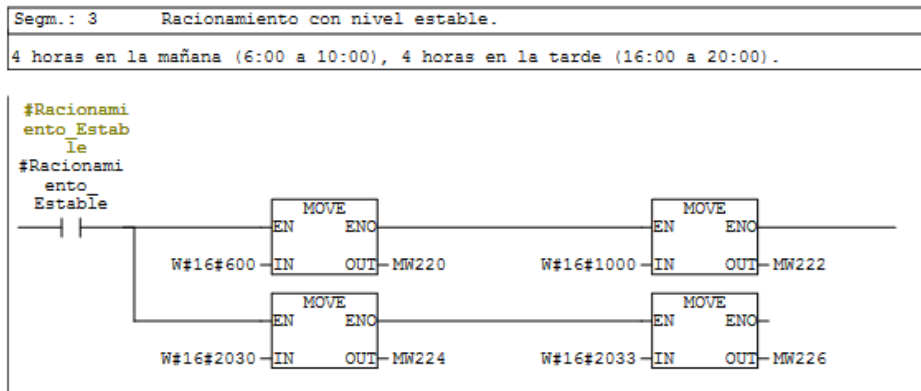


Figura 28. Racionamiento con nivel estable.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

- Racionamiento con nivel intermedio.

En el racionamiento del nivel intermedio, el nivel del tanque tiene que estar entre un 60% y 40% para hacer el racionamiento por un bloque de 2 horas en la mañana y 2 horas en la tarde. Se estableció un horario de 6 a 8am y de 4 a 6pm. (Ver figura 29).

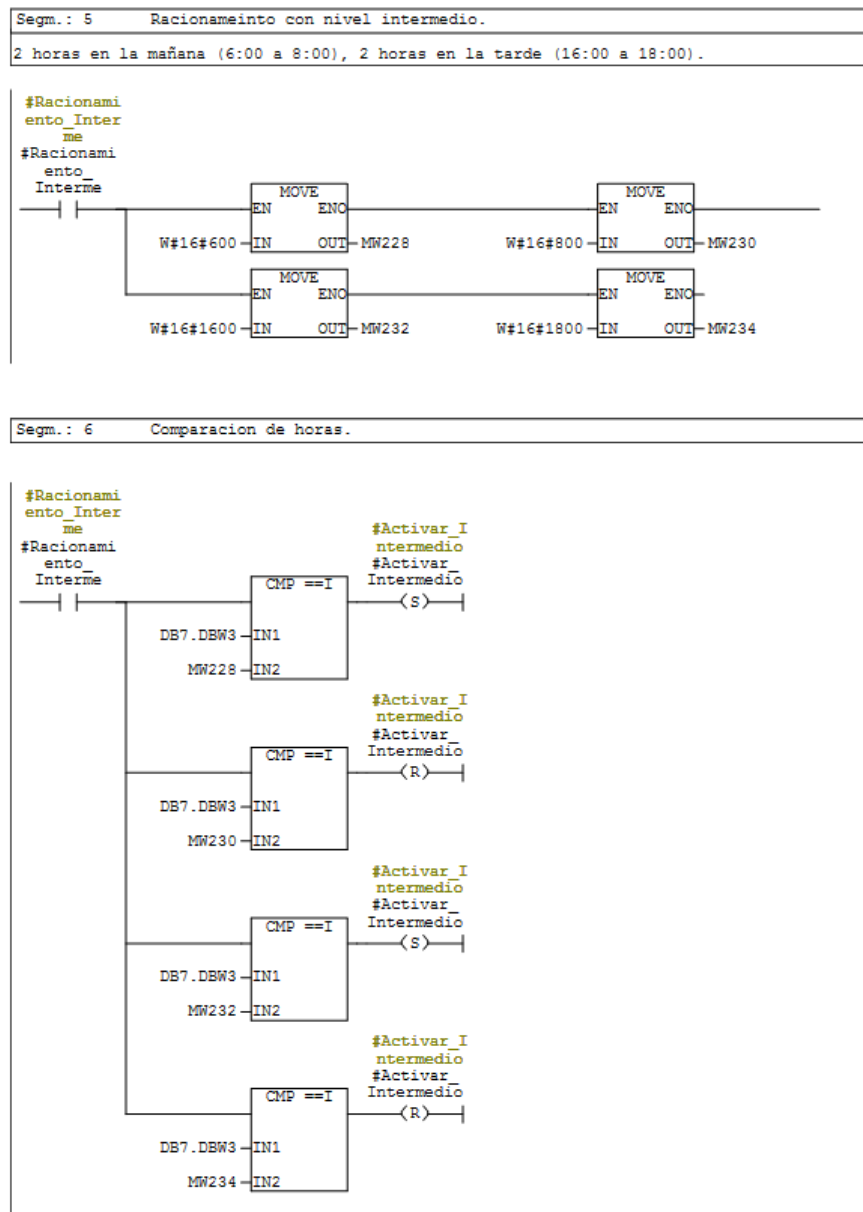


Figura 29. Racionamiento con nivel estable.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

- Racionamiento con nivel crítico.

En el racionamiento del nivel crítico, el nivel del tanque tiene que estar entre un 40% y 20% para hacer el racionamiento por un bloque de media hora en la mañana y media hora en la tarde. Se estableció un horario de 6 a 6:30am y de 4 a 4:30pm. (Ver figura 30).

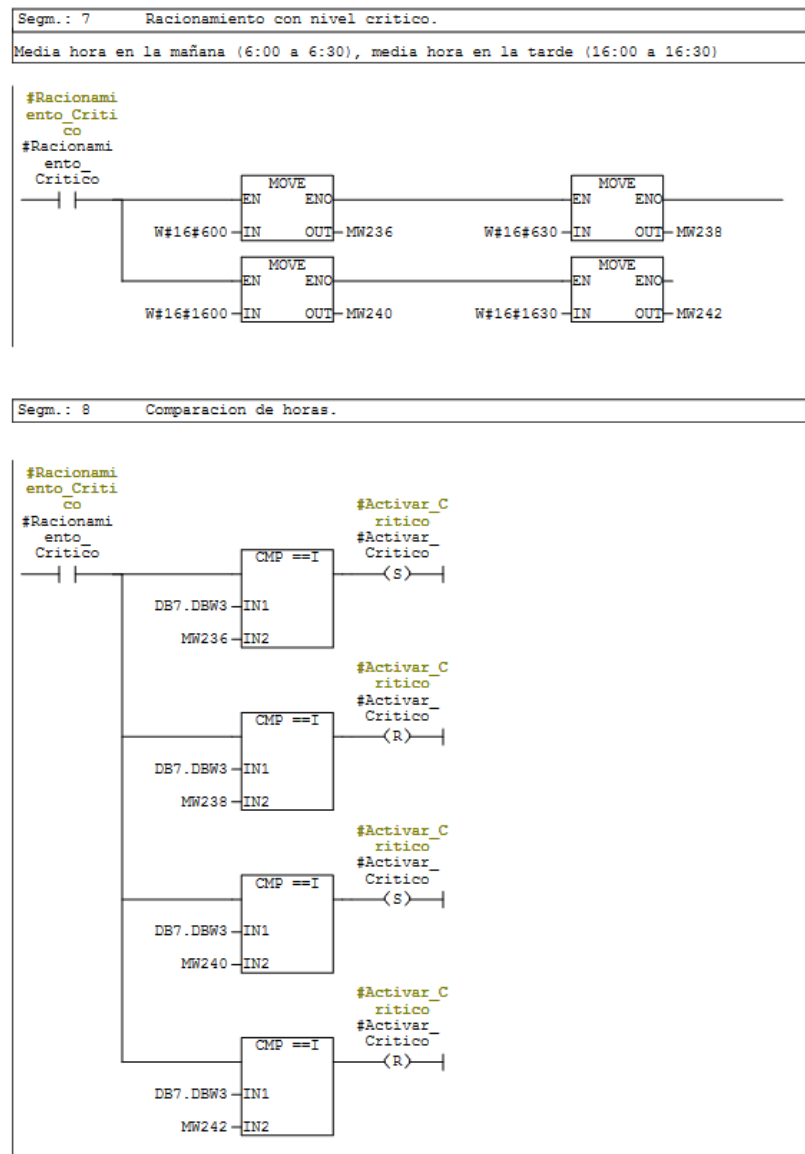


Figura 30. Racionamiento con nivel crítico.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Bloques de Funciones

Se crearon 6 bloques de funciones el cual controla la sobre carga de la bomba, paradas de emergencia y mantenimiento. Se realizaron 6 bloques de funciones especificados para tres torres y dos tanques, por lo que se controlan 6 motores para cada tanque de cada torre en específico. (Ver figura 31).

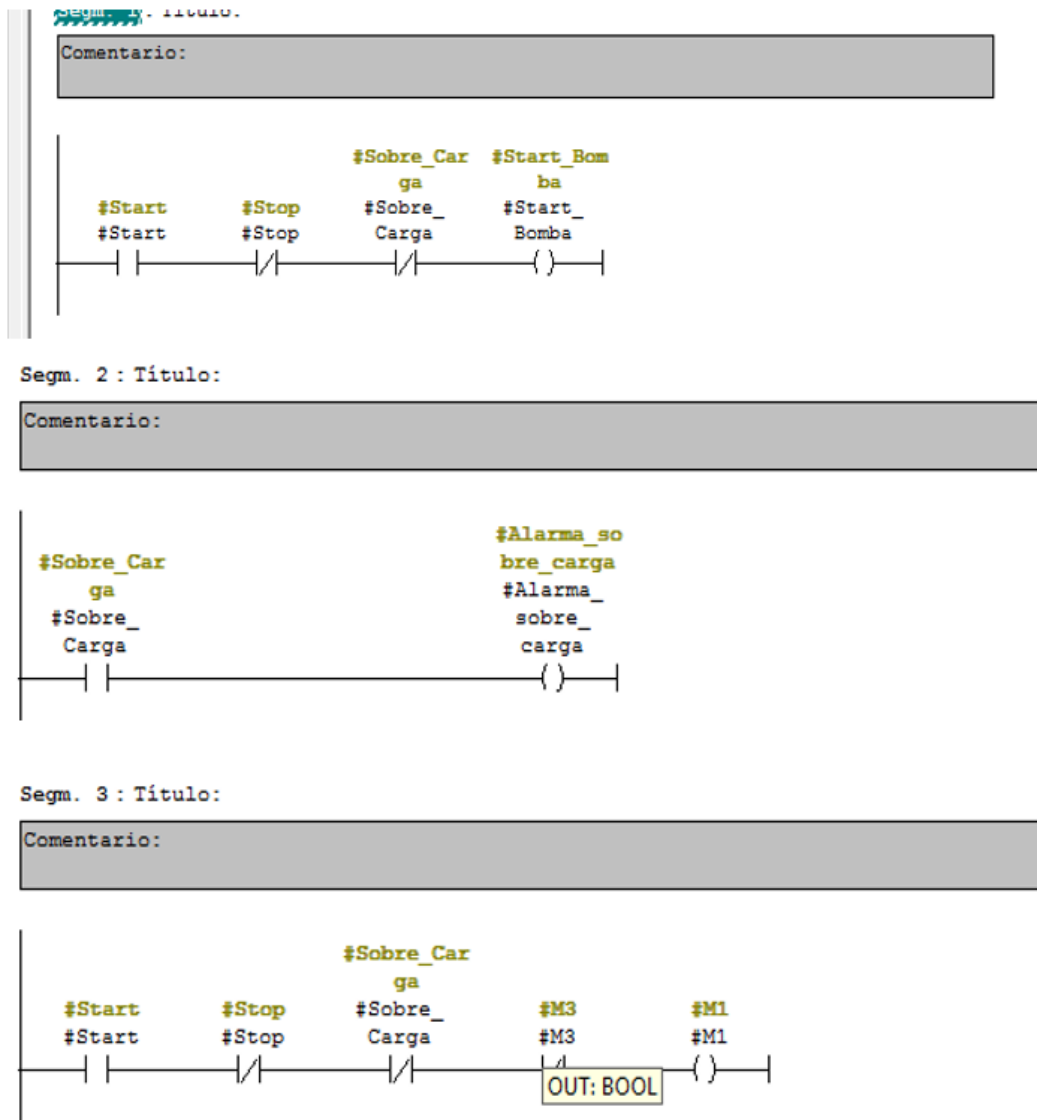
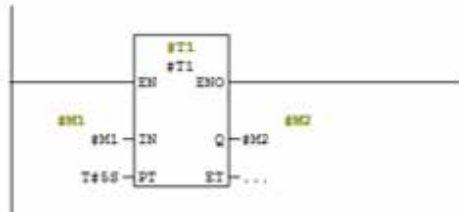


Figura 31. Bloque de Función bomba 1.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

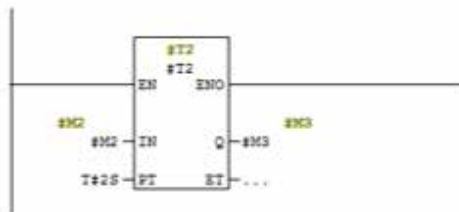
Segm. 4 : Titulo:

Comentario:



Segm. 5 : Titulo:

Comentario:



Segm. 6 : Titulo:

Comentario:



Segm. 7 : Titulo:

Comentario:

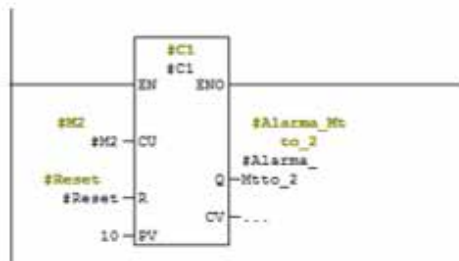


Figura 32. Bloque de Función bomba 2.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

OB principal

Para el OB principal usando la función de escalamiento se hizo el escalado de la señal del nivel de agua proveniente del tanque principal, es importante tener el tanque principal completamente monitoreado ya que este mismo se encarga directamente de surtir a los 6 tanques de cada torre que comprende el conjunto residencial. (Ver figura 33).

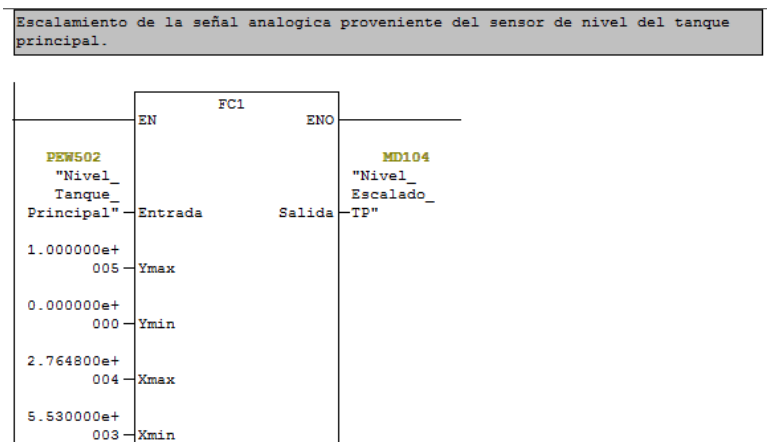


Figura 33. Escalamiento del tanque principal

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

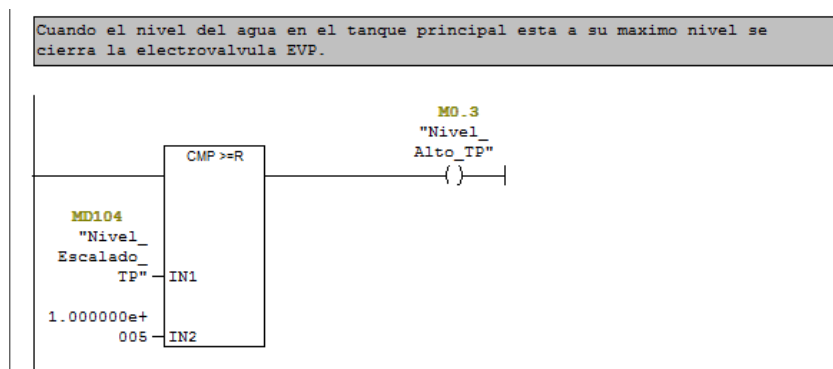


Figura 34. Cierre de la electroválvula 1

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Cuando el nivel del tanque principal se encuentra en su máximo nivel se cierra la electroválvula 1 de manera que el tanque principal no sufra un desborde de agua. (Ver figura 34).

Cuando el nivel del tanque principal se encuentra en un 3% de su capacidad máxima, este mismo no permite el encendido de la bomba principal hacia los demás tanques de cada torre. (Ver figura 35)

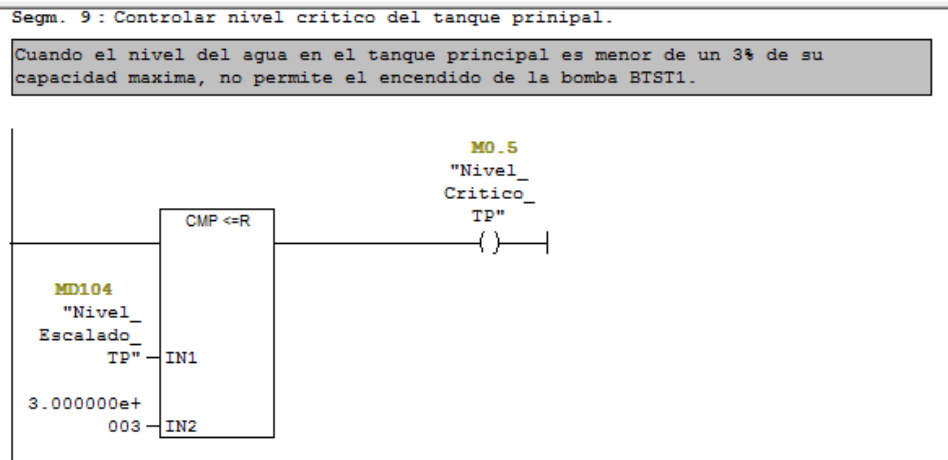


Figura 35. Tanque principal nivel crítico.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 36 se puede observar el escalamiento del nivel del tanque subterráneo que tiene la torre 1.

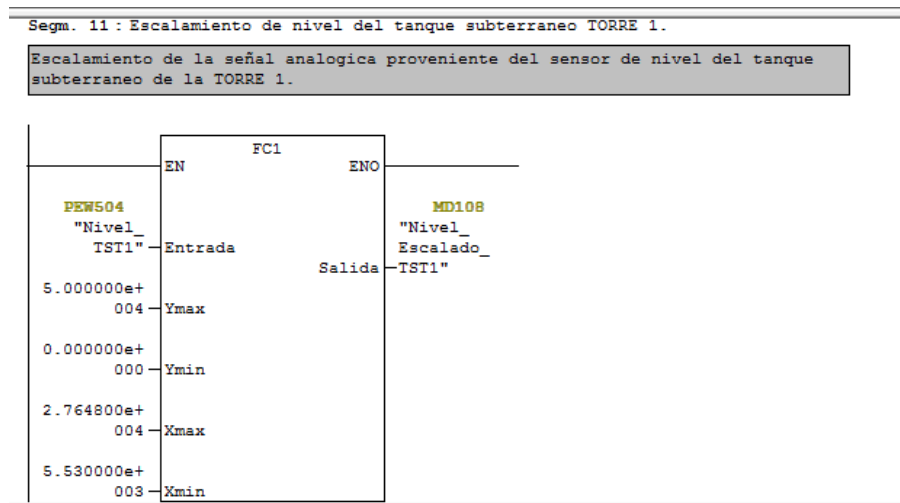


Figura 36. Escalamiento del tanque subterráneo torre 1
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 37 se puede observar cómo se controla el tanque subterráneo para un nivel bajo, se define como nivel bajo de la señal un 50% de su capacidad, de tal manera que activa su bomba principal. Esta condición se realiza para que nivel del tanque no llegue a su nivel crítico y los habitantes puedan tener agua constantemente.

Segm. 13 : Controlar nivel bajo del tanque subterraneo TORRE 1.

Quando el nivel del agua en el tanque subterraneo de la torre 1 esta a un 50% de su capacidad maxima enciende la bomba BTST1.

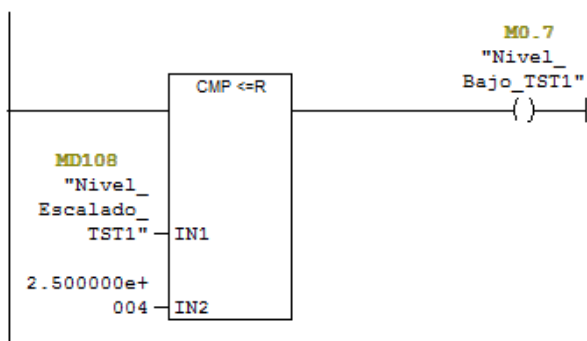


Figura 37. Tanque subterráneo nivel bajo.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Segm. 16 : Controlar nivel critico del tanque subterraneo TORRE 1.

Quando el nivel del agua en el tanque subterraneo de la torre 1 es menor de un 3% de su capacidad maxima, no permite el encendido de la bomba BTAT1.

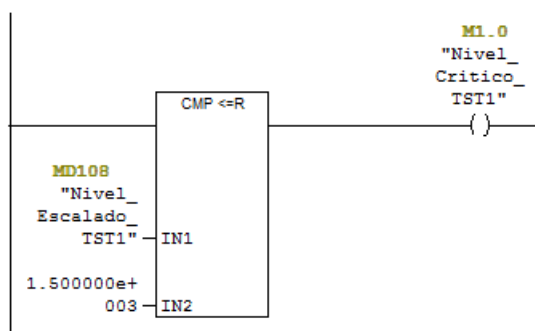


Figura 38. Tanque subterráneo nivel crítico.

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 38 se puede observar, cuando el nivel del tanque subterráneo se encuentra en un nivel crítico se activa la alarma de nivel crítico, por otro lado, no

permite que se encienda la bomba para mandar agua al tanque aéreo, de esta manera se hace una protección a la bomba.

Seguidamente se hace el control del nivel de tanque aéreo, si el nivel de agua del tanque aéreo está en su máxima capacidad se apaga la bomba de esta manera el tanque no tiene desborde de agua.

Segm. 20 : Controlar nivel alto del tanque aereo TORRE 1.

Cuando el nivel del agua en el tanque aereo de la torre 1 esta a su maximo nivel apaga la bomba BTAT1.

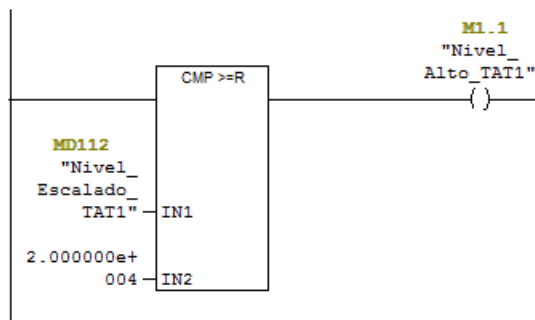


Figura 39. Tanque aéreo máximo

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

En la figura 40 se observa que el nivel del tanque aéreo se encuentra en un 80% de su capacidad máxima enciende la bomba de tal manera que el tanque aéreo siempre este con alta capacidad, ya que de aquí los habitantes se surten directamente para cada apartamento.

Segm. 21 : Controlar nivel bajo del tanque aereo TORRE 1.

Cuando el nivel del agua en el tanque AEREO de la torre 1 esta a un 80% de su capacidad maxima enciende la bomba BTAT1.

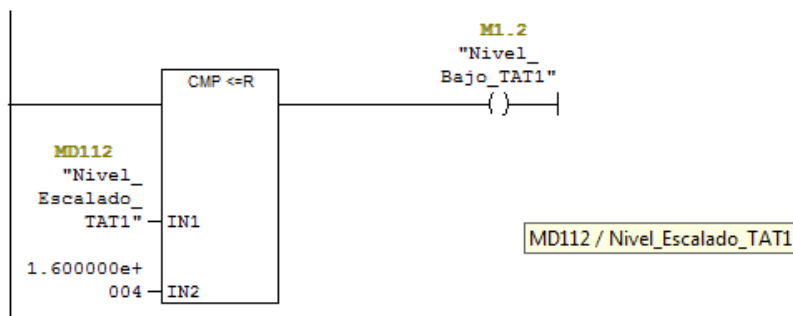


Figura 40. Tanque aéreo 80% de su capacidad máxima

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Por último, se diseñó la interfaz HMI, la cual consta de 7 pantallas principales que describen claramente todo el proceso para el sistema de control de automatización y suministro de agua potable de la residencia Kerdell.

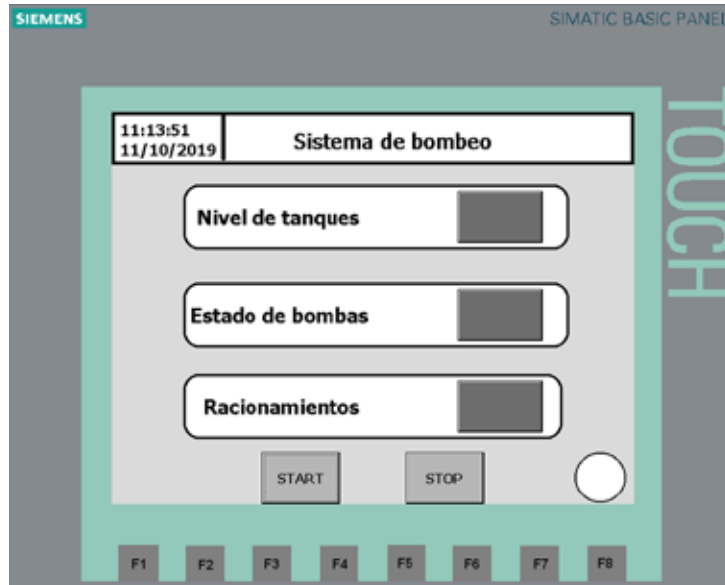


Figura 41. Pantalla HMI principal
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

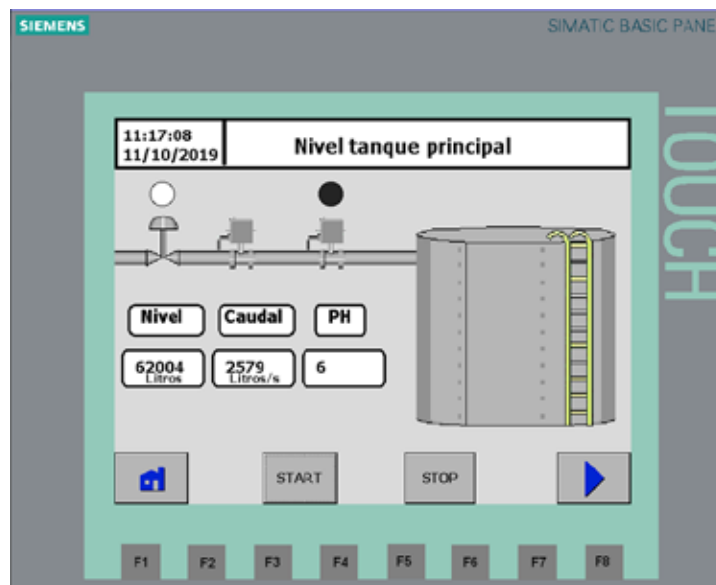


Figura 42. Pantalla HMI Nivel del tanque principal
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

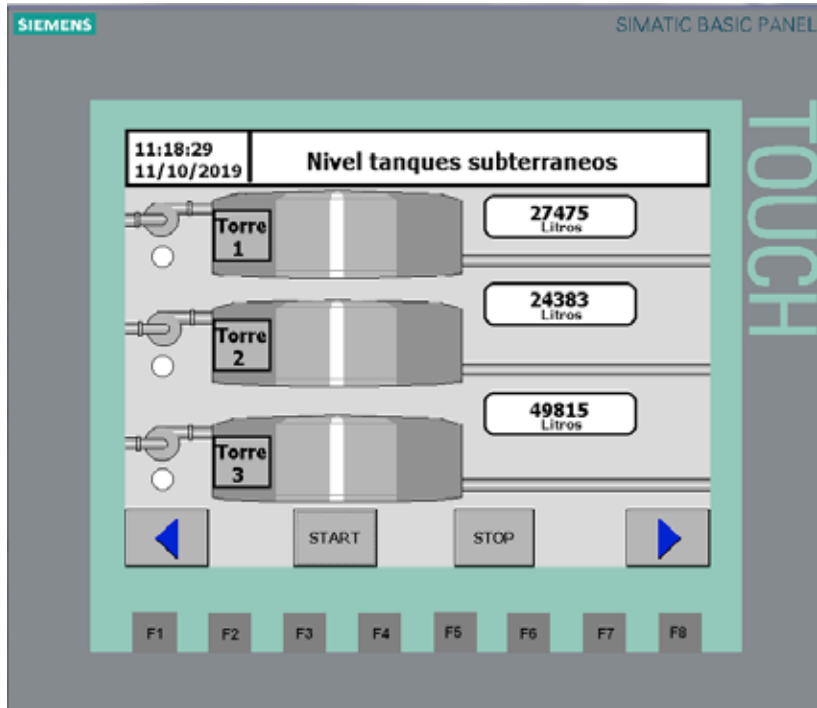


Figura 43. Pantalla HMI Nivel de los tanques subterráneos.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

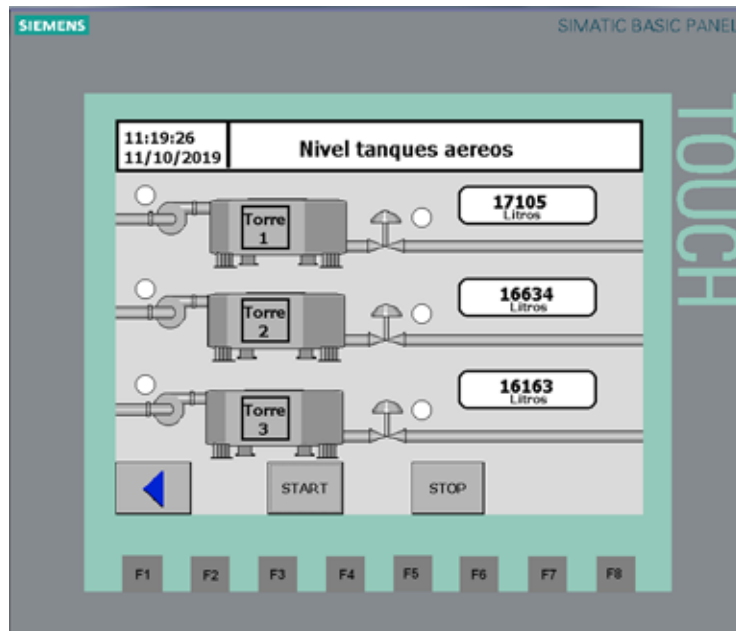


Figura 44. Pantalla HMI Nivel de los tanques aéreos.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

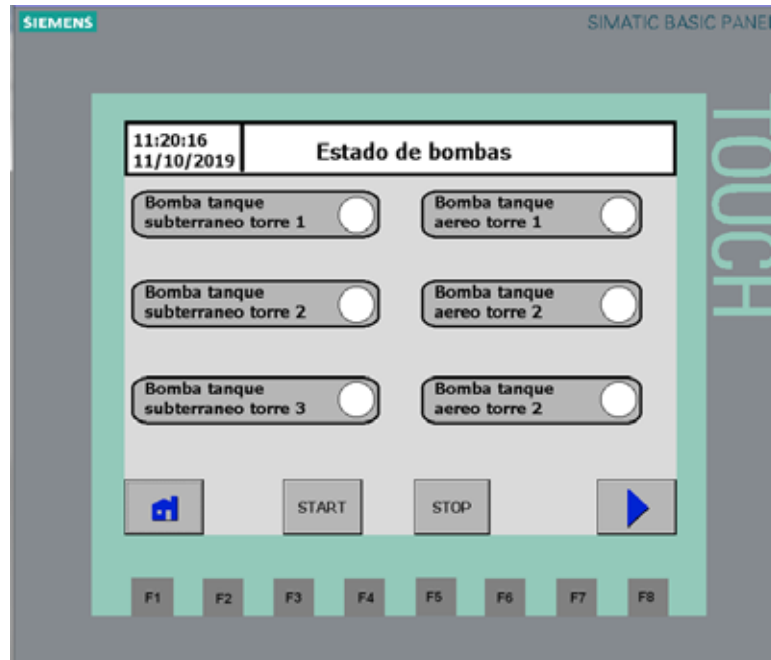


Figura 45. Pantalla HMI estado de las bombas.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

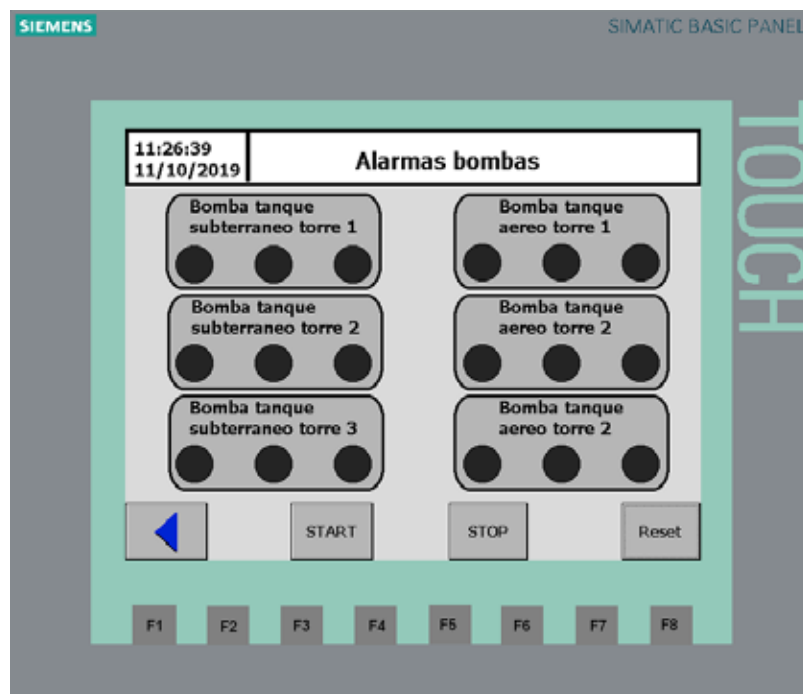


Figura 46. Pantalla HMI alarma de las bombas.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

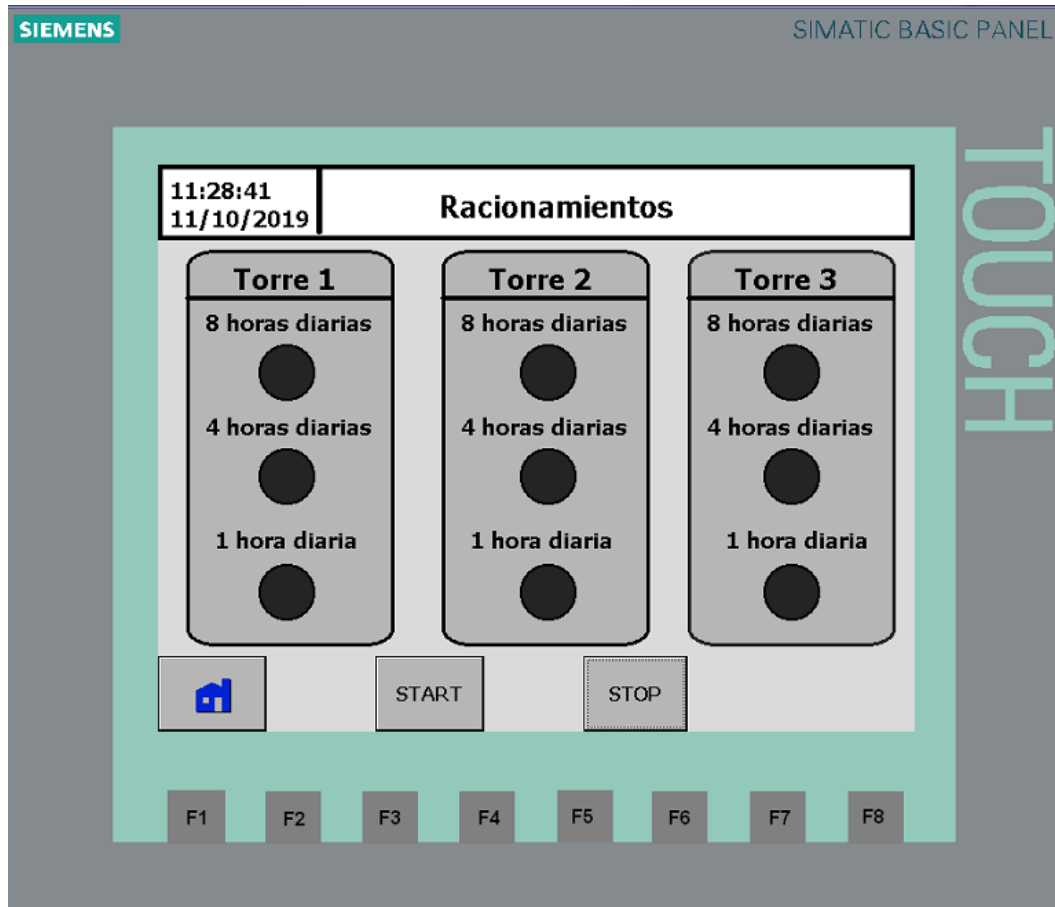


Figura 47. Pantalla HMI racionamiento del agua.
Fuente: Arenas, Higuera (2019)

4.4 Fase VI: Estudio de factibilidad económico, social y ambiental

El sistema se trata del diseño para una posible implementación de nuevas tecnologías para el control de un sistema que hasta el momento se encuentra en funcionamiento, pero de un modo obsoleto considerando los avances tecnológicos de la época. Con la implementación del nuevo sistema mejorará la calidad del servicio de agua potable.

4.4.1 Costos

La Tabla 2 muestra la lista de materiales necesarios para el proyecto con sus respectivos costos. La mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante

pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de Mercado Libre, Amazon, EBay y otros. Mientras que la Tabla.3 presenta el costo de mano de obra calculado en un 30% del costo total de los materiales.

Tabla 2. Lista de materiales

Ítem	Cant.	Nombre	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	7	Sensor de nivel Modelo: Angulo Recto	Con salida 4 - 20 mA	6\$	42\$
2	1	Sensor de caudal Modelo: 10H22- KA0A1AA0A0AA Marca: Endress Hauser Promag h 10.	Caudalímetro electromagnético con salida 4 - 20 mA	150\$	150\$
3	1	Sensor de PH Modelo: D170	Con salida 4 - 20 mA	170\$	170\$
4	1	Sensor de presión Modelo: mercury Mercruiser	Con salida 4 - 20 mA	110\$	110\$
5	1	PLC Siemens S7-300	Modelo compacto	320\$	700\$
6	1	HMI KTP - 600	Modelo Panel View Plus	1000\$	1000\$
7	20m	Cable canal 20x10mm 2m	Color negro	1.5\$	30\$
8	1	Caja metálica externa	Para PLC	60\$	60\$
9	1	Módulo de entradas y salidas digitales.	Para PLC	150\$	150\$
10	2	Módulos analógicos	Para PLC	200\$	400\$
11	1	Fuente de alimentación	Para PLC	150\$	150\$
				TOTAL:	2962\$

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Tabla 3. Costo de mano de obra

COSTOS	TOTAL (IVA incluido):
COSTO DE MANO DE OBRA. 30 % DEL COSTO DE MATERIALES.	890 \$
COSTO DE LA INGENIERÍA	300\$
TOTAL (IVA incluido):	1190\$

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

El costo de mano de obra de la Tabla 3 se refiere al costo de montaje y puesta en funcionamiento de cada uno de los componentes del proyecto. Mientras que el costo de ingeniería se refiere al salario del ingeniero a cargo del diseño y estudio del proyecto teniendo en cuenta una duración del trabajo de tres meses.

4.4.2 Evaluación económica

4.4.2.1 Pérdidas por casos de averías de motores

Se estima que en el 50% de los casos son causados por el sobrecalentamiento de los motores debido a las condiciones de trabajo ininterrumpidas. Con un sistema de control riguroso se pueden disminuir estos casos al 10%, teniendo la posibilidad de llegar al 0% de fallas por sobrecalentamiento. Con esto se lograría ahorrar tanto en costo de mantenimiento como en pérdidas por fuera de servicio. Aunque esto último en casos eventuales porque hay una baja probabilidad de que todos los motores se averíen al mismo tiempo, pero no se puede descartar la posibilidad. El costo por mantenimiento por parte de un técnico es de 50\$. Rebobinado 100\$. Por lo anterior, se estima un total de ahorro de aproximadamente: 800\$.

Con la implementación de la alternativa seleccionada se estima un total de ahorro de aproximadamente 800\$ por año por la disminución de casos de avería en los motores de las bombas.

4.4.2.2 Pérdidas en consumo de energía eléctrica

Durante los desbordamientos de los tanques. Los motores trabajan la misma cantidad de horas que duran los desbordamientos. Por tanto, existen consumos

innecesarios de energía eléctrica. Dichos consumos representan un monto aproximado de 50 \$ por año. Esta cantidad también se convierte en beneficio luego de la implementación del sistema.

Resumen de pérdidas con el sistema actual

A continuación, en la Tabla 4 se presenta un resumen de los ahorros financieros que se conseguirán con la implementación del sistema de automatización.

Tabla 4. Resumen de pérdidas

Año	Avería de motores	Energía Eléctrica	Total de Perdidas
1	800\$	50\$	850\$

Fuente: Arenas, Higuera (2019)

Por lo tanto, si se implementa el sistema propuesto los habitantes de la Residencia Kerdell se estarían ahorrando por año 850\$.

4.4.3 Factibilidad Social

Como se mencionó en el comienzo del presente trabajo de investigación, el acceso por parte de las personas a un servicio de agua potable limpio y eficiente es considerado un derecho humano. Este trabajo se enfoca directamente en satisfacer las necesidades en materia de suministro de agua potable a los habitantes del conjunto residencial kerdell, y su implementación repercutiría en mejoras significativas en la calidad de vida de todos los habitantes del respectivo urbanismo.

En consecuencia, el presente trabajo de grado puede ser considerado como un proyecto social, ya que el mismo busca generar mejoras en la calidad de vida de un entorno específico, en este caso en particular, los habitantes del conjunto residencial Kerdell. Existen distintos factores que permiten medir la viabilidad de un proyecto de este tipo, como la emergencia, el número de beneficiarios directos, soluciones y sostenibilidad.

- **Emergencia:** el agua es un recurso natural indispensable, no solo para la vida del hombre, sino para la gran mayoría de seres vivos que hacen vida en el planeta. En el caso de los seres humanos, dependemos de este vital líquido para

vivir. Deficiencias en el acceso al agua potable pueden traer graves consecuencias para las personas, que van desde problemas de salud por deshidratación hasta por falta de aseo o higiene personal. De allí nace la importancia de trabajar en proyectos que busquen brindar soluciones a las necesidades de las personas en materia de distribución y suministro de agua potable.

- **Número de beneficiarios directos:** con la implementación del presente trabajo de investigación se verían beneficiadas un aproximado de 648 personas, las cuales presentarían mejoras significativas en su calidad de vida por contar con un sistema de control de suministro de agua óptimo y seguro.
- **Soluciones:** el proyecto cumple con todos los objetivos planteados, por lo tanto, es una solución eficiente que servirá de gran ayuda a los habitantes del conjunto residencial Kerdell.
- **Sostenibilidad:** los equipos y materiales que fueron usados para realizar la automatización del sistema de control del suministro de agua potable del conjunto residencial Kerdell, requieren de un mantenimiento mínimo, y si son utilizados de la forma adecuada y en condiciones de trabajo óptimas, los mismos cuentan con una vida útil bastante grande.

4.4.4 Factibilidad Ambiental

El presente trabajo no genera ningún tipo de desechos que pueda ser considerado como nocivo para el medio ambiente, por lo que el grado de contaminación que el mismo genera puede ser considerado despreciable, por lo que el actual trabajo de investigación cumple con todos los requisitos o parámetros necesarios que garanticen su factibilidad ambiental.

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de avanzar en el diseño de automatización del sistema de control para el suministro de agua potable en el Conjunto Residencial Kerdell.

- El desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica mención control y automatización, siendo esta carrera uno de los pilares más importantes en el campo industrial.
- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer la automatización del sistema de control del suministro de agua potable en el conjunto residencial Kerdell, en el municipio Valencia, estado Carabobo.
- El sistema planteado en este proyecto de investigación ofrece un sistema más eficiente para realizar los procesos del sistema de control para el suministro de agua potable ya que cumplen con las especificaciones para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan el Conjunto Residencial Kerdell.
- Los habitantes del Conjunto Residencial Kerdell contarán con un sistema más eficiente ya que el control del agua potable contará con un servicio con menos interrupciones que el actual.
- Se utilizó un controlador lógico programable que cumple con las necesidades del proyecto desarrollado, gracias a los diferentes dispositivos que conforman toda la familia SIMATIC S7-1300.
- La interfaz desarrollada HMI cumple con los requerimientos de los operadores, ya que aporta la información necesaria de manera rápida y eficaz. Si se implementa el sistema automatizado, presentado en este trabajo de investigación el proceso se realizaría completamente automatizado, que con el sistema actual con el que cuentan.

RECOMENDACIONES

- La principal recomendación es la implementación del sistema propuesto en el presente trabajo de investigación, ya que con esto se mejorará la calidad de vida de los habitantes en el Conjunto Residencial Kerdell.
- Diseñar una Interfaz SCADA que permita la visualización de todo el sistema de distribución de agua.
- Realizar la programación de un sistema de registro de usuarios, que permita tener distintos accesos por operadores.
- Diseñar una aplicación Android para el monitoreo del sistema de distribución de agua potable por los habitantes del Conjunto Residencial Kerdell, con el fin de que puedan observar el nivel del agua existente.
- Realizar una base de datos para un registro de alarmas por el paro de los motores.
- Hacer un sistema analógico en paralelo al HMI, como respaldo al haber una falla en el panel.
- Diseñar una pantalla extra en el HMI que le permita al operador del sistema activar un racionamiento de emergencia, controlando la duración y los periodos de suministro del mismo.
- Crear un manual que oriente a las personas sobre como configurar el PLC para que este sistema pueda ser aplicado en cualquier otro lugar.
- Agregar un sistema de energía eléctrica de respaldo que permita atender cualquier eventualidad o fallas en el suministro de energía eléctrica.

REFERENCIAS

Bibliográficas

- Arias, F. (1999). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Dubs de Moya, R. (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación**. Caracas, Venezuela.
- Castillo y Fuenmayor (2019). **Sistema SCADA (supervisión, control y adquisición de datos) para el Control Automático del Encendido de los Aires Acondicionados de la Universidad José Antonio Páez**. Carabobo: Editorial UJAP
- Florencio, P (2016). **Desarrollo del Software de un Sistema SCADA para la distribución de Agua Potable en la quebrada de Manchay**. México. Editorial: Manane.
- Franco, I. (2018). **Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company**. Carabobo: Editorial UJAP
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Carabobo: Editorial UJAP. Caracas: Editorial Fedupel.
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Tamayo, M. (1998). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Perez. M. (2012). **Configuración de un PLC**. México. Editorial BMJ.

Electrónicas

Aguilera, P (2002). **Programación de PLC**. Recuperado en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Zambrano, W (2013). **Automatización del proceso de tratamiento de aguas residuales en Tecnova S.A.** Recuperado en:

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4118>

Mejías, C (2016). **Control de procesos industriales en automatización**. Recuperado en:

[https:// files.wordpress.com/2011/03/control_procesos-valvulas.pdf](https://files.wordpress.com/2011/03/control_procesos-valvulas.pdf)