



**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica



Ingeniería en Mantenimiento Industrial

**Documento de Proyecto de Graduación para el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

**“Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de  
agua potable del hotel mediante Telemetría y detección de fugas  
en tuberías”**



**Coordinador de Práctica Profesional**

**Ing. Ana Lucía Morera Barquero**

**Estudiante**

**Wilmer David Fernández Masís**

**201137069**

**I Semestre 2016**



- Canadian Engineering Accreditation Board
- Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie

Carrera evaluada y acreditada  
por:

**CEAB**

## Dedicatoria

*Dedico este presente a Dios por darme tantas bendiciones durante mi vida, por darme una familia maravillosa que siempre ha estado a mi lado, por permitirme tantas oportunidades en mi vida y brindarme tan buenos modelos a seguir como lo son mi padre y mi hermano.*

*A mi madre Lucía Dinorah Masís Carmona por brindarme la vida y cuidarme siempre desde el cielo en todo momento de mi vida.*

*A mi hermano Erick por ser más que un hermano un padre más, por estar siempre para mí, su amor y cariño, por ser un ejemplo de hombre correcto y exitoso y por sus atenciones y preocupaciones.*

*Y a todas las personas que de una manera u otra han influenciado para convertirme en el ser humano que soy hoy.*

*Y en especial a mi padre Gerardo, por sus sacrificios interminables, su apoyo incondicional, su voluntad indestructible, y su amor, y por ser el héroe en mi vida, el tipo de hombre que deseo llegar a ser.*

## Agradecimientos

A Dios por guiarme durante toda mi carrera universitaria, con sabiduría, perseverancia y voluntad, por la oportunidad de terminar esta etapa de mi vida.

A mi padre y a mi hermano por permitirme emprender este viaje llamado Ingeniería en Mantenimiento Industrial y permitirme cumplir el sueño de estudiar la carrera que me apasiona, por brindarme el apoyo incondicional y por siempre creer en mis capacidades.

A la Escuela de Ingeniería Electromecánica y a sus profesores por transmitirnos sus conocimientos y por brindarnos el apoyo en nuestra formación como futuros profesionales.

A la profesora Ingeniera Ana Lucía Morera Barquero por el apoyo, la ayuda y guiarme en este proyecto de la mejor manera posible.

Al Sr. Oscar Monge Izaguirre de la empresa Siemens por las ayudas proporcionadas para el desarrollo del proyecto.

Al Club & Hotel CONDOVAC la Costa por la oportunidad brindada de realizar mi práctica profesional y a todo su equipo de trabajo por la ayuda y compañerismo.

## Resumen

La escasez del agua potable en la provincia de Guanacaste hace cada vez más prioritario el desarrollo de varios tipos de proyectos, medidas, y cualquier tipo de consideraciones que ayuden a evitar el desperdicio de este recurso. En años anteriores se han presentado casos de gran cantidad de ganado que ha muerto por la falta de agua, un ejemplo claro de la situación que vive esta provincia con respecto al recurso antes mencionado; y si a esto se le añade que gran cantidad de agua potable se obtiene de pozos de agua dulce, que en la actualidad se han presentado casos en que se han secado por completo.

La importancia de este recurso recae en que prácticamente la mayoría de las actividades realizadas por el ser humano dependen del agua potable y esto se intensifica en las actividades realizadas por un hotel de gran calidad como lo es Club & Hotel CONDOVAC La Costa que se caracteriza por los excelentes servicios que le brindan a los huéspedes y visitantes.

Por estas razones el desarrollo de este proyecto toma una gran importancia, tanto a nivel ambiental evitando el desperdicio de agua cuando las bombas continúan trabajando aún cuando los tanques están llenos, como a nivel técnico y de desarrollo, el hecho de que el hotel tenga automatizado el sistema de bombeo de agua potable que abastece todas las necesidades del hotel es una gran ventaja para el departamento de mantenimiento, ya que al contar con este sistema se asegura la disponibilidad de agua potable y además de esto se elimina una carga

para este departamento al no tener que estar pendiente de los niveles de los tanques de agua.

El proyecto plantea un diseño de la automatización del sistema de bombeo del hotel, con el uso de tecnología denominada telemetría para el control del funcionamiento de las bombas mediante 2 PLC Siemens de la serie S7-1200 y 2 módulos de comunicación CP 1242-7 también de la marca Siemens. Para ello se debe implementar un programa que cubra todas las distintas condiciones que se puedan dar con los niveles de agua que deben ser colocados en los tanques de agua potable.

La telemetría entra a resolver las condiciones adversas que hay en el hotel para controlar el funcionamiento de las bombas, de que las mismas no están ubicadas cerca del hotel, están a 4 km de distancia, donde se construyó el pozo profundo para la toma de agua potable, por tanto las entradas y salidas que se le conectan al autómatas no están todas en el mismo lugar por lo que se hace necesario el intercambio de señales entre PLCs y para esto se necesita los módulos de comunicación.

Otro aspecto que se trató en el proyecto fue el control de fugas en las tuberías que conectan los tanques de agua, con medidores de sensores electrónicos de presión conectados al PLC y el diseño del programa avisa cuando hay un diferencial elevado de presión provocado por una fuga en algún tramo de la tubería; además de manómetros instalados a lo largo del tramo más crítico para una detección más

temprana de la fuga, ya que las tuberías están enterradas por lo que encontrar la fuga es complicado en la mayoría de los casos.

**Palabras Clave:** agua potable, servicios, sistema de bombeo, automatización, telemetría, fugas, PLC, desperdicio, disponibilidad.

## Abstract

The shortage of drinking water in the province of Guanacaste becomes increasingly a priority the development of various types of projects, measures, and any considerations that will help avoid wasting this resource. In previous years there have been cases of large number of cattle that died for lack of water, a clear example of the situation in the province with respect to the mentioned resource; and if this is added that lots of drinking water is obtained from fresh water wells, which currently there have been cases that have dried completely.

The importance of this resource lies in the fact that practically most of the activities of humans depend on water and this is intensified in the activities of a hotel of great quality as is Club & Hotel CONDOVAC La Costa characterized by excellent services they provide to guests and visitors.

For these reasons, the development of this project takes a great importance , both environmentally avoiding waste of water when the pumps continue to work even when the tanks are full, as technical and development level, the fact that the hotel has automated the pumping system of drinking water that supplies all the needs of the hotel is a great advantage for the maintenance department, and that having this system ensures the availability of drinking water and besides this a burden for this department removed the not having to be aware of the levels of water tanks.

The project proposes a design automation for the pumping system of the hotel, using technology called telemetry to control the operation of pumps with 2 PLC

Siemens S7-1200 series and 2 communication modules CP 1242-7 also Siemens brand. To do this it must implement a program covering all the different conditions that may occur with water levels that should be placed in tanks of drinking water.

Telemetry comes to solve the adverse conditions found on site to control the operation of pumps, that they are not located near the hotel, are 4 km away, where the deep well was constructed for water intake drinking, so the inputs and outputs to be connected to the PLC are not all in the same place so the exchange of signals between PLCs is necessary and for this communication modules are needed.

Another aspect that was addressed in the project was to control leaks in pipes that connect water tanks with gauges electronic pressure sensors connected to the PLC and program design is notified when a high pressure differential caused by a leak in a section of the pipe; besides gauges installed along the most critical for earlier detection of the leak portion, since the pipes are buried so finding the leak is complicated in most cases.

**Keywords:** drinking water, services, pumping system, automation, telemetry, leaks, PLC, waste, availability.

## Índice General

Introducción.....	8
Glosario .....	10
1 Capítulo I. Descripción de la Empresa .....	11
1.1 Reseña de la empresa .....	12
1.2 Descripción del proceso productivo .....	13
1.3 Organigrama de la empresa .....	14
1.4 Misión de la empresa .....	16
1.5 Visión de la empresa .....	16
1.6 Valores de la empresa .....	16
1.7 Localización de la empresa .....	17
1.8 Responsabilidad Social .....	18
2 Capítulo II. Descripción del problema e importancia de la solución .....	20
2.1 Descripción del proyecto .....	21
2.2 Descripción del problema a resolver .....	22
2.3 Estado Actual del Sistema de Bombeo .....	23

2.4	Importancia de la Solución del problema .....	29
2.5	Metodología .....	30
2.6	Alcance del Proyecto .....	31
2.7	Limitaciones del Proyecto .....	32
2.8	Necesidades de recursos .....	33
3	Capítulo III. Objetivos .....	34
3.1	Objetivo general .....	35
3.2	Objetivos específicos .....	35
4	Capítulo IV. Marco Teórico.....	36
4.1	Definiciones importantes .....	37
4.1.1	Volumen .....	37
4.1.2	Presión.....	39
4.1.3	Caudal.....	41
4.2	Norma IEC 61131-3 .....	42
4.2.1	Elementos comunes.....	42
4.2.2	Lenguajes de programación.....	43
4.3	Automatización con el uso de PLC S7-1200 .....	44
4.3.1	Historia del PLC .....	45
4.3.2	Controlador Lógico Programable (PLC).....	47
4.3.3	Interfaz PROFINET.....	54
4.3.4	TIA Portal V13 (STEP 7BASIC) .....	56

4.3.5	Métodos de programación.....	65
4.4	Telemetría .....	69
4.5	Sensores para Control Eléctrico .....	72
4.5.1	Tipo de Señales .....	73
4.6	Relés .....	75
4.6.1	Ventajas del uso del Relé .....	76
4.7	Manómetros .....	77
4.7.1	Manómetros digitales.....	77
4.7.2	Manómetros analógicos .....	78
5	Capítulo V. Automatización del Sistema de Bombeo .....	79
5.1	Lógica de Programación .....	80
5.1.1	Variables del sistema.....	81
5.1.2	Secuencia de proceso.....	84
5.1.3	GRAFCET.....	86
5.1.4	Determinación de las ecuaciones .....	89
5.1.5	Diagrama Escalera .....	90
5.2	Programación del PLC S7-1200 .....	91
5.2.1	Configuración del CPU .....	91
5.2.2	Programación del FC (Función) .....	94
5.2.3	Programación del Bloque Principal (OB1) .....	103
5.3	Diagrama de conexiones .....	105
6	Capítulo VI. Comunicación mediante Telemetría y Detección de Fugas. ....	111
6.1	Comunicación de los PLC mediante Telemetría .....	112

6.1.1	Comunicación mediante Telecontrol .....	112
6.1.2	Comunicación punto a punto mediante fibra óptica.....	115
6.2	Detección de Fugas .....	124
6.2.1	Alarma indicadora de presencia de Fugas .....	125
6.2.2	Detección de la ubicación de la Fuga .....	128
7	Capítulo VII. Justificación del Proyecto .....	131
7.1	Análisis Económico .....	132
7.1.1	Valor actual neto (VAN) .....	137
7.1.2	Tasa interna de retorno (TIR) .....	139
7.1.3	Retorno de la Inversión (ROI) .....	139
7.2	Aspectos ambientales .....	141
7.3	Aspectos de Servicio .....	142
7.4	Aspectos Técnicos .....	142
8	Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones. ....	143
8.1	Conclusiones.....	144
8.2	Recomendaciones .....	145
	Bibliografía .....	147
	Apéndices.....	151
	Cotizaciones .....	152
	Anexos .....	159

Anexo A. Fichas técnicas .....	160
Anexo A.1. Ficha técnica Pulsador Rasante IP 65. (Verde y Rojo) .....	160
Anexo A.2. Selector 2 posiciones plástico IP 65. ....	160
Anexo A.3. Ficha técnica Cable Flexible H07Z1-K 750 V. (Rojo, Negro y Verde) ....	161
Anexo A.4. Ficha técnica Sensor De Presión SICK PBT 0-160psi 4-20mA. ....	162
Anexo A.5. Ficha técnica Relé Finder Micro 8 Pin 2P 8A Bobina 24VDC 40.52. ....	163
Anexo A.6. Ficha técnica Contactor CHINT NC1 3Ø80A 1NA+1NC 230VAC. ....	164
Anexo A.7. Ficha técnica Contactor CHINT NC1 3Ø18A 1NA 240VAC 50/60Hz. ....	165
Anexo A.8. Fichas técnicas Relé Sobrecarga CHINT NR2-25G 12-18A. ....	166
Anexo A.9. Fichas técnicas Relé Sobrecarga CHINT NR2-93G 63-80A. ....	167
Anexo A.10. Fichas técnicas del cable de Fibra óptica. ....	169

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Organigrama del Hotel. ....	15
Figura 1.2. Valores de Club & Hotel CONDOVAC La Costa. ....	16
Figura 1.3. Localización del Hotel CONDOVAC La Costa con Google Maps. ....	17
Figura 1.4. Localización de CONDOVAC La Costa según Google Earth. ....	18
Figura 2.5. Croquis del Sistema de Bombeo. ....	24
Figura 2.6. Bomba principal del sistema de 25 HP. ....	25
Figura 2.7. Tanque de abastecimiento del hotel, capacidad 300 m <sup>3</sup> . ....	26
Figura 2.8. Sensores de nivel ubicados en el tanque 1. ....	27
Figura 2.9. Panel de control actual de las bombas. ....	28
Figura 2.10. Tubería de 4" SDR 21. ....	29
Figura 4.11. Representación de Volumen para un cubo. ....	38
Figura 4.12. Representación de volumen en estado líquido. ....	38
Figura 4.13. Caudalímetro en GPM (Galones por minuto) ....	41
Figura 4.14. Lenguajes de Programación según norma IEC 61131-3. ....	44
Figura 4.15. PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC. ....	48

Figura 4.16. Partes importantes en PLC S7-1200.....	50
Figura 4.17. Conexiones de los módulos Signal Boards.....	52
Figura 4.18. PLC y módulos de expansión para la serie S7-1200. ....	53
Figura 4.19. Conexión de PG y CPU del PLC S7-1200.....	55
Figura 4.20. Puerto Ethernet del PLC S7-1200.....	56
Figura 4.21. Vista principal del TIA Portal STEP 7.....	57
Figura 4.22. Vista del proyecto del TIA Portal STEP 7.....	58
Figura 4.23. Concepto de Bloques en TIA Portal. ....	59
Figura 4.24. Modelo de software, que define IEC 61131-3. ....	60
Figura 4.25. Representación Bloque de Organización en TIA Portal. ....	61
Figura 4.26. Representación Bloque de Función en TIA Portal. ....	62
Figura 4.27. Representación Función en TIA Portal.....	63
Figura 4.28. Programa de estructura lineal en TIA Portal.....	63
Figura 4.29. Programa de estructura Modular .....	64
Figura 4.30. Estructura de bloques en TIA Portal. ....	65
Figura 4.31. Adquisición y envío de datos.....	70
Figura 4.32. Recepción y manejo de datos. ....	70

Figura 4.33. Telemetría: Diagrama de funcionamiento. ....	71
Figura 4.34. Alcance de sistemas de telemetría. ....	72
Figura 4.35. Comparativa entre una señal analógica y una digital. ....	73
Figura 4.36. Final de carrera que entrega una señal digital. ....	74
Figura 4.37. Sensor de temperatura que entrega señal analógica. ....	75
Figura 4.38. Estructura de un Relé. ....	76
Figura 4.39. Relé de 24 VDC. ....	76
Figura 4.40. Manómetros. ....	77
Figura 4.41. Manómetros digitales. ....	78
Figura 4.42. Manómetro analógico. ....	78
Figura 5.43. Diagrama de entradas y salidas del sistema a automatizar. ....	83
Figura 5.44. Diagrama del GRAFCET del proceso. ....	87
Figura 5.45. Continuación de GRAFCET. ....	88
Figura 5.46. Agregar el modelo de CPU correcto. ....	93
Figura 5.47. CPU seleccionado. ....	93
Figura 5.48. Configuración dirección IP. ....	94
Figura 5.49. Descripción detallada del CPU. ....	94

Figura 5.50. Agregar Bloque tipo FC.....	95
Figura 5.51. Tabla de variables en FC. ....	96
Figura 5.52. Diagrama Escalera de la Automatización.....	103
Figura 5.53. Función cargada en el Bloque Principal. ....	104
Figura 5.54. CPU 1214C con la entradas programadas. ....	105
Figura 5.55. Diagrama de Conexiones del PLC S7-1200 CPU 1214C.....	106
Figura 6.56. Tecnología de Telecontrol.....	115
Figura 6.57. Esquema de la Conexión punto a punto. ....	116
Figura 6.58. Switch intercambiador de señales Ethernet-Fibra Óptica.....	116
Figura 6.59. Direcciones Ethernet PLC 1. ....	118
Figura 6.60. Activación de máscara de ciclo. ....	118
Figura 6.61. Dirección Ethernet PLC 2.....	119
Figura 6.62. Conexión entre los PLC vía Ethernet. ....	119
Figura 6.63. Caja de herramientas de comunicación. ....	120
Figura 6.64. Configuración de parámetros de conexión PLC 1. ....	120
Figura 6.65. Configuración de parámetros de Bloque PLC 1. ....	121
Figura 6.66. Segmento que envía la señal. ....	122

Figura 6.67. Configuración parámetros de conexión PLC 2. ....	122
Figura 6.68. Configuración de parámetros de Bloque PLC 2. ....	123
Figura 6.69. Segmento de recepción de señales en el PLC 2. ....	123
Figura 6.70. Segmento 10 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto. ...	126
Figura 6.71. Segmento 11 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto. ...	126
Figura 6.72. Segmento 13 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto. ...	127
Figura 6.73. Segmento 3 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto. ....	127
Figura 6.74. Representación de manómetro en Tubería Principal. ....	129
Figura 6.75. Representación de distribución de manómetros. ....	130
Figura 6.76. Representación total de los manómetros en la tubería principal. ....	130

## Índice de Tablas

Tabla 1. Glosario de términos importantes para el proyecto. ....	10
Tabla 4.2. Equivalencias de unidades de Presión. ....	40
Tabla 4.3. Datos técnicos para distintos modelos de CPU para PLC S7-1200. ....	51
Tabla 4.4. Opciones de Módulos de expansión para PLC S7-1200. ....	54
Tabla 4.5. Elementos básicos para la programación del método Escalera. ....	67
Tabla 4.6. Elementos básicos del método de programación GRAFCET. ....	68
Tabla 5.7. Lista de Entradas del sistema. ....	81
Tabla 5.8. Lista de Salidas del Sistema. ....	82
Tabla 5.9. Ecuaciones de control para las salidas del sistema. ....	89
Tabla 5.10. Salidas de tipo SET y RESET para diagramas escalera. ....	91
Tabla 5.11. Características de entradas analógicas en PLC S7-1200. ....	101
Tabla 5.12. Rangos de normalización para entradas analógicas en el PLC S7-1200. ....	102
Tabla 5.13. Descripción de la conexión de entradas digitales. ....	107
Tabla 5.14. Descripción de la conexión de entradas analógicas. ....	109
Tabla 5.15. Descripción de la conexión de las Salidas del Sistema. ....	110

Tabla 7.16. Cotización del equipo de automatización y conexión. ....	132
Tabla 7.17. Cotización de los accesorios necesarios para la automatización. ....	133
Tabla 7.18. Cotización de manómetros de Glicerina. ....	134
Tabla 7.19. Costos de Mano de Obra. ....	134
Tabla 7.20. Gastos de combustible. ....	135
Tabla 7.21. Salarios proporcionados por RHH. ....	136
Tabla 7.22. Gasto por salarios. ....	136
Tabla 7.23. Estimación del tiempo de la recuperación de inversión. ....	137
Tabla 7.24. Análisis Económico. ....	140

## Introducción

El proyecto tiene como objetivo minimizar tanto como sea posible el desperdicio de agua potable en el hotel, dado la importancia de este como la escasez en la provincia de Guanacaste, aparte que la reducción en las pérdidas de agua por fugas en las tuberías y por rebalse de los tanques se ve reflejado en un ahorro en las facturas del servicio de agua y el servicio eléctrico, este último por el ahorro eléctrico de las bombas que van a entrar en funcionamiento cuando sea necesario.

En este documento se describe las diferentes etapas realizadas para obtener la solución al proyecto del “Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel y detección de fugas en tuberías,” que consiste en la automatización del sistema de bombeo a partir de los niveles de agua que indiquen los tanques de almacenamiento de agua, que las 3 bombas ubicadas en el lugar del pozo profundo del hotel se rijan por la cantidad de agua que hay en los tanques, tomando en cuenta distintos factores como que las bombas en ningún momento trabajen en vacío, que la bomba pare su funcionamiento al detectar una fuga y se encienda la bomba que trabaja de back-up, entre otras consideraciones, que se deben tener en cuenta.

Para este proyecto el autómatas mediante el cual va a hacer la automatización es el PLC S7-1200 CPU 1214 de la firma Siemens; se utilizarán dos de ellos, por la complejidad del proyecto de que no todas las entradas y salidas necesarias para el desarrollo de la automatización no están en un mismo lugar físico, sino que los

separan alrededor de 6 metros de distancia, las bombas y el tanque de llenado están aproximadamente a 4 metros de la entrada principal del hotel y el tanque de abastecimiento está a una distancia aproximada de 2 metros, en dirección contraria al lugar de las bombas. Es por esto que el proyecto tiene como uno de sus puntos dar énfasis a la tecnología de telemetría, que lo que quiere con esto y mediante unos módulos de comunicación CP 1242-7 también de la marca Siemens, es hacer una unificación en el sistema a la hora, que mediante estos módulos se intercambien las señales de entradas y salidas los dos PLC.

El otro punto de importante del proyecto es el control de fugas en el sistema de tuberías, ya que el proyecto como se mencionó, aparte del ámbito de ahorro energético y de facturación en el hotel es importante evitar el desperdicio de agua; la idea de cómo se va a tratar las fugas en las tuberías es controlar de forma automática una señal de alerta para cuando se presente una fuga en la tubería principal (tubería conectada a la bomba que permanece en funcionamiento mientras no se determine una fuga) y con la ayuda del autómata para el funcionamiento de dicha bomba y entre en operación la otra bomba que está conectada a otro sistema distinto de tuberías que va paralelo. Además del uso de manómetros en la parte más crítica de la tubería para una mayor eficiencia a la hora de encontrar las aberturas.

## Glosario

Tabla 1. Glosario de términos importantes para el proyecto.

<b>PLC</b>	Controller Logic programable (Autómata)
<b>E/S</b>	Entradas y Salidas
<b>I</b>	Variables de Entrada del PLC
<b>Q</b>	Variables de Salida del PLC
<b>VDC</b>	Voltajes de Corriente Directa
<b>VAC</b>	Voltajes de Corriente Alterna
<b>GRAF CET</b>	Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition
<b>NA</b>	Contacto Normalmente Abierto
<b>NC</b>	Contacto Normalmente Cerrado
<b>KOP</b>	Esquema de Contactos
<b>OB</b>	Bloques de Organización
<b>FB</b>	Bloques de Función
<b>FC</b>	Funciones
<b>DB</b>	Bloques de Datos
<b>PCs</b>	Programmable Controllers
<b>HMI</b>	Interfaz Hombre Máquina.
<b>TIA</b>	Totally Integrated Automation
<b>SB</b>	Signal Boards

# 1 Capítulo I. Descripción de la Empresa

## 1.1 Reseña de la empresa

CONDOVAC la Costa inicia operaciones en diciembre de 1980. Por la particularidad del terreno, la primera parte de la construcción del complejo fue moldear las terrazas sobre las cuales se desarrollarían las villas, esto fue en febrero de 1975. Cinco años después, en diciembre de 1980, la operación inició con 80 unidades, un 75% del proyecto.

Al inicio se empezó con lo que fue la venta de acciones del Hotel aún cuando las instalaciones seguían su proceso de construcción. En sus inicios los agentes se dedicaron a vender las acciones y conforme se vendían, los compradores acampaban en los terrenos del proyecto para disfrutar y compartir los avances de la construcción de lo que ahora es CONDOVAC la Costa Club y Hotel.

Como uno de los deseos era atender de la forma en que se atiende en un hotel con rango internacional, se dio a la tarea de contratar personal operativo que estuviera altamente capacitado, por lo que fue necesario traer colaboradores del Valle Central y de Puntarenas con el fin de tener un perfil de Hotel & Club.

Durante 30 años CONDOVAC ha mantenido un concepto familiar. Es una empresa de capital nacional. Otra fortaleza es que son miembros de R.C.I (Resorts Condominium International) una de las cadenas de intercambio vacacional más importantes a nivel mundial y que le permiten al socio el beneficio de utilizar su semana en cualquiera de las otras 3.500 residencias en 86 países del mundo.

CONDOVAC La Costa se destaca por ser el primer hotel costarricense que se dedicó a la venta de tiempo compartido, esto quiere decir, que se venden acciones que le permiten al socio disfrutar de una semana al año de las villas, por un plazo de cien años.

En CONDOVAC La Costa se continúa enarbolando el pendón patrio para el orgullo de los y las costarricenses. En junio del 2005, el Instituto Costarricense de Turismo otorgó a CONDOVAC La Costa la calificación de categoría de “cuatro estrellas.”

## **1.2 Descripción del proceso productivo**

El proceso productivo del hotel y club CONDOVAC La Costa se basa en brindar un muy buen servicio a las personas que se hospedan en sus instalaciones.

A nivel centroamericano, CONDOVAC La Costa se ha caracterizado por ser una empresa pionera en el desarrollo del tiempo compartido, además son un centro de formación de profesionales de la región del Pacífico Norte del país.

El tiempo compartido permite a las familias comprar una propiedad vacacional que será utilizada durante una semana al año, la que le resulte más conveniente al comprador.

El carácter vitalicio heredable que adquieren los miembros es una de las fortalezas que los distingue del resto de empresas que ofrecen el tiempo compartido, es decir, que la acción común en la que invierten es para toda la vida.

Aparte del servicio de hospedaje que ofrece el hotel, cuenta con la realización de actividades como paquetes para bodas o lunas de miel.

Para todo esto, el hotel debe ser capaz de dar servicios comunes de los hoteles como son servicio de restaurante, diversas actividades de recreación, e instalaciones tales como piscinas, se debe contar con un abastecimiento de agua potable. Ahí es donde se enfoca este proyecto de graduación, para que el hotel sea capaz de abastecer estos servicios brindados a los clientes del hotel, el control del sistema de bombeo debe estar en funcionamiento y para que lo haga de la manera más eficiente posible.

### **1.3 Organigrama de la empresa**

La estructura organizacional del Hotel CONDOVAC La Costa se basa en una Asamblea General de Socios y de esta se forma una Junta Directiva que a la vez está asesorada y fiscalizada por un Asesor Legal y el Fiscal de Junta Directiva, estos altos cargos son los que toman las decisiones importantes en el hotel, como la decisión de nombrar al Gerente General del Hotel, que a su vez tiene todo el mando de todas las decisiones en el Hotel aquí en Playa Hermosa; él tiene a cargo los gerentes de cada área, como son el gerente de operaciones, el cual tiene a cargo el departamento de mantenimiento y a su vez este proyecto, el gerente financiero, gerente de recursos humanos, entre otros.

Lo antes mencionado se muestra en la siguiente figura del organigrama de la empresa:

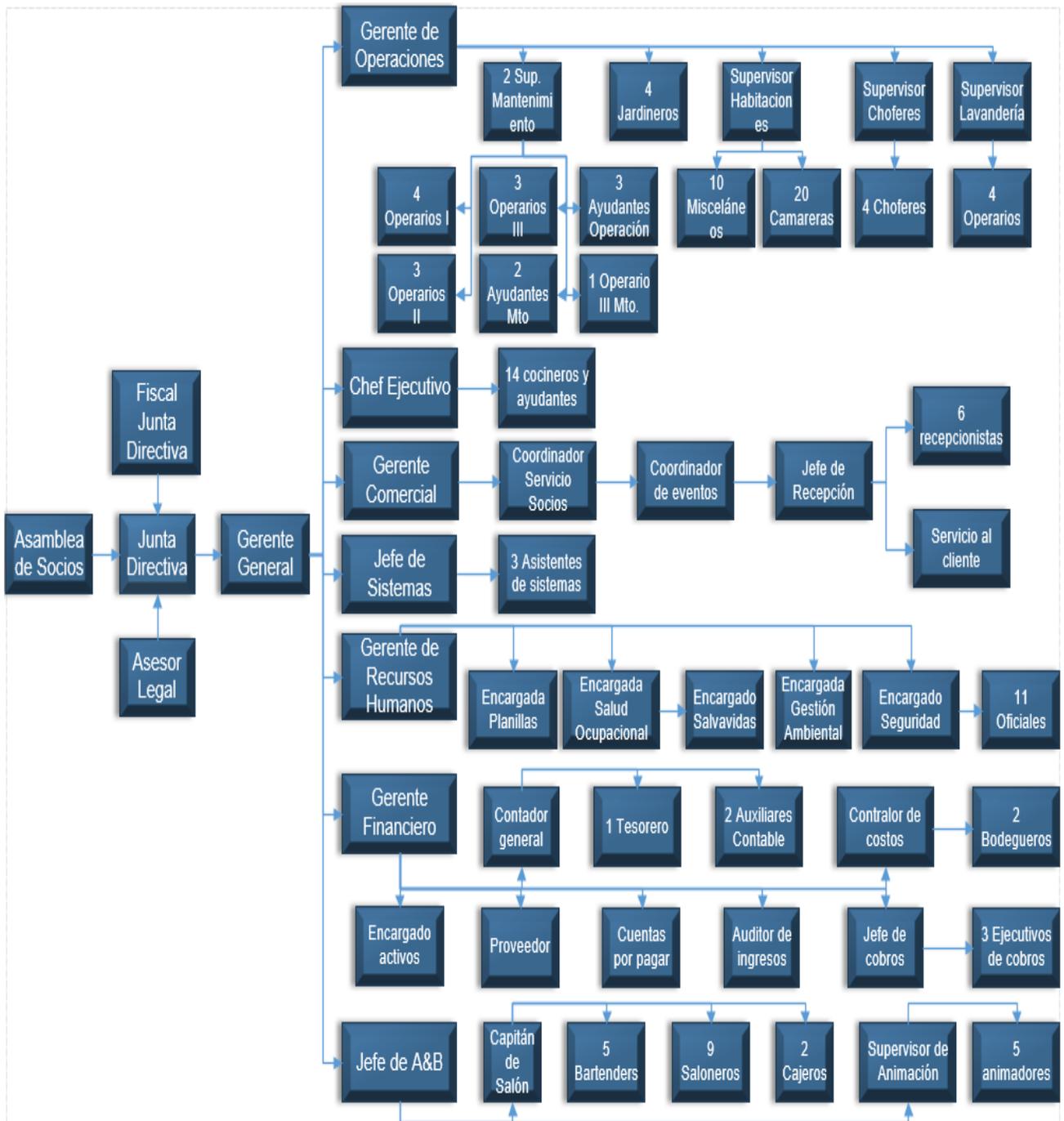


Figura 1.1 Organigrama del Hotel.

Fuente: Elaboración propia.

## 1.4 Misión de la empresa

“Somos un club de playa recreacional para vacaciones familiares, sostenible, de excelente calidad, con instalaciones y servicios adecuados que llenen las expectativas del socio, el cliente y sus familias.”

## 1.5 Visión de la empresa

“Seremos un club de playa líder en el mercado familiar de descanso, recreación y entretenimiento de Costa Rica, para lograr la satisfacción de nuestros socios y clientes.”

## 1.6 Valores de la empresa

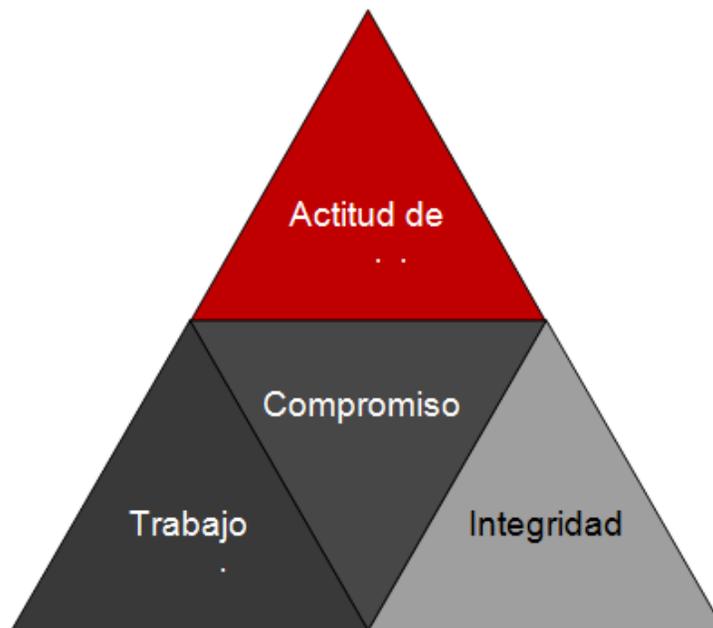
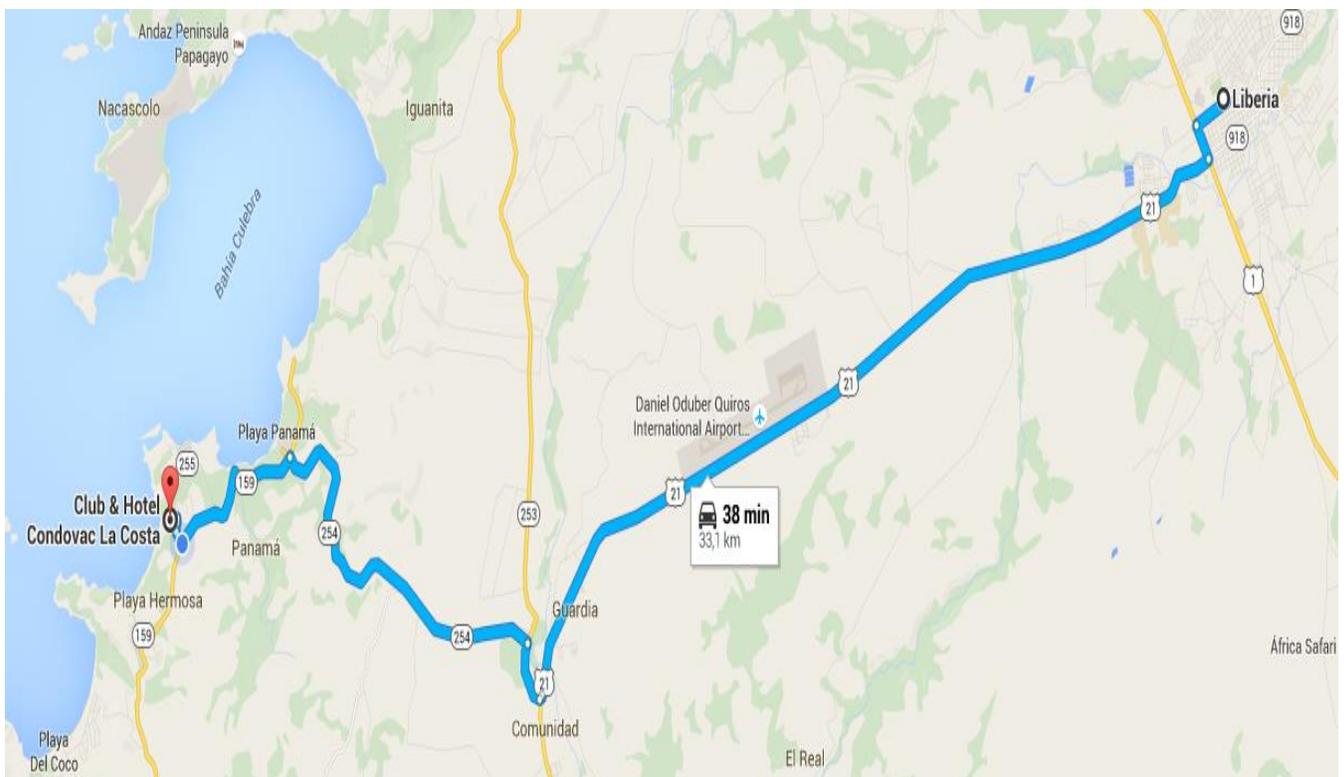


Figura 1.2. Valores de Club & Hotel CONDOVAC La Costa.

Fuente: <http://www.condovac.com/>

## 1.7 Localización de la empresa

El hotel se encuentra ubicado en la provincia de Guanacaste, en Playa Hermosa, Carrillo, a 33,1km hacia el oeste desde la ciudad de Liberia, pasando por el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber. La ubicación del mismo en Playa Hermosa se muestra en las siguientes imágenes obtenidas de Google Maps y Google Earth.



**Figura 1.3. Localización del Hotel CONDOVAC La Costa con Google Maps.**

Fuente: Google Maps 2016.



Figura 1.4. Localización de CONDOVAC La Costa según Google Earth.

Fuente: Google Earth 2016.

## 1.8 Responsabilidad Social

En el hotel se tiene un Programa de Sostenibilidad Ambiental que fue la primera acción que el Hotel y Club CONDOVAC La Costa hizo en pro de una conciencia ambiental, con el fin de compensar los impactos que se pueden ocasionar en la flora y la fauna en los alrededores y el interior del hotel. Consta de 13 hectáreas del terreno e involucra aproximadamente 1000 personas; con esto se ha logrado realizar un cambio en las actividades operacionales de la empresa para así favorecer la relación armónica con el entorno natural, protegiendo al medio ambiente.

Otro programa es el de voluntariado CONDOVAC por la Comunidad, busca incentivar a los colaboradores del hotel a participar en el desarrollo de actividades de mejoramiento de las comunidades cercanas a CONDOVAC La Costa. Con una

fuerza de voluntariado de 140 personas, este programa alcanza las comunidades de Playa Panamá, Playa Hermosa, Sardinal y Playas del Coco, sin dejar de lado la intervención en cualquier otro pueblo aledaño que necesite ayuda.

## **2 Capítulo II. Descripción del problema e importancia de la solución**

## 2.1 Descripción del proyecto

El hotel cuenta con un tanque de abastecimiento de agua para sus necesidades, el agua es bombeada mediante 2 bombas, 1 bomba centrífuga de 25 HP la cuál funciona constantemente y la otra bomba de pozo profundo de 30 HP, se encuentra como respaldo para cuando la de 25 HP falle o se le necesite dar mantenimiento. Para bombear el agua del pozo profundo al tanque de almacenamiento del hotel se tiene un sistema de bombeo que consta de una bomba de tipo pozo profundo de un motor de 5 HP.

El pozo con el cual se alimenta el tanque de abastecimiento está ubicado en Playa Panamá, lo cual representa una distancia entre el hotel y el pozo profundo de aproximadamente 3,7 km, y está a aproximadamente a unos 290 msnm. Otro dato importante es el caudal que se maneja en todo el sistema de bombeo, desde el pozo profundo hasta el tanque de almacenamiento, como desde el tanque hasta el hotel es de 9,5 L/s.

El proyecto se enfoca en diseñar la automatización para el funcionamiento del sistema descrito, principalmente el control del funcionamiento de las bombas mediante PLCs de Siemens.

El hotel cuenta con un 2 PLCs S7-200 marca SIEMENS, el proyecto se enfocará en la decisión de cómo se controlará el proceso de la manera en que según las necesidades diarias del hotel, sean especificadas y que el sistema trabaje de la manera más eficiente posible de modo que este obtenga el abastecimiento de agua cuando lo necesite y sin la presencia de desperdicios.

Uno de las principales objetivos por desarrollar en el proyecto es definir cómo se realizará el control de las condiciones de las bombas, si por ejemplo, se usarán sensores de nivel o se usarán temporizadores, o ambos, para la correcta automatización del sistema.

## **2.2 Descripción del problema a resolver**

El hotel debe contar con agua potable en todo momento para todas los servicios y actividades, con el sistema de control que tienen en este momento se han presentado casos de que el hotel ha estado sin agua por la falta de una automatización adecuada del funcionamiento de las bombas, momentos en que el hotel tiene una demanda muy alta de agua y las bombas no están en capacidad para abastecer esa cantidad, ya que están controladas por unos temporizadores que arrancan las bombas a cierta hora y las desconectan a otra hora establecida, y este sistema funciona pero presenta problemas.

El sistema presenta otro problema aparte del antes mencionado, y es que también hay momentos en que por el contrario la demanda del hotel no es la pronosticada por la persona encargada de la programación de los temporizadores y el tanque se llena y llega a un punto que se rebalsa y se producen pérdidas de agua en grandes cantidades, esto hasta que el gerente general autorice la salida de uno de los supervisores de mantenimiento y el chofer del departamento de mantenimiento a que se dirijan al lugar donde están ubicadas las bombas y cambien el sistema de automático (temporizadores) a manual y controlen la acción de las bombas con selectores. Esta acción se hace para los 2 casos antes presentados, ya sea que

se movilizan al lugar para encender el sistema de forma manual cuando haya problema de poca cantidad o para apagar cuando el tanque ubicado en el hotel esté a su máxima capacidad.

También se tiene el problema de la pérdida de agua debido a la aparición frecuente de fugas en las tuberías que transportan el agua de tanque a tanque, este problema se da por una mala selección y cuidado a la hora de recibir el producto, recibieron tuberías que no fueron las que se compraron, y se instalaron; se determinó que para las condiciones de trabajo se necesitaba tubería SDR 17, pero se entregaron y por error se instalaron tuberías de SDR 21, por lo que no siempre soportan la presión a las que transcurre el fluido, ya que son de un grosor menor y soportan una presión de trabajo menor a las de SDR 17.

El hecho de las fugas por si solo es un gran problema para el hotel, pero se vuelve más complicado porque las tuberías son subterráneas por lo que la detección de las fugas es un trabajo bastante complicado para el equipo de mantenimiento, por lo que muchas veces la detección de la existencia de las mismas se hace hasta cierto grado intuitivo, tanto para el gerente de operaciones como para uno de los supervisores, quien es el que está encargado de cualquier trabajo que se deba a hacer al sistema de bombeo.

### **2.3 Estado Actual del Sistema de Bombeo**

Todo lo que se explica a continuación se puede ver ilustrado de forma esquemática en el croquis que se muestra a continuación; el croquis no está a escala, el objetivo del mismo es mostrar cada uno de los elementos con los que el

sistema de bombeo actual cuenta y cuál es su respectiva función, así de también de la secuencia que sigue el sistema de bombeo para abastecer el tanque de agua en el hotel.

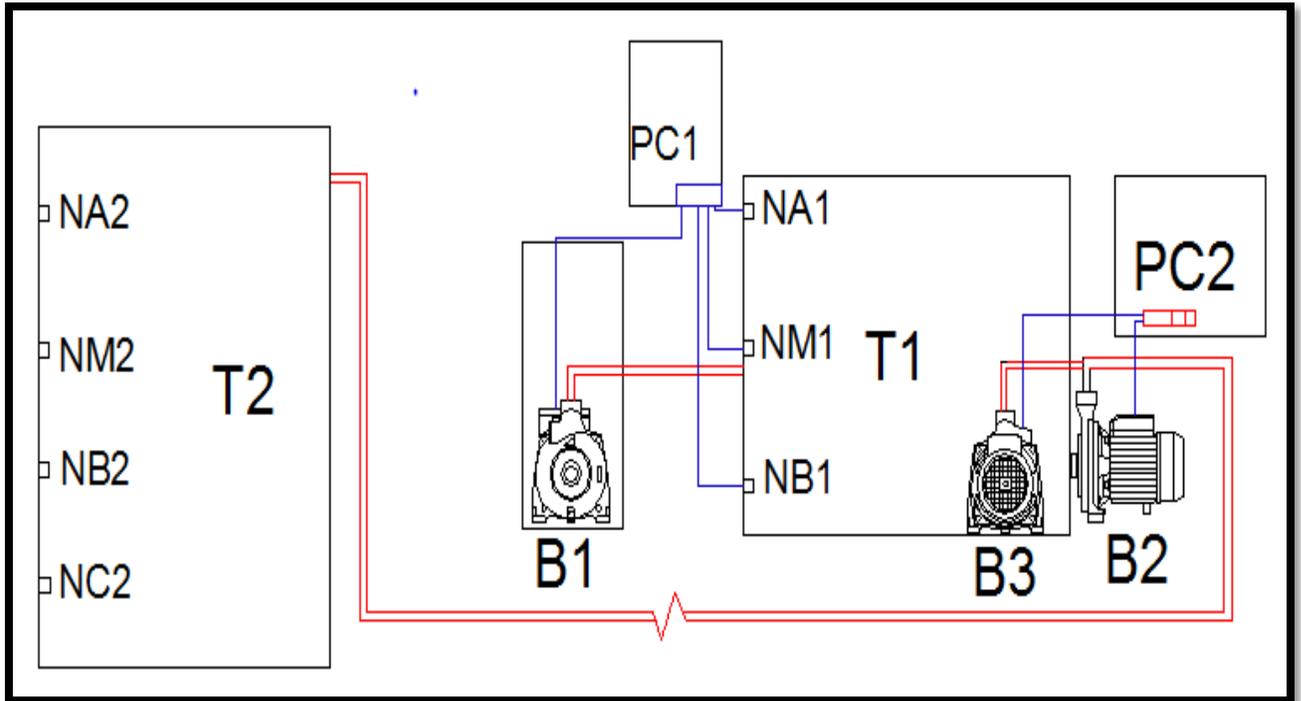


Figura 2.5. Croquis del Sistema de Bombeo.

Fuente: Elaboración propia (Auto CAD)

Es estado actual del sistema de bombeo es el siguiente; se tienen 3 bombas, dos tanques de almacenamiento de agua y un pozo profundo, todo el proceso comienza en el pozo profundo donde está el agua que será bombeada para abastecer los tanques, para esto está instalada una bomba de pozo profundo, de una potencia de 5 HP (B1), que la lleva del pozo al primer tanque de almacenamiento (T1) ubicado en el pueblo de Playa Panamá, con ayuda de la bomba centrífuga de 25 HP de potencia (B2), por una tubería de 4 pulgadas de SDR 21 como ya se mencionó anteriormente, esto siempre y cuando el gerente de

operaciones y/o el supervisor de mantenimiento que está a cargo del sistema detecten la presencia de una fuga en la tubería principal, en ese momento se dirigen al lugar de los paneles de control de la bombas y apagan manualmente la bomba de la tubería principal y dan arranque a la bomba que funciona como remplazo mientras la de 25 HP esté en mantenimiento, o en este caso, la tubería conectada a ella, está bomba que funciona como back-up es una bomba sumergible de 30 HP (B3), conectada a una tubería secundaria de 3 pulgadas de diámetro.



**Figura 2.6. Bomba principal del sistema de 25 HP.**

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera es que se traslada el agua hasta el tanque de abastecimiento del hotel (T2), en el croquis de la figura 2.5 se puede notar las conexiones de tuberías que conectan ambos tanques, tanto el que se llena con el agua sacada del pozo profundo como el que abastece el hotel, pero como ya se mencionó, la imagen es una representación esquemática, por lo que la conexión de los tanques en

realidad no es tan sencilla, es un sistema de tuberías muy complejo por la distancia que debe cubrir y por el terreno por donde está instalada.

Las capacidades de los tanques son, en metros cúbicos: el volumen del tanque número 1 es de 70 m<sup>3</sup>, y el del tanque número 2 de 300 m<sup>3</sup>. En las siguientes imágenes se puede observar las diferencias entre los tamaños.



**Figura 2.7. Tanque de abastecimiento del hotel, capacidad 300 m<sup>3</sup>.**

Fuente: Elaboración propia.

Los dos tanques de almacenamiento de agua tienen ya instalados medidores de nivel de control automático en una de sus paredes, estos medidores de nivel entregan un voltaje de corriente directa de 120 V cuando detectan la presencia de agua, en el tanque de recolección 1 hay 3 sensores de líquido, mientras que en el tanque de abastecimiento del hotel hay 4 sensores.



**Figura 2.8. Sensores de nivel ubicados en el tanque 1.**

Fuente: Elaboración propia.

El estado actual de control de las bombas es por medio de dos paneles de control ubicados en el sitio del pozo, un panel de control para la bomba de pozo profundo (PC1), el cual gobierna el funcionamiento de la bomba según el nivel de agua en el tanque 1, por lo que esta automatización sí es correcta para esta bomba, no produce funcionamiento innecesario de la bomba ni pérdidas de agua, y tenemos el panel de control para las bombas B2 y B3 (PC2), este es el que presenta el problema en el estado actual del sistema, ya que estos no tienen las señales de la cantidad de agua presente en el tanque del hotel. El control de estas bombas es una combinación automático-manual, esto porque con selectores colocados en el panel de control se puede cambiar con un selector cuál de las dos bombas esté en funcionamiento, la de 25 HP ó la de 30 HP, y con otros selectores cambiar cada bomba a trabajar en manual, lo que implica otro selector de encendida y apagada, y la opción de que sea automático, el cual utiliza temporizadores para que la bomba en cuestión arranque y pare según la hora a que estén programados estos

valores, es importante destacar que estos valores no son posibles de incluir en el informe ya que son alterados constantemente según acuerdos mutuos entre el gerente de operaciones y el supervisor.



**Figura 2.9. Panel de control actual de las bombas.**

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las tuberías el problema es que no son las adecuadas para la carga de trabajo que deben soportar, al ser una cédula distinta son de menor grosor y por lo tanto no son capaces de resistir la presión a la que se transporta el agua; esta es una de las principales razones de la presencia de fugas en las tuberías, la otra razón principal es el golpe de ariete que se produce en las tuberías, a la hora de llenarse la tubería de agua, la velocidad con la que sale de la bomba produce este efecto en las tuberías, principalmente en los accesorios como los codos y uniones, de igual manera cuando se apaga la bomba y el agua que está en la tubería se devuelve provocando los daños en las tuberías.



**Figura 2.10. Tubería de 4" SDR 21.**

Fuente: Elaboración propia.

## **2.4 Importancia de la Solución del problema**

Para el hotel es muy importante resolver este problema ya que les representa varias consecuencias, tanto ambientales como el desperdicio de agua de un pozo que no se tiene la idea que tanto más tiempo pueda abastecer al hotel, y si aparte de esto se desperdicia, va a durar menos la existencia de este recurso.

Así como los gastos innecesarios en recursos energéticos y de facturación, desperdicio de energía eléctrica a la hora que las bombas trabajan más de lo necesario, lo que crea una oportunidad de ahorro económico en la factura de energía eléctrica. Por último, la oportunidad de ahorrar recursos humanos y de combustible con el sistema automatizado, se evitan los traslados al lugar de ubicación de las bombas para la manipulación de su funcionamiento, puesto que tanto el combustible gastado en cada viaje, el desgaste del carro de mantenimiento y el tiempo que se asigna a los trabajadores para este trabajo es

tiempo pagado por el hotel, y que si el sistema estuviese automatizado, se podría utilizar estos recursos en otras tareas de necesidad en el hotel. Aparte de una responsabilidad menos para el departamento de mantenimiento en lo que es el estar pendiente a los niveles de agua del tanque del hotel.

## **2.5 Metodología**

A continuación, se describen los diferentes pasos para la realización del proyecto:

1. Visita al lugar donde se ubica el pozo profundo: se realizará una visita a playa Panamá y el tanque de almacenamiento, para analizar las condiciones de los equipos actuales y la infraestructura donde se realizarán las instalaciones del proyecto por diseñar.
2. Recopilación de información: en este paso se recopilará la información necesaria en la visita respecto al equipo con el que se cuenta y las condiciones de trabajo. Para los cálculos que sean necesarios, se realizará una investigación bibliográfica y consultas al ingeniero supervisor del proyecto.
3. Alternativas para la automatización: Se procederá a buscar diversas maneras de realizar la automatización del sistema de bombeo.
4. Proceso de diseño: Una vez seleccionado el método que se desea emplear para la automatización, se procederá a realizar el diseño.
5. Elaboración del diagrama Escalera: Se elaborará el diseño de un circuito de control mediante el método gráfico de diagrama escalera para la solución de la automatización.

6. Implementación del diagrama escalera al software STEP 7 TIA Portal: Una vez que se tenga un correcto el diagrama escalera para la automatización del sistema, se deberá programar esto en el software STEP 7 TIA Portal.
7. Dimensionamiento de equipos: Una vez diseñado el sistema de automatización del sistema de bombeo, se procederá a detallar cuáles son las características mínimas necesarias en los equipos requeridos, para su posterior selección.
8. Selección de los equipos requeridos: Luego de haber realizado los diseños correspondientes y de haber dimensionado el equipo que se pretende emplear, éste se deberá seleccionar para que el sistema diseñado cumpla con lo requerido.
9. Cotización del proyecto: Una vez dimensionados y seleccionados todos los equipos y dispositivos necesarios para la implementación del diseño establecido, mediante la consulta a proveedores y fabricantes, se determinará el costo del proyecto.
10. Conclusiones: en esta sección se muestran las ventajas del nuevo diseño que justifican su implementación.

## **2.6 Alcance del Proyecto**

En este proyecto se diseñará la automatización del sistema de bombeo del hotel, lo que básicamente corresponde en un sistema que incluye 3 bombas que deben ser automatizadas.

El proyecto debe de lograr que el sistema de bombeo, tanto del pozo profundo como el bombeo del tanque de almacenamiento del hotel, trabaje totalmente automatizado, por lo tanto parte de los entregables del proyecto deben ser:

- El diagrama escalera.
- El software STEP 7 TIA Portal totalmente programado con el diagrama escalera.
- Diagrama de conexiones del PLC.
- Comunicación entre PLCs con el software STEP 7 TIA Portal.
- Diseño del sistema para detección de fugas.
- Las cotizaciones del proyecto.
- Análisis económico del proyecto.

El análisis económico del proyecto es un entregable muy importante del proyecto para que de esta manera el hotel pueda tomar la decisión de la viabilidad del proyecto que se está desarrollando, dado por entendido que aunque su necesidad sea el automatizar el sistema y por esto se desarrolla el proyecto, diversos factores pueden hacer que el proyecto no sea factible o beneficioso para el hotel.

## **2.7 Limitaciones del Proyecto**

Entre las principales limitaciones que tiene el proyecto es que no se va a entrar en detalle con el sistema de bombeo que ya está instalado, es decir, que errores que no sean apreciables en el diseño del mismo no podrán ser detectados puesto que el proyecto tiene objetivos de enfocarse en la parte de control eléctrico.

Puesto que el sistema de bombeo ya ha sido diseñado e instalado, la participación de este proyecto en la parte mecánica del sistema es mínima, se podrá hacer un estudio básico del sistema para observar la existencia de fallos a gran escala, pero no se podrá hacer análisis de su comportamiento o de posibilidades de ahorros energéticos en este sistema.

## **2.8 Necesidades de recursos**

Este apartado está enfocado a un listado de los recursos, tanto humanos como materiales con los que se contarán, y los que deben ser puestos a discusión para la adquisición o no de los mismos, según la necesidad, importancia, posibilidad y viabilidad de estos para el logro de los objetivos del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto los recursos físicos necesarios son un PLC para lograr la automatización del sistema, así como la adquisición de los dispositivos posteriormente seleccionados que permitan el proceso que se diseñará, tales como sensores, protecciones, y/u otros dispositivos. Así como dispositivos adicionales con que la empresa no cuente y que sean necesarios para la implementación de telemetría a la automatización del sistema,

En lo que se refiere a recursos humanos, sería importante la colaboración de una persona que tenga conocimientos del sistema de bombeo para la explicación del funcionamiento detallado del sistema.

## **3 Capítulo III. Objetivos**

### 3.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema automatizado que permita el control y supervisión del funcionamiento del sistema de bombeo de pozo profundo para el abastecimiento de las necesidades del hotel.

### 3.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros para el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico de control y potencia.
- Diseñar el circuito de control eléctrico que permite la activación y desactivación de las distintas bombas pertenecientes al sistema de bombeo para ser implementado mediante PLCs S7-1200.
- Realizar el diagrama escalera para el desarrollo de la automatización del sistema de bombeo de pozo profundo y de abastecimiento.
- Desarrollar el programa en el PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C, para el correcto funcionamiento del proceso.
- Diseñar y desarrollar mediante PLC Siemens S7-1200 un sistema automatizado para la detección de fugas en la tubería principal.
- Seleccionar, dimensionar y cotizar todos los dispositivos y equipos requeridos para la implementación del diseño propuesto.
- Diseñar un sistema de medidores de presión en las tuberías para la fácil detección de la ubicación de la fuga.
- Realizar el análisis económico y financiero del proyecto.

## 4 Capítulo IV. Marco Teórico

## 4.1 Definiciones importantes

Para el desarrollo de este proyecto es importante la explicación de ciertas propiedades físicas como lo son el volumen, la presión y el caudal o flujo volumétrico, específicamente para el agua que es el principal recurso por tratar en este proyecto. Estas propiedades se explicarán a continuación:

### 4.1.1 Volumen

El volumen es la propiedad física de la materia, es el espacio físico que ocupa un cuerpo en el espacio, es decir, una magnitud métrica definida como la extensión de tres dimensiones, es decir, medidas de la extensión de un cuerpo en relación con las tres dimensiones conocidas por el ser humano (alto, largo y ancho).

La unidad de esta propiedad física según el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el metro cúbico ( $m^3$ ), pero comúnmente en la industria de igual forma se utiliza el litro (L) y el mililitro (mL), más en el caso cuando se trata de líquidos. La relación entre estas magnitudes es que por cada metro cúbico de agua se tienen 1000 litros de agua.

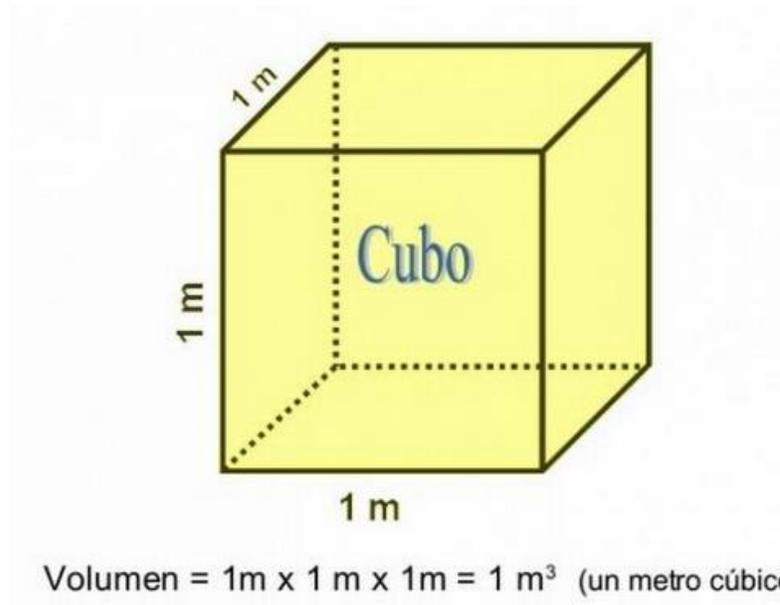


Figura 4.11. Representación de Volumen para un cubo.

Fuente: <https://sc.ehu.es>

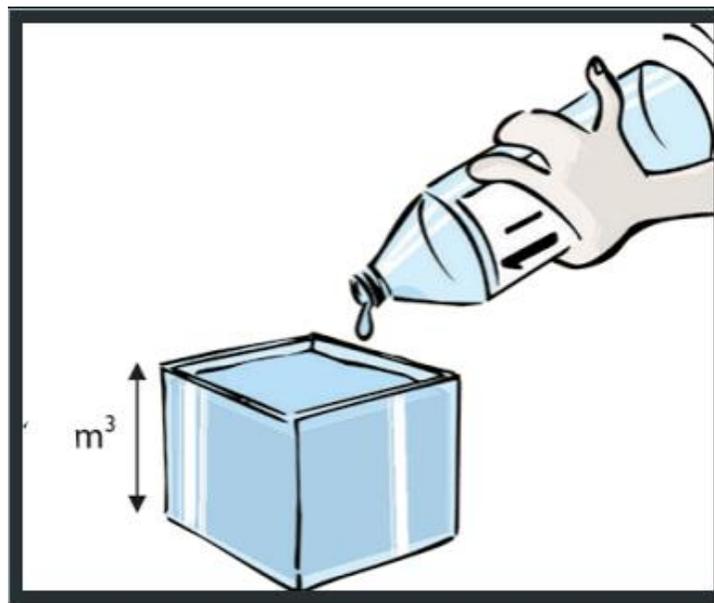


Figura 4.12. Representación de volumen en estado líquido.

Fuente: <https://sites.google.com/>

La medición de volumen de líquido es más sencilla a la medición de volúmenes sólidos, puesto que no todos son regulares como un cubo u otras figuras

geométricas (se puede utilizar el Principio de Arquímedes<sup>1</sup> para cualquier cuerpo sólido), para la medición de volúmenes de líquido se utilizan recipientes cuyo volumen sea conocido y se deposita la cantidad deseada de líquido.

#### **4.1.2 Presión**

La presión es una magnitud física definida como la fuerza por unidad de área, no obstante para describir la influencia de este fenómeno en los fluidos es más beneficioso el uso de la presión que el uso de la fuerza. Para el caso de los fluidos la presión se define como una medida de la energía por unidad de volumen.

La presión se expresa de distinto modo, según el sistema de unidades utilizado, en el Sistema Internacional la unidad es 1 Pascal (Pa) que equivale a 1N/1m<sup>2</sup> (1 Newton sobre metro cuadrado), la unidad en el Sistema Cegesimal es 1 baria cuya equivalencia es 1dina/1cm<sup>2</sup>, pero esta es una unidad muy pequeña por lo que se emplea un múltiplo que resulta ser; 106 barias=1 bar. Para las aplicaciones ingenieriles, según los autores lo prefieran, se utilizan cualquiera de las unidades anteriores, por lo tanto se puede dar de referencia las siguientes equivalencias:

$$1\text{bar}=1\text{atm}=100\text{KPa}=105\text{Pa}.$$

Para la ayuda de estas equivalencias de presión se puede tomar de referencia la siguiente tabla:

---

<sup>1</sup> El Principio de Arquímedes se basa en depositar el cuerpo de volumen desconocido en un recipiente graduado con volumen controlado de líquido, el volumen de líquido desplazado por el cuerpo es su valor de volumen.

Tabla 4.2. Equivalencias de unidades de Presión.

Unidad	atm.	bar	kgf/cm <sup>2</sup>	lbf/pulg. <sup>2</sup>	mmHg	pascal (SI)	pulg. H <sub>2</sub> O
1 atmósfera	1	1,01325	1,03323	14,696	760	1,01325 E+5	406,782
1 bar	0,986923	1	1,01972	14,5038	750,064	1,0 E+5	401,463
1 kgf/cm <sup>2</sup>	0,967841	0,980665	1	14,2233	735,561	9,80665 E+4	393,701
1 lbf/pulg. <sup>2</sup>	6,8046 E-2	6,8948 E-2	7,0307E-2	1	51,7151	6894,76	27,6799
1 mmHg	1,3158 E-3	1,3332 E-3	1,3595 E-3	1,9337 E-2	1	133,β22	0,535239
1 pascal (SI)	9,8692 E-6	1,0 E-5	1,0197 E-5	1,4504 E-4	7,5006 E-3	1	4,0146 E-3
1 pulg.H <sub>2</sub> O	2,4583 E-3	2,4909 E-3	2,5400 E-3	3,6127 E-2	1,86833	249,089	1

Fuente: <http://www.eiq.cl/pproust/si/equivalencia.html>

#### 4.1.2.1 Presión Hidrostática e Hidrodinámica

Los fluidos ejercen peso y presión sobre las superficies de los recipientes y accesorios que los que lo contienen o cualquier objeto sumergido en él, a esto se le llama presión hidrostática, la cual provoca que fluidos en reposo ejerzan una fuerza perpendicular a las paredes de la superficie sin importar la orientación en las que estén las paredes; de igual manera se ejercen se ejercen tanto peso como presión cuando el fluido está en movimiento, con la diferencia de que este no tendrá una dirección constante, ya que dependerá de factores del movimiento como la dirección y la velocidad del fluido en ese punto.

### 4.1.3 Caudal

El concepto de caudal o flujo volumétrico se aplica para fluidos de cualquier tipo pero es más común en los fluidos no viscosos como son el agua, el aceite o hasta inclusive el aire y se refiere a la cantidad de fluido que se transporta (por cualquier medio) por unidad de tiempo, y como su nombre lo indica está asociado a su volumen transportado en un diferencial de tiempo.

Es decir, cuanto volumen de fluido se puede mover en un tiempo determinado, cuantos metros cúbicos o litros de agua se expulsan de la salida de una tubería en 60 segundos eso sería la definición de caudal con un ejemplo.

Para la medición del caudal se usan dispositivos llamados caudalímetros pero no son muy utilizados en la industria en la actualidad. La unidad del caudal según el SI son los metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), aunque también son utilizados los litros por segundo (L/s) y los galones por minutos (GPM).



Figura 4.13. Caudalímetro en GPM (Galones por minuto)

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/blue-white-industries/product-9059-507117.html>

## 4.2 Norma IEC 61131-3

La norma IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes:

1. Vista general.
2. Hardware.
3. Lenguaje de programación.
4. Guías de usuario.
5. Comunicación.

La norma IEC 61131-3 es la base real para la estandarización de los lenguajes de programación en la automatización, haciendo el trabajo independiente de cuál sea la compañía. Son las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje.

Otra visión distinta es dividir el estándar en dos partes:

### 4.2.1 Elementos comunes.

#### 4.2.1.1 Tipos de datos

Los tipos de datos están definidos dentro de los elementos comunes. Estos tipos de datos previenen de errores en una fase inicial, por ejemplo, la división de un dato tipo fecha por un número entero. Los tipos de datos comunes son: variables

booleanas, número entero, número real, byte y palabra, pero también fechas, horas del día y cadenas (strings).

#### **4.2.1.2 Variables**

Estos elementos comunes llamados variables le permiten al autómata programable identificar los objetos de datos cuyos contenidos pueden cambiar, por ejemplo, los datos asociados a entradas, salidas o a la memoria del mismo. Una variable se puede declarar como uno de los tipos de datos elementales definidos o como uno de los tipos de datos derivados.

#### **4.2.2 Lenguajes de programación.**

Se definen cuatro lenguajes de programación normalizados. Esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas (dialectos). Una vez aprendidos se podrá usar una amplia variedad de sistemas basados en esta norma.

Los lenguajes consisten en dos de tipo literal y dos de tipo gráfico:

##### **4.2.2.1 Literales:**

- Lista de instrucciones (IL).
- Texto estructurado (ST).

##### **4.2.2.2 Gráficos:**

- Diagrama de contactos (LD).

- Diagrama de bloques funcionales (FBD).

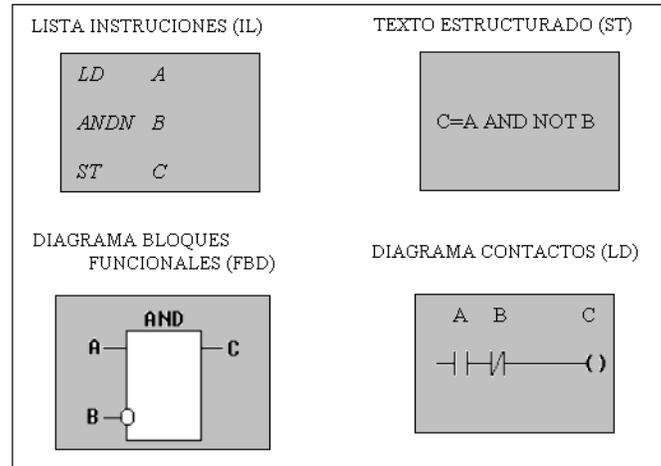


Figura 4.14. Lenguajes de Programación según norma IEC 61131-3.

Fuente: Norma IEC 61131-3

### 4.3 Automatización con el uso de PLC S7-1200

La automatización de procesos es una parte muy importante para todos los tipos de industria en la actualidad, ya que en un mercado tan competitivo las industrias deben mantenerse a la altura de sus competidores. Deben ser capaces de mantener sus equipos y servicios con la mayor disponibilidad y confiabilidad posible para mantener la mayor eficiencia de la empresa.

Las empresas incorporan autómatas programables tales como Relés Programables (Zelio Logic de la firma Schneider Electric o el LOGO de la firma Siemens) para tareas de automatización de niveles de complejidad bajos e intermedios; aparte incorporan los Controladores Lógicos Programables (PLC) para todo tipo de sistema de control eléctrico.

### 4.3.1 Historia del PLC

Los PLC se remontan a finales de la década de los 60, cuando se busca una solución de mayor eficiencia en comparación de los equipos que se utilizaban en esa época, sistemas de control fundamentados en circuitos eléctricos con interruptores, reveladores<sup>2</sup>, contadores<sup>3</sup>, entre otros componentes utilizados en sistema de control de lógica convencional. Este sistema tenía muchas desventajas, su vida útil era limitada, necesitaba de un mantenimiento muy estricto y el cableado era muy grande y complicado, por lo que cuando ocurría una falla era bastante difícil encontrarla y requería mucho tiempo.

La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) creó lo que se conoce como el primer PLC, el MODICOM (Modular Digital Controller) y el modelo fue MODICOM 084 que llegó a ser el primer PLC en ser comercializado, este modelo llegó a cubrir las necesidades que el sistema anterior no podía.

A mediados de la década de 1970 los PLC MODICON tenían dos modelos muy aclamados en su gama, los AMD 2901 y los AMD 2903, estos venían con un microprocesador muy pequeño y por lo tanto no era de gran rapidez, pero conforme la tecnología de los microprocesadores fue avanzando fueron creando PLC cada vez más grandes basados en los modelos AMD.

En la década de los 80 el tamaño de los autómatas disminuyó así como la forma de programarlos, puesto que cambiaron las computadoras personales (PC) por

---

<sup>2</sup> Reveladores: Existen físicamente y son externos al controlador; se conectan al mundo real y reciben señales de sensores, switches, etc.

<sup>3</sup> También son simulados por software y se les programa para contar pulsos de señal.

terminales que su único propósito era programar los PLC. Además de esto, para estos años la empresa General Motors pretendió que se estandarizara la comunicación entre los autómatas con un protocolo de automatización de manufactura llamado MAP.

En los años de 1990 se introducen nuevos protocolos, por ejemplo, el estándar IEC 1131-3 intentó combinar los lenguajes de programación de los autómatas para que existiera un único lenguaje estándar a nivel mundial. Ahora se tienen PLCs programados a base de diagrama de bloques, lista de instrucciones lenguaje C, entre otros. También se intentó el reemplazo de los PLCs por computadoras personales (PC) como por ejemplo, la compañía que diseñó el primer PLC (MODICON) en la actualidad realiza automatizaciones basadas en computadoras personales.

En la actualidad, los PLCs aparte de controlar la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como los controladores proporcional integral derivativo (PID). Los PLCs de hoy pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

## **4.3.2 Controlador Lógico Programable (PLC)**

### **4.3.2.1 Definición**

El Controlador Lógico Programable es un aparato electrónico que es operado de manera digital y usa una memoria interna programable para la realización de acciones y procedimientos a partir de instrucciones previamente programadas por el usuario, instrucciones utilizando funciones específicas como de tipo lógicas, secuenciales, temporización, de conteo, aritméticas, para el control mediante módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

En general podemos definir al controlador lógico programable a todo equipo electrónico que esté diseñado para el control eléctrico automatizado de procesos de cualquier tipo, funcionamiento de máquinas entre otros en tiempo real, de tal manera que el ser humano no deba estar pendiente de su funcionamiento.

### **4.3.2.2 PLC Siemens S7-1200**

El PLC S7-1200, es uno de los últimos modelos dentro de una gama de controladores SIMATIC de la firma Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es un modelo modular compacto especial para los pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.



**Figura 4.15. PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.**

Fuente: [https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

La gama de controladores lógicos programables (PLCs) S7-1200 incluye distintos modelos que pueden utilizarse para numerosas tareas. Debido a su diseño compacto, amplio juego de instrucciones y de bajo costo, los PLCs S7-1200 son especiales para controlar una gran variedad de aplicaciones. Los modelos S7-1200 y el software de programación que se basa en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

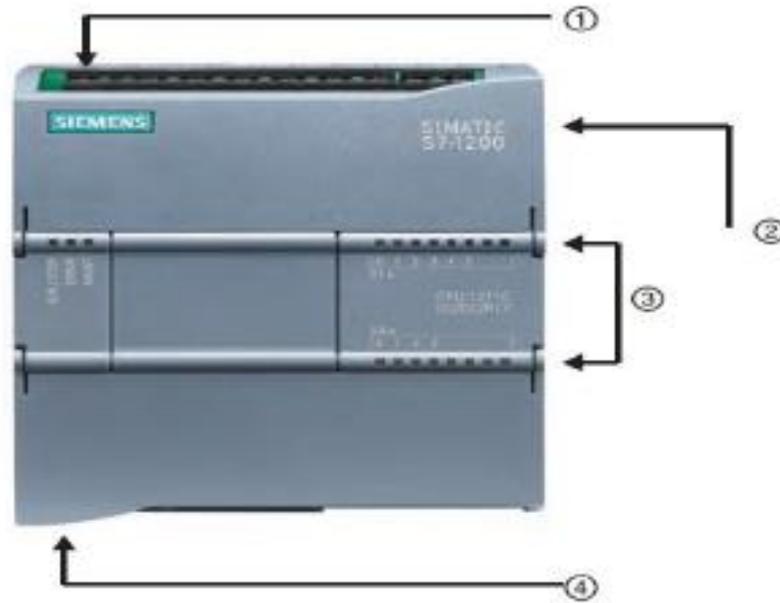
El procedimiento de solución basado en el controlador SIMATIC S7-1200, diseñado dentro de la categoría de " PLCs compactos", está compuesto por el controlador SIMATIC S7-1200 y los paneles SIMATIC HMI Basic, ambos programables con el software de configuración SIMATIC STEP 7 Basic TIA Portal.

La posibilidad de programar ambos dispositivos con el mismo software implica una reducción significativa en los costes de desarrollo.

La CPU del controlador lógico programable está conformada por un microprocesador, una fuente de alimentación interna, y los circuitos de entrada y salida para las señales que brinda las funciones primordiales, todo esto en una carcasa muy compacta, pero que a pesar de su tamaño conforman un PLC muy potente. 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.

La CPU del PLC tiene la lógica necesaria para vigilar y controlar las instrucciones dadas por el programa, pero para esto necesita que se le cargue el programa, una vez hecho vigila las entradas y controla las salidas de manera en que al usuario se lo indicó mediante el lenguaje de programación utilizado, esto puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

En la figura que se muestra a continuación se indica partes importantes con la que cuenta el PLC en su estructura, conexiones que tiene el PLC como el conector de alimentación o el puerto PROFINET.



**Figura 4.16. Partes importantes en PLC S7-1200.**

Fuente:

[https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

1. Conexión de Alimentación al PLC.
2. Slot para Memory Card (Abrir la tapa superior).
3. LEDs indicadores de estado para las entradas y las salidas.
4. Conexión PROFINET (Abrir tapa inferior).

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. Para más información sobre una CPU en particular, consulte los datos técnicos.

Tabla 4.3. Datos técnicos para distintos modelos de CPU para PLC S7-1200.

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario			
• Memoria de trabajo	• 25 KB		• 50 KB
• Memoria de carga	• 1 MB		• 2 MB
• Memoria remanente	• 2 KB		• 2 KB
E/S integradas locales			
• Digitales	• 6 entradas/4 salidas	• 8 entradas/6 salidas	• 14 entradas/10 salidas
• Analógicas	• 2 entradas	• 2 entradas	• 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	• 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	• 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

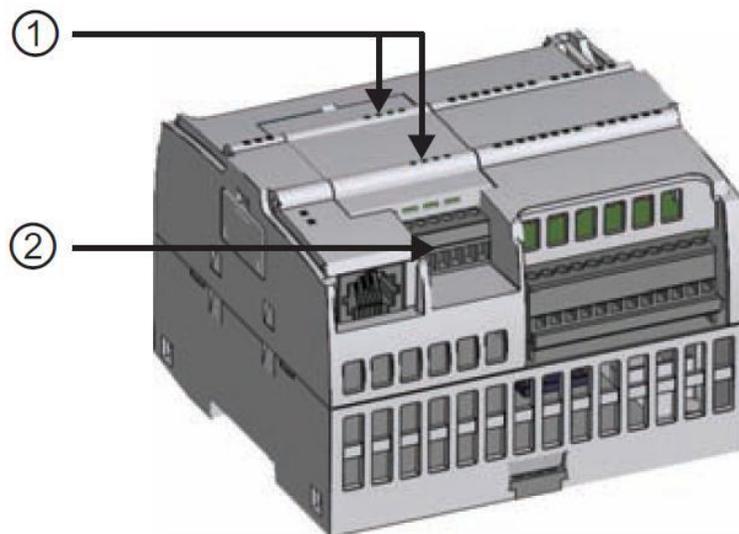
Fuente: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

#### 4.3.2.2.1 Módulos de Expansión

El módulo de expansión le permite al usuario agregar a la CPU entradas o salidas si lo necesita para la automatización, hay distintos módulos, tanto para entradas digitales como analógicas así como para salidas digitales, además de módulos para adicionar entradas y/o salidas hay módulos de comunicación que permiten al PLC opciones extras al equipo de comunicarse con más dispositivos y de distintas maneras.

Uno de estos módulos son los Signal Boards (SB), estos módulos permiten agregar entradas y salidas a la CPU, es posible agregar una sola Signal Board con E/S digitales o analógicas, se conectan al PLC en su parte delantera. Estos módulos pueden ser:

- Signal Boards con 4 E/S que cuenta con 2 entradas digitales de voltaje DC y 2 salidas digitales de voltaje DC.
- Signal Boards con 1 entrada analógica.



**Figura 4.17. Conexiones de los módulos Signal Boards.**

Fuente:

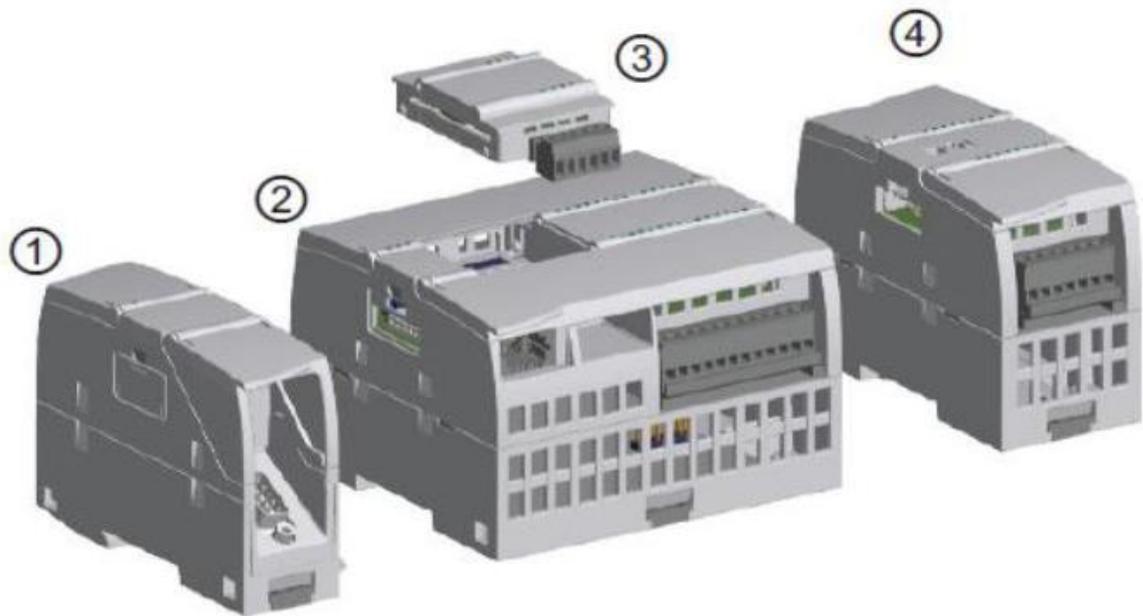
[https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

1. LEDs indicadores de estado de la SB.
2. Conectores extraíbles para el cableado.

En la gama de módulos para el PLC de la serie S7-1200 también hay módulos de señales (SM) que le permiten al usuario mayor cantidad de entrada y salidas tanto

digitales como analógicas según sea el módulo que se vaya a utilizar, estas se conectan a la derecha de la persona si se está viendo el automático desde su parte delantera.

Aparte de los módulos que ofrecen una mayor cantidad de entradas y salidas a los PLC la serie S7-1200 tiene módulos de comunicación (CM) que le permiten al usuario más flexibilidad y opciones para comunicar el PLC con más variedad de equipos y con más opciones para todos los equipos q los que se puede conectar el CPU. Estos módulos se colocan al lado opuesto de los módulos de señales, a la izquierda del PLC, como se muestra en la siguiente imagen.



**Figura 4.18. PLC y módulos de expansión para la serie S7-1200.**

Fuente:

[https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

1. Módulo de comunicación (CM).
2. PLC.
3. Módulo Signal Board (SB).
4. Módulo de señales (SM).

Tanto los módulos de señales como lo módulos de comunicación y los SB que se detallan anteriormente tienen distintas variantes que se pueden adaptar al controlador lógico programable, estos se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 4.4. Opciones de Módulos de expansión para PLC S7-1200.**

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Analógico	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM)				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• RS485</li> <li>• RS232</li> </ul>				

Fuente: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

### 4.3.3 Interfaz PROFINET

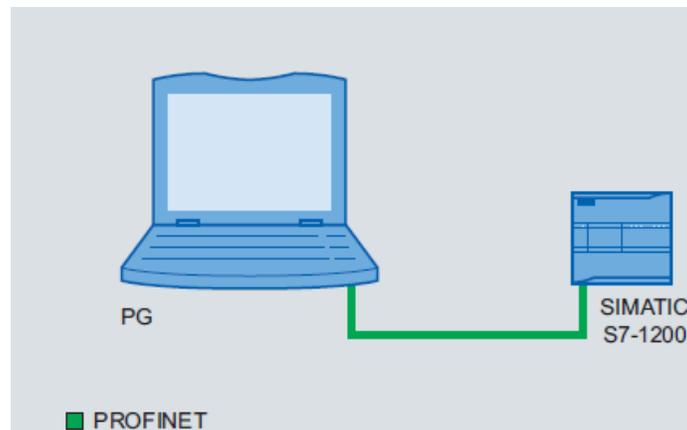
Esta interfaz que el programa tiene integrada puede ser utilizada por el usuario tanto para la programación del PLC o para comunicar vía HMI o de CPU a CPU,

además de esto es importante que permite que el PLC se comunique con equipos de otras firmas mediante protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz PROFINET integrada permite comunicar al PLC con:

- Programadora.
- Dispositivos HMI.
- Controladores SIMATIC.

Los siguientes protocolos son compatibles:

- TCP/IP.
- ISO en TCP.
- Comunicación S7.



**Figura 4.19. Conexión de PG y CPU del PLC S7-1200.**

Fuente:

<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>



**Figura 4.20. Puerto Ethernet del PLC S7-1200.**

Fuente: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

#### **4.3.4 TIA Portal V13 (STEP 7BASIC)**

Esta herramienta es bastante sencilla e intuitiva, le permite al usuario un fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización HMI y la comunicación vía Ethernet.

Para una mejor experiencia del usuario con este software, el TIA Portal tiene 2 vistas diferentes del proyecto y podrá trabajar en la que le parezca la más adecuada para el proyecto que desea desarrollar. La primera es la vista del portal en donde se tienen distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas y la segunda es la vista del proyecto, una vista orientada a los elementos del proyecto; puede cambiar de una vista a otra con un simple clic en el programa, lo que lo hace muy útil.

La vista Principal del TIA Portal STEP 7 se muestra en la siguiente figura, en ella se muestra los distintos portales y paneles que se encuentran en esta vista que el usuario obtendrá al abrir el programa en la PC.



**Figura 4.21. Vista principal del TIA Portal STEP 7.**

Fuente:

[https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

1. Portales para las diferentes tareas.
2. Tareas del portal seleccionado.
3. Panel de selección para la acción seleccionada.
4. Cambia a la vista del proyecto.

A continuación se muestra una imagen con la vista del proyecto, la cual suministra una vista muy funcional de la organización de las herramientas según la tarea que se vaya a realizar, así como de las tareas del proyecto. Es sencillo determinar la tarea que se debe seleccionar y el procedimiento que debe usarse.

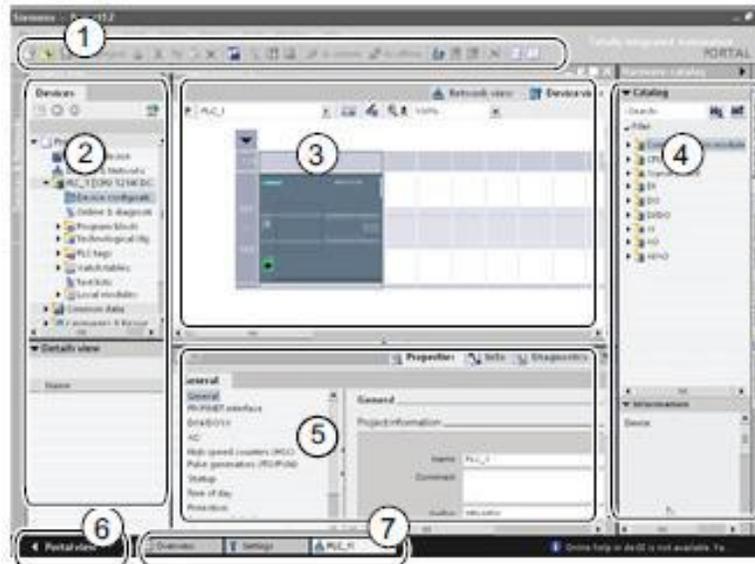


Figura 4.22. Vista del proyecto del TIA Portal STEP 7.

Fuente: [https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut\\_simatic/Documents/S7-1200\\_Paso\\_a\\_Paso\\_v1.0.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/Documents/S7-1200_Paso_a_Paso_v1.0.pdf)

En la vista del proyecto se puede observar que esta vista deja libre acceso a todos los componentes del proyecto. Dichos componentes son:

1. Menús y barra de herramientas.
2. Árbol del proyecto.
3. Área de trabajo.
4. Task Cards.
5. Ventana de inspección.
6. Cambia a la vista del portal.
7. Barra del editor.

En esta vista todos los componentes se encuentran en un mismo lugar, lo que hace fácil el acceso a todas las áreas del proyecto. Como por ejemplo, la ventana

de inspección que muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo. Al seleccionar varios objetos la ventana de inspección muestra todas las propiedades que pueden configurarse, además incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.

#### 4.3.4.1 Tipos de Bloques

Para la programación de este software primero se debe tener claros unos conceptos con los que el TIA Portal (V13 para este proyecto) basa su método de programación. Estos conceptos son los siguientes:



Figura 4.23. Concepto de Bloques en TIA Portal.

Fuente:

<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

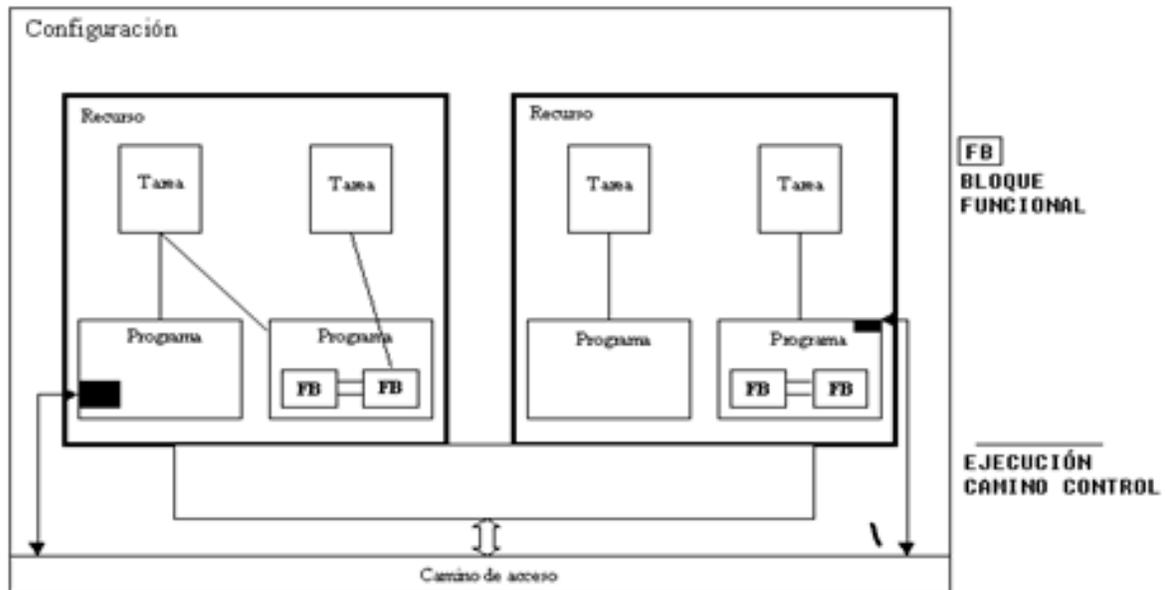


Figura 4.24. Modelo de software, que define IEC 61131-3.

Fuente: Norma IEC 61131-3.

Los *programas* están diseñados a partir de un diferente número de elementos de software, escrito en algunos de los distintos lenguajes definidos en IEC 61131-3. Típicamente, un programa es una interacción de *Funciones* y *Bloques Funcionales*, con capacidad para intercambiar datos. Funciones y bloques funcionales son las partes básicas de construcción de un programa, que contienen una declaración de datos y variables y un conjunto de instrucciones.

#### 4.3.4.1.1 Bloques de Organización (OB)

Un bloque de organización (OB) es el bloque principal de sistema y reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario. El bloque determinado para la ejecución del programa de usuario (OB1) ofrece la estructura básica y es el único bloque lógico que se requiere para el

programa de usuario. Aquí es donde se encuentra la estructura de todo el programa.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que si se incluyen otros OBs en el programa, estos interrumpen la ejecución de del OB1. Los demás OBs ejecutan funciones específicas, tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores, o ejecución de un código de programa específico en determinados intervalos.



**Figura 4.25. Representación Bloque de Organización en TIA Portal.**

Fuente: <http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DE%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

#### **4.3.4.1.2 Bloques de Función (FB)**

Un bloque de función (FB) se les adjunta una base de datos y son bloques con memoria, este bloque es una acción secundaria que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico, ya sea Bloque de Organización (OB), Bloque de Función (FB), o Función (FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros al FB e identifica un Bloque de Datos (DB) determinado, el cual almacena los datos de la llamada o instancia específica de este FB. Se ejecuta cuando se llama desde el bloque de organización, este siempre irá asociado con un bloque DB.

La modificación del DB permite a un FB genérico controlar el funcionamiento de un conjunto de dispositivos; por ejemplo, un solo FB puede controlar varias bombas o válvulas. Del mismo modo distintos DBs de instancia contienen los parámetros operativos específicos de cada bomba o válvula.



**Figura 4.26. Representación Bloque de Función en TIA Portal.**

Fuente:

<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

#### **4.3.4.1.3 Función (FC)**

También se tiene la función (FC) la cuál es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico [Bloque de Organización (OB), Bloque de Función (FB), o Función (FC)]. Estos son programas que me permiten hacer funciones específicas pero que no son capaces de memorizar las funciones.

La función no tiene un Bloque de Datos (DB) instancia asociado; el bloque que efectúa la llamada transfiere los parámetros a la FC.

Un aspecto importante de la función es que los valores de salida de la FC deben escribirse en una dirección de la memoria o en bloque de datos global.



**Figura 4.27. Representación Función en TIA Portal.**

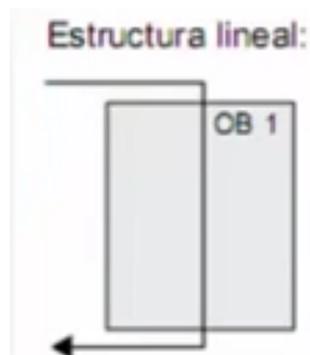
Fuente: <http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DE%20L%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

#### **4.3.4.1.4 Estructura dl programa de usuario**

Según sean los requisitos de la aplicación del proceso es posible seleccionar la estructura, ya sea lineal o modular, esto para crear el programa que el usuario requiera según sus necesidades.

##### **4.3.4.1.4.1 Estructura Lineal**

Un programa lineal ejecuta todas las instrucciones de la tarea de automatización de forma secuencial, es decir, una tras otra. Generalmente el programa lineal deposita todas las instrucciones del programa en el Bloque de operación encargado de la ejecución cíclica del programa (OB1).



**Figura 4.28. Programa de estructura lineal en TIA Portal.**

Fuente: [http://www.rocatek.com/programacion\\_de\\_plc.php](http://www.rocatek.com/programacion_de_plc.php)

#### 4.3.4.1.4.2 Estructura Modular

Un programa modular se caracteriza porque llama bloque de funciones específicos que ejecutan determinadas tareas. Para crear una estructura modular, la tarea de automatización compleja se divide en tareas subordinadas más pequeñas, correspondientes a las funciones tecnológicas del proceso.

Cada bloque lógico proporciona el segmento del programa para cada tarea subordinada. El programa se estructura llamando uno de los bloques lógicos desde otro bloque.

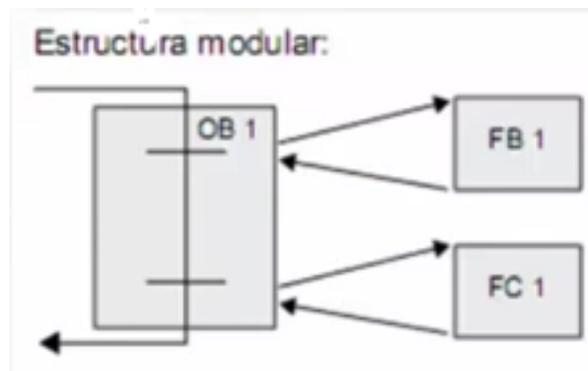


Figura 4.29. Programa de estructura Modular

Fuente: [http://www.rocatek.com/programacion\\_de\\_plc.php](http://www.rocatek.com/programacion_de_plc.php)

Creando programas lógicos genéricos se pueden reutilizar en el programa de usuario, es posible el diseño y la implementación del programa de usuario. Al utilizar bloques lógicos genéricos en este software de programación se obtienen numerosas ventajas:

- Bloques reutilizables.
- División del programa.

- Simplifica la depuración del programa.
- La puesta en marcha de la aplicación es más rápida.

Dentro de los bloques de organización OB puedo llamar tanto a los bloques de función que a su vez tienen asociado un bloque de datos de instancia y a su vez estos pueden llamar funciones como puedo llamar primero la función y a este se le llama un bloque de función que de igual manera viene con su bloque de datos de instancia, lo anterior se ilustra en la siguiente figura.

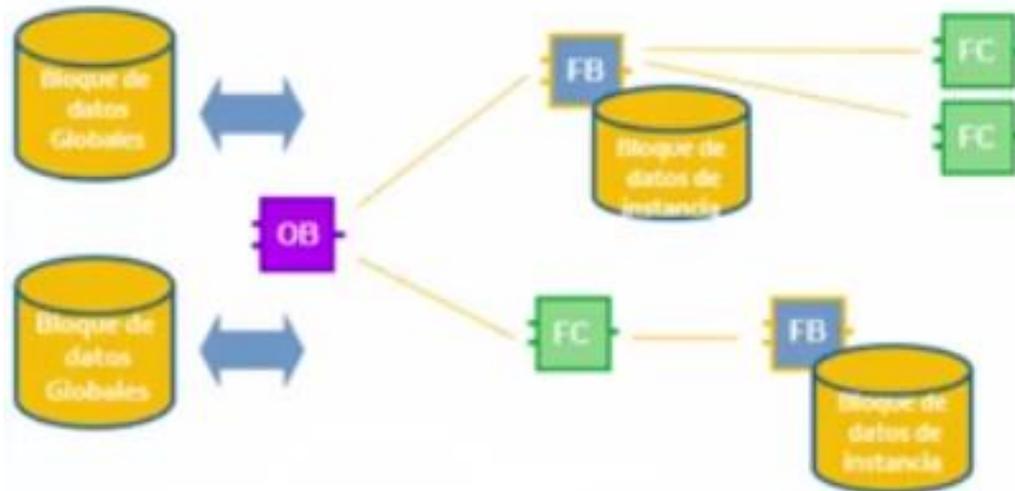


Figura 4.30. Estructura de bloques en TIA Portal.

Fuente:

<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>

#### 4.3.5 Métodos de programación

Existen varios métodos de programación para los autómatas, específicamente para los PLC, el lenguaje de programación de cada método permite que el usuario cargue el programa a la memoria del PLC utilizando el software indicado y el

programa permanece en la memoria del equipo hasta reprogramarlo; a continuación se explican los más utilizados para programar los PLC de la firma de Siemens como lo son el método de Escalera (LADDER) y el GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions).

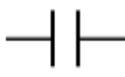
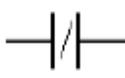
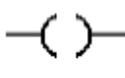
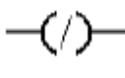
#### **4.3.5.1 Escalera**

Este método se le conoce por su nombre en inglés como LADDER o el método de contactos, esto por su funcionalidad a base de contactos ya sean abiertos o cerrados para las distintas condiciones para las cuales este tipo de lenguaje de programación es utilizado.

El método de escalera es un lenguaje de programación gráfico muy utilizado para la automatización en PLCs por la razón de que su creación está basada en esquemas de control eléctrico básicos y clásicos; otra razón es que es un método que permite trabajar con sistemas automatizados lineales o sistemas basados en condiciones, es decir, que varias salidas dependan de otras y se activen varias al mismo tiempo, y no necesariamente una seguida de la otra como en el caso de un sistema de automatización lineal.

Para programar en este método son necesarios los conocimientos del funcionamiento de los contactos eléctricos, tanto los normalmente abiertos como los cerrados, así como de otros elementos básicos de este método; en la siguiente tabla se tiene una breve descripción de los elementos básicos utilizados en una programación tipo Escalera.

Tabla 4.5. Elementos básicos para la programación del método Escalera.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.

Fuente: [www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf)

Es importante aclarar que estos no son los únicos elementos que pueden ser utilizados en este tipo de programación, simplemente son los elementos básicos que todo programa realizado con este lenguaje. También el método tiene la presencia elementos como lo son temporizadores, contadores, comparadores entre otros.

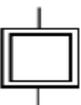
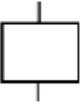
#### 4.3.5.2 GRAFCET

El método de programación GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions o su traducción en español Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones) es un método gráfico muy utilizado en la industria de control eléctrico por su facilidad para representar procesos de automatización secuenciales.

Este comportamiento secuencial lo logra describiendo gráficamente cómo va evolucionando el programa de automatización y los diferentes comportamientos del mismo, por esta razón es que a diferencia del tipo escalera se adapta mejor a las automatizaciones de tipo lineal, ya que va cumpliendo etapas y avanza a la siguiente según esté programado.

A continuación se muestra una tabla con los elementos básicos que se utilizan en la programación mediante el método de GRAFCET.

**Tabla 4.6. Elementos básicos del método de programación GRAFCET.**

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómata. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla/n. Es importante ver que la diferencia entre la "o" y la "y" en el grafcet es lo que pasa cuando se cierran
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Fuente: [www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf)

Al igual que con la tabla del método de Escalera, la tabla anterior se muestran los elementos básicos de este lenguaje de programación, pero cuenta con más elementos de control eléctrico.

#### **4.4 Telemetría**

La telemetría es una técnica automatizada de comunicación que utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque en sus orígenes se utilizaban transmisiones con cable. Esta técnica nace con el problema de que las mediciones de estadísticas y recopilación de datos se realizan en ciertos lugares alejados y de transmisión para vigilancia, y debe ser posible que estos datos lleguen a su destino con la mayor brevedad posible.

La telemetría tiene como objetivo principal controlar de manera remota el funcionamiento de equipos, corregir errores, y enviar la información hacia el sistema para que pueda ser aprovechada por el usuario, todo esto al permitir la transferencia de magnitudes físicas.

En los usos de la telemetría se puede mencionar la recopilación de datos del clima, supervisión de plantas de generación de energía, hacer seguimientos de tripulaciones, viajes espaciales, controles remotos de sistemas, transmisión de señales de activación y desactivación de equipos, entre otras aplicaciones que incluyan intercambio de datos y de señales a distancia.

El sistema basado en esta técnica consiste básicamente en dispositivo de entrada, el cual normalmente es un transductor<sup>4</sup>, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, la parte fundamental del sistema que son los dispositivos de procesamiento de señales y los dispositivos de visualización de los datos.

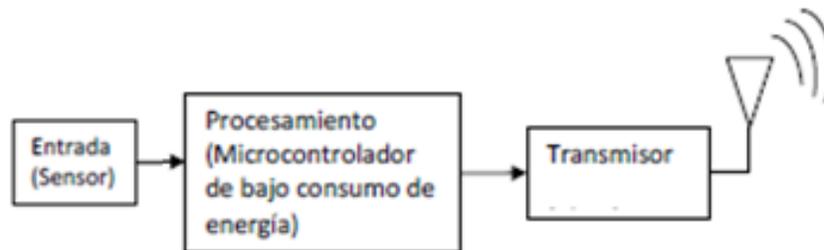


Figura 4.31. Adquisición y envío de datos.

Fuente: Elaboración propia (Word)

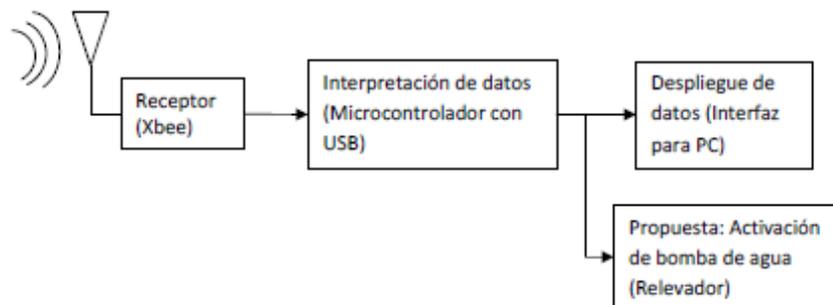


Figura 4.32. Recepción y manejo de datos.

Fuente: Elaboración propia (Word)

En los años 20 esta técnica se utilizó para la supervisión de la distribución eléctrica y su impacto en la naturaleza, este mismo sistema se introdujo en

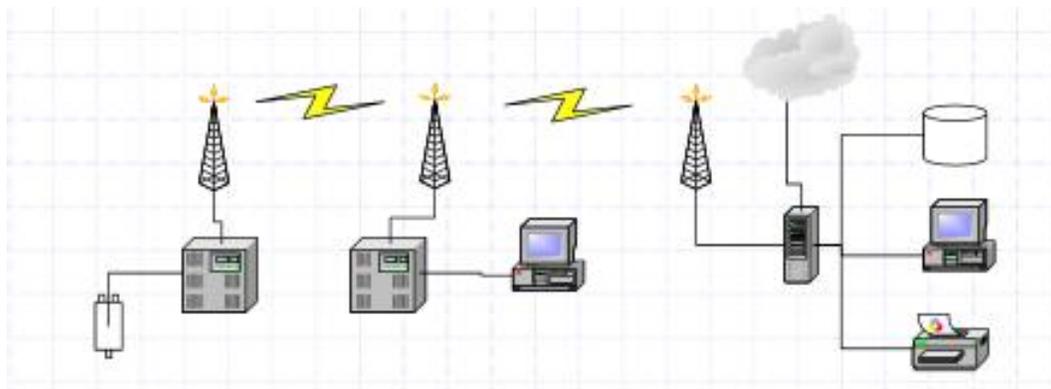
---

<sup>4</sup> El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro.

Chicago en el año 1912, utilizado en un centro de vigilancia, a principios de los años 30, se utiliza la telemetría en la aeronáutica para la recolección de datos atmosféricos por globo espacial; pero en los años 50 se amplió para la utilización de satélites para medición de las condiciones meteorológicas, la observación de fenómenos espaciales y tele-detección. Tales satélites han aumentado en su complejidad ya que, y hay varios cientos de ellos que la órbita de la Tierra.

Otro apasionante campo es el de la oceanografía, que implica la recopilación de datos remotamente relacionadas con los aspectos bajo el mar, como la composición química de las rocas submarinas o su comportamiento sísmico.

A modo de resumen la tecnología de telemetría busca el envío de señales para comunicar equipos de manera inalámbrica para aquellas circunstancias que la comunicación mediante cables sea muy complicada o del todo sea imposible, en la siguiente figura se muestra el método de operación de esta técnica.



**Figura 4.33. Telemetría: Diagrama de funcionamiento.**

Fuente:

<http://www.waterygymex.org/contenidos/pdf/Sistema%20de%20Automatizacion%20SAPAL.pdf>

La telemetría ofrece como principal ventaja la facilidad para intercambiar señales, y todo tipo de información a una larga distancia, para así solucionar la problemática de sistemas que deban comunicarse pero por la distancia o condiciones adversas presentes entre 2 o más lugares por comunicar no se puedan realizar mediante un cableado normal.



**Figura 4.34. Alcance de sistemas de telemetría.**

Fuente: [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/celaya\\_gto.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/celaya_gto.pdf)

## **4.5 Sensores para Control Eléctrico**

Los sensores para control eléctrico son una parte esencial de la industria de la automatización, porque son los encargados de indicarle al autómatas el estado en el que está el proceso en cualquier momento; son muy importantes en todo tipo de industria tales como automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, entre otras; no sólo en el mercado de la automatización.

Es un dispositivo electromecánico que se encarga de transformar magnitudes físicas en señales equivalentes de voltaje para que puedan ser utilizados por los equipos de automatización.

El sensor capta la magnitud física y se encarga de brindar una señal eléctrica de voltaje según sea la captación de dicha variable, esta señal de voltaje pasa por un

circuito con el que cuenta el sensor para manipular el voltaje según sea el funcionamiento de dicho sensor, como cambiar su magnitud o transformarla de AC<sup>5</sup> a DC<sup>6</sup> o viceversa.

#### 4.5.1 Tipo de Señales

Para el control eléctrico es importante el conocer la diferencia entre 2 tipos de señales que los sensores de control eléctrico pueden entregar al usuario, estas señales pueden ser digitales o analógicas, a continuación una breve explicación de ambas.

En el PLC esto resulta de gran importancia porque la mayoría de estos trabajan mayormente con señales digitales, ya que su construcción así lo permite, algunos traen integrado entradas analógicas pero no en la misma cantidad que entradas digitales, aunque está la posibilidad para que el usuario adapte módulos para señales analógicas si lo requiere.

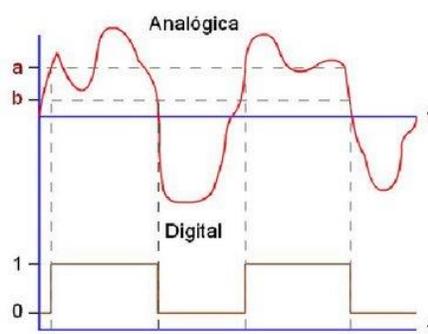


Figura 4.35. Comparativa entre una señal analógica y una digital.

Fuente: m.sistemasdecomunicaciones.mex.tl

---

<sup>5</sup> Corriente Alterna: Es aquella que cambia su sentido de circulación un determinado número de veces según sea su frecuencia (No tiene polaridad).

<sup>6</sup> Corriente Directa: Es aquella que fluye a lo largo de un circuito eléctrico en un mismo sentido, es por esto que tiene polaridad, cuenta con cable positivo y negativo.

#### 4.5.1.1 Señales Digitales

Son variables eléctricas de tipo discreto, es decir, que se caracterizan por ser capaces de adoptar una cantidad limitada de valores, utiliza código binario<sup>7</sup> para su funcionamiento, por lo que la señal sólo entrega dos opciones. Estas señales son más comunes en control eléctrico porque son el tipo de señales que entregan sensores como finales de carrera y sensores de posición.



Figura 4.36. Final de carrera que entrega una señal digital.

Fuente: [www.tecnologia-tecnica.com.ar](http://www.tecnologia-tecnica.com.ar)

#### 4.5.1.2 Señales Analógicas

Son variables eléctricas de tipo continuo, por lo tanto pueden adoptar una cantidad infinita de valores, es decir su valor puede ser cualquiera entre dos rangos de graduación que el sensor tenga por defecto. Un ejemplo de una señal analógica son los sensores de temperatura que se utilizan para aplicaciones de control eléctrico, estos captan un valor de temperatura que puede ser cualquier valor

---

<sup>7</sup> Sistema de numeración utilizado en control eléctrico en el que se representan los números con dos cifras, 0 y 1, cada uno tiene un voltaje asociado (0 tendrá 0V en su señal y 1 el valor máximo de voltaje que se esté trabajando) y significa que 1 es encendido y apagado es 0.

entre  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  y convierte estos valores a un equivalente en un valor de voltaje.



**Figura 4.37. Sensor de temperatura que entrega señal analógica.**

Fuente: [www.pce-medidores.com.pt](http://www.pce-medidores.com.pt)

## **4.6 Relés**

Los relés son dispositivos electrónicos que cumplen funciones de interrupción o de conmutación que se activan a partir de señales digitales, por ese motivo son muy funcionales en los proyectos de control eléctrico.

Funciona como un interruptor que es controlado a partir de un circuito eléctrico que por medio de una bobina y un electroimán se activan o desactivan contacto(s) y estos a su vez otros circuitos eléctricos independientes. Cuando el electroimán está desconectado un resorte mantiene la palanca del relé lejos del polo magnético y lo mantiene en este estado hasta que al pasar energía por la bobina electromagnética una placa es empujada hacia el resorte para completar el circuito electromagnético y de esta manera el contacto cambiará su estado, el que contacto que estaba cerrado se abrirá y viceversa.

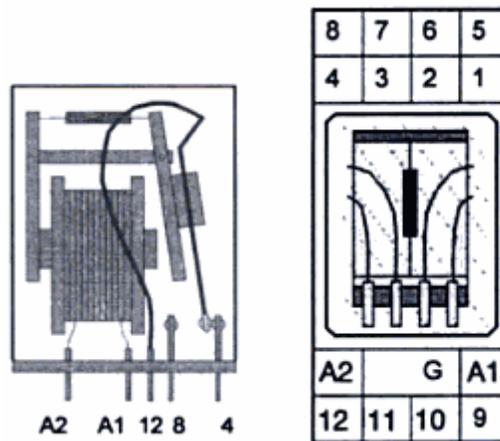


Figura 4.38. Estructura de un Relé.

Fuente: <http://losamos15.blogspot.com/2012/03/rele.html>

#### 4.6.1 Ventajas del uso del Relé

Una gran ventaja en el uso de los relés electrónicos es que tiene una separación eléctrica total entre las distintas corrientes que circulan por él, la de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán y los circuitos accionados por los contactos del relé, por lo que estos dispositivos nos dan la posibilidad de manejar altos voltajes o altas potencias con bajos voltajes de control como por ejemplo 5V, 9V, 12V o 24V.



Figura 4.39. Relé de 24 VDC.

Fuente: <http://losamos15.blogspot.com/2012/03/rele.html>

## 4.7 Manómetros

Un manómetro es un instrumento de medición de la presión de los fluidos tanto líquidos como en estado gaseoso en compartimientos totalmente cerrados. Su funcionamiento se basa en medición de la diferencia entre la presión absoluta del fluido y la presión atmosférica, este valor de la diferencia de presiones se llama presión manométrica. Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica con la de dentro del compartimiento en donde se encuentra el fluido.



**Figura 4.40. Manómetros.**

Fuente: flexilatina.com

### 4.7.1 Manómetros digitales

Este tipo de manómetros son caracterizados porque tienen una pantalla integrada que le indica el valor de presión que se está midiendo, están dirigidos por un microprocesador y garantizan alta precisión y fiabilidad. Un display marca directamente la presión del fluido en pantalla.



**Figura 4.41. Manómetros digitales.**

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>

#### 4.7.2 Manómetros analógicos

Este tipo de manómetros se caracterizan porque su lectura se debe hacer en una escala que el dispositivo trae normalmente en su carátula, su funcionamiento se basa en que el valor de presión que se mide actúa sobre un material elástico produciendo el desplazamiento de la aguja sobre la caratula para poder medir la presión. A este tipo de manómetro pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma, entre otros.



**Figura 4.42. Manómetro analógico.**

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>

# **5 Capítulo V. Automatización del Sistema de Bombeo**

## 5.1 Lógica de Programación

Para el desarrollo del programa que será utilizado en la automatización del sistema de bombeo del hotel existen algunos métodos que hacen el trabajo más fácil, como por ejemplo, los denominados diagramas GRAFCET los cuales hacen más sencilla la tarea de programar el autómeta debido a que realiza una secuencia paso a paso de manera muy ordenada y eficiente para la detección de errores.

Otro método es el diagrama Escalera o de contactos, el cual es un método que al igual que el GRAFCET es fácil de programar, y facilita la programación de la programación, entre sus principales ventajas es que cada salida se activa independiente de las otras salidas, por lo que un error en alguna de ellas se debe revisar sólo el segmento de esa salida. Para la programación del PLC S7-1200 se utilizará este método.

Antes del desarrollo de la programación del PLC, debe realizarse la documentación necesaria, como pueden ser las etapas de funcionamiento del proceso, las entradas y salidas a las cuales están conectados los sensores y demás dispositivos o equipos, de esta manera se realizará la programación de la secuencia sin inconvenientes logrando un funcionamiento óptimo del módulo de clasificación de piezas.

### 5.1.1 Variables del sistema

Las variables de entradas y salidas que se seleccionaron para el sistema serán detalladas en las siguientes tablas. Las entradas así como las salidas deben estar correctamente identificadas en el PLC para poder realizar la conexión respectiva, ya que también nos servirá para la asignación de las direcciones de memorias de las entradas y salidas en el programa TIA Portal del PLC Siemens.

**Tabla 5.7. Lista de Entradas del sistema.**

#	Nombre de Entrada	Símbolo	Dirección Física	Tipo de Entrada
1	Arranque	Arr	I0.0	Digital
2	Pare	P	I0.1	Digital
3	Nivel Bajo Tanque 1	NB1	I0.2	Digital
4	Nivel Medio Tanque 1	NM1	I0.3	Digital
5	Nivel Alto Tanque 1	NA1	I0.4	Digital
6	Nivel Crítico Tanque 2	NC2	I0.5	Digital
7	Nivel Bajo Tanque 2	NB2	I0.6	Digital
8	Nivel Medio Tanque 2	NM2	I0.7	Digital
9	Nivel Alto Tanque 2	NA2	I1.0	Digital
10	Sobrecarga 1	Sc1	I1.1	Digital
11	Sobrecarga 2	Sc2	I1.2	Digital
12	Sobrecarga 3	Sc3	I1.3	Digital
13	Selector 1	S1	I1.4	Digital
14	Selector 2	S2	I1.5	Digital
15	Medidor de Presión Entrada	MPE	IW.64	Analógica
16	Medidor de Presión Salida	MPS	IW.66	Analógica

Fuente: Elaboración Propia (Excel).

La tabla anterior que muestra las entradas del sistema indica la entrada, su tipo, ya sea digital o analógica, su símbolo abreviado y lo más importante su dirección física para su correcta conexión en el PLC. Se tienen mayormente entradas digitales que tienen un voltaje de 24VDC y 2 entradas analógicas que entregan un voltaje de 8 a 30 VAC según la ficha técnica del sensor.

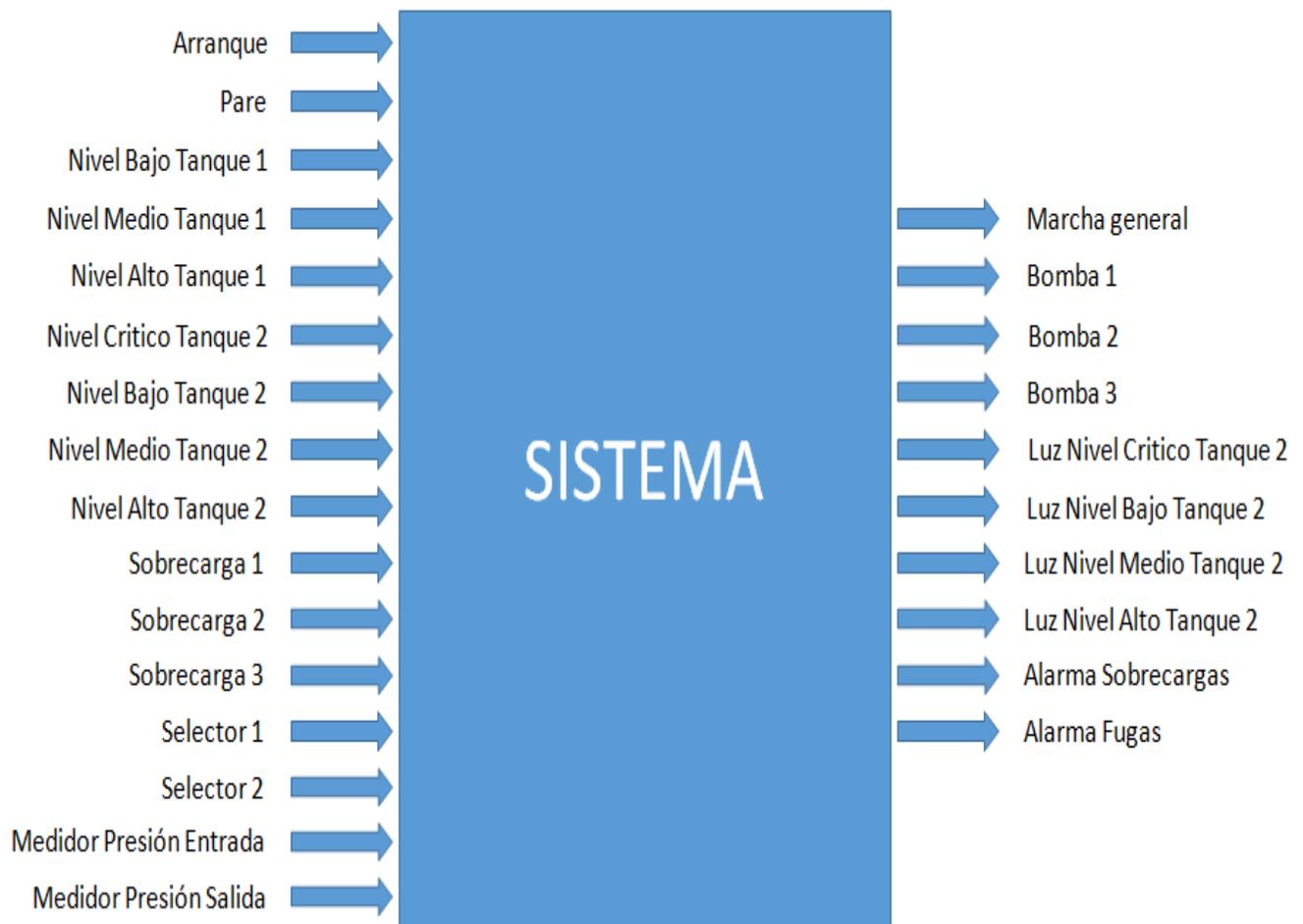
**Tabla 5.8. Lista de Salidas del Sistema.**

#	Nombre de Salida	Símbolo	Dirección Física	Tipo de Salida
1	Marcha general	Mg	Q0.0	Digital
2	Bomba 1	B1	Q0.1	Digital
3	Bomba 2	B2	Q0.2	Digital
4	Bomba 3	B3	Q0.3	Digital
5	Luz Nivel Crítico Tanque 2	LNC2	Q0.4	Digital
6	Luz Nivel Bajo Tanque 2	LNB2	Q0.5	Digital
7	Luz Nivel Medio Tanque 2	LNM2	Q0.6	Digital
8	Luz Nivel Alto Tanque 2	LNA2	Q0.7	Digital
9	Alarma Sobrecarga	AS	Q1.0	Digital
10	Alarma Fuga	AF	Q1.1	Digital

Fuente: Elaboración Propia (Excel).

Al igual que con la tabla de entradas, la tabla anterior muestra la salida, su tipo, ya sea digital o analógica, su símbolo abreviado y lo más importante su dirección física para su correcta conexión en el PLC. En este caso sólo se tienen salidas de tipo analógico, las cuales entregan un voltaje de 24VDC cuando estén activas.

Las entradas y salidas que gobiernan la lógica del proyecto se presentan en la siguiente figura que muestra todas las variables del sistema de una manera gráfica.



**Figura 5.43. Diagrama de entradas y salidas del sistema a automatizar.**

Fuente: Elaboración propia. (PowerPoint)

### **5.1.2 Secuencia de proceso**

A continuación se muestra de forma detallada cuáles van a ser los pasos que debe seguir el algoritmo para la programación del proceso a ejecutarse.

1. Se da la pulsación del botón de Arranque (Arr), el cual activa la marcha general (Mg).
2. Los sensores de niveles del tanque 1 indican el nivel de agua en el primer tanque. (NB1, NM1, NA1)
3. Si el nivel de agua del tanque 1 no está a la mitad de su capacidad la bomba 1 deberá entrar en funcionamiento.
4. El sensor de nivel alto del tanque 1 (NA1) apaga la bomba 1.
5. El selector de bomba (S1) indica la selección de la bomba que estará en funcionamiento. Si está en posición de 0 se seleccionará la bomba 2 y si el selector está en posición 1 se encenderá la bomba 3.
6. Si el selector 2 (S2) está activado, funcionarán ambas bombas. Se activa cuando esté encendida la bomba 2 y este selector activa la bomba 3 sin apagar la 2.
7. Los sensores de niveles del tanque 2 indican el nivel de agua en el tanque de abastecimiento del hotel. (NC2, NB2, NM2, NA2)
8. Si el tanque 2 no está en el segundo nivel de medición (NB2) y el tanque 1 tiene al menos la mitad de su capacidad de agua se enciende la bomba seleccionada.
9. Si está la alarma de fugas se activa la bomba 2 se apagará y la bomba 3 se encenderá.

10. El sensor de nivel alto del tanque 2 (NA2) desactiva las bombas 2 y/o 3.
11. El sensor del nivel crítico del tanque 2 enciende la luz indicadora de un  $\frac{1}{4}$  del nivel de agua en el tanque 2 (LNC2).
12. El sensor del nivel bajo del tanque 2 enciende la luz indicadora de un  $\frac{1}{2}$  del nivel de agua en el tanque 2 (LNB2).
13. El sensor del nivel medio del tanque 2 enciende la luz indicadora de  $\frac{3}{4}$  del nivel de agua en el tanque 2 (LNM2).
14. El sensor del nivel crítico del tanque 2 enciende la luz indicadora de nivel máximo de agua en el tanque 2 (LNA2).
15. La sobrecarga 1 (Sc1) apaga la bomba 1.
16. La sobrecarga 2 (Sc2) apaga la bomba 2.
17. La sobrecarga 3 (Sc3) apaga la bomba 3.
18. Al activarse cualquiera de las 3 sobrecargas activan la alarma de sobrecargas (AS) y apaga la marcha general y el sistema completo.
19. Los medidores de presión analógicos (MPE, MPS) indican al sistema cual es la presión en la entrada y en la salida de la tubería principal.
20. El temporizador (T) le da tiempo al sistema que llene la tubería y halla un valor de presión de salida y no se active la alarma de fugas al inicio porque se va a leer 0 psi de presión.
21. Una diferencia de presiones en la tubería principal de 10 psi o más activa la alarma de fugas.
22. La alarma de fugas (AF) apaga la bomba 2 y enciende la bomba 3.
23. Se da la pulsación del botón de Pare (P), el cual desactiva la marcha general y para el sistema.

### 5.1.3 GRAFCET

Para la elaboración de un GRAFCET y la posterior programación con este tipo de lenguaje se hacen necesarios ciertos conocimientos básicos de los elementos que intervienen y la forma de funcionamiento del método.

El GRAFCET es un método gráfico de modelado de sistemas para realizar programas de automatismo de carácter secuencial. Para realizar el programa deseado en lenguaje GRAFCET, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- Se divide el proceso en etapas que serán activadas una tras otra.
- Para cada una de las etapas se le asocian acciones que sólo serán efectivas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y esta activa la etapa anterior.
- El cumplir la condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.
- No pueden haber etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.

A continuación se presenta el diagrama GRAFCET diseñado para el proceso que se desea automatizar en el sistema de bombeo. En este diagrama se tiene 2 puntos en los cuales es importante hacer énfasis, luego de la etapa 2 se tiene una divergencia en Y, y antes de llegar a la etapa 3 hay una convergencia en O.

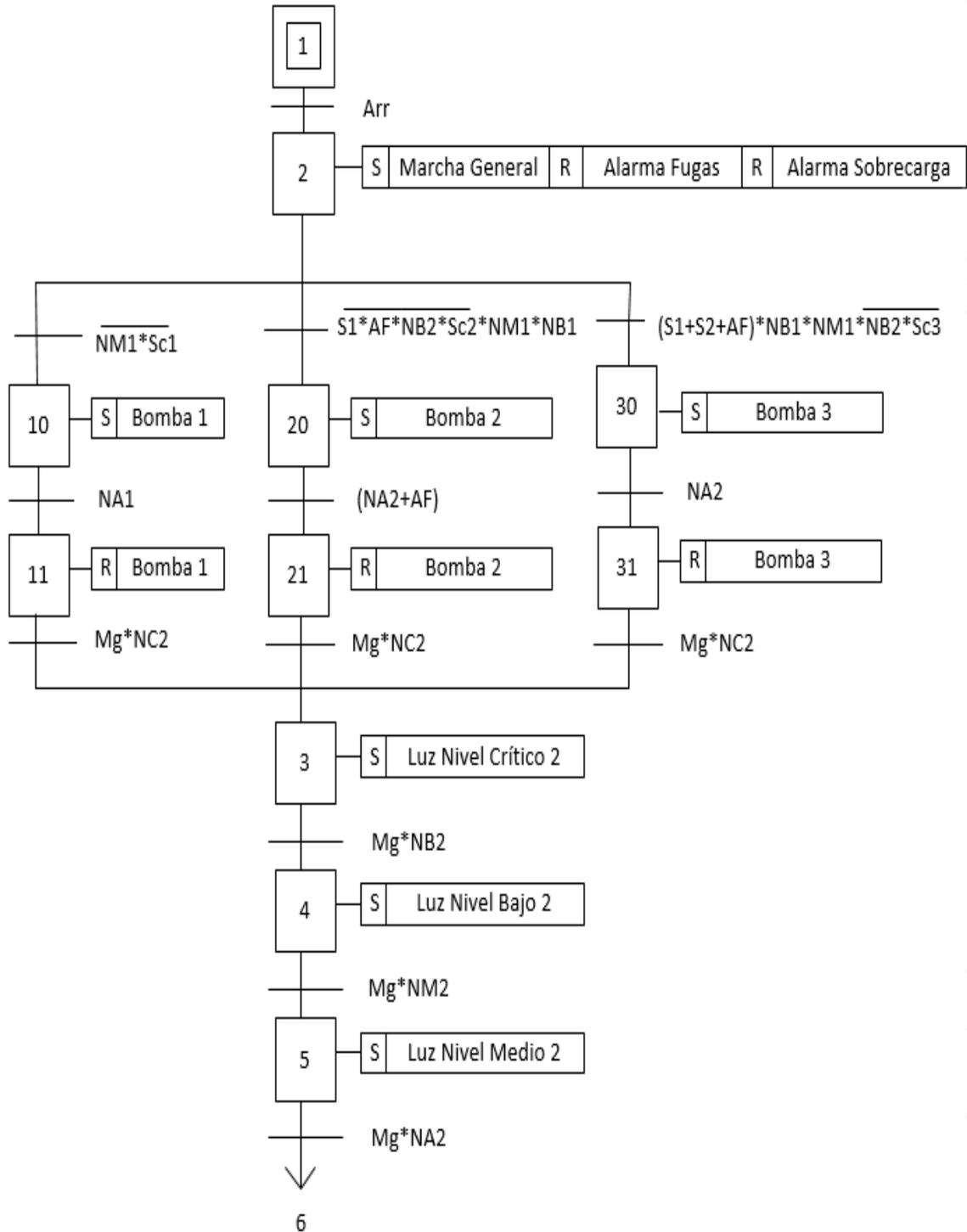


Figura 5.44. Diagrama del GRAFCET del proceso.

Fuente: Elaboración propia (Visio).

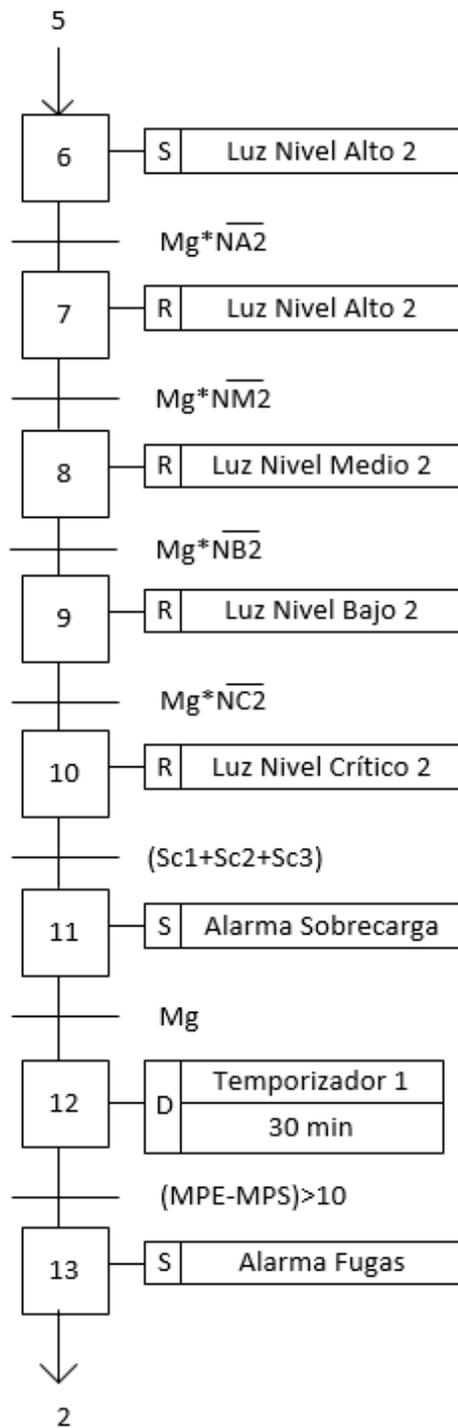


Figura 5.45. Continuación de GRAFCET.

Fuente: Elaboración propia (Visio).

### 5.1.4 Determinación de las ecuaciones

Las ecuaciones se obtienen del diagrama GRAFCET realizado anteriormente. Como se puede observar en la tabla de salidas se tienen 10 salidas, y para cada salida se tiene una ecuación.

Tabla 5.9. Ecuaciones de control para las salidas del sistema.

Mg=	$(Arr + Mg) \cdot \overline{P} \cdot \overline{AS}$
B1=	$Mg \cdot \overline{Sc1} \cdot (\overline{NM1} + B1) \cdot \overline{NA1}$
B2=	$Mg \cdot \overline{S1} \cdot \overline{Sc2} \cdot \overline{AF} \cdot NB1 \cdot [(\overline{NB2} \cdot NM1) + B2] \cdot \overline{NA2}$
B3=	$Mg \cdot (S1 + S2 + AF) \cdot \overline{Sc3} \cdot NB1 \cdot [(\overline{NB2} \cdot NM1) + B3] \cdot \overline{NA2}$
LNC2=	$Mg \cdot NC2$
LNB2=	$Mg \cdot NC2 \cdot NB2$
LNM2=	$Mg \cdot NC2 \cdot NB2 \cdot NM2$
LNA2=	$Mg \cdot NC2 \cdot NB2 \cdot NM2 \cdot NA2$
AS=	$Sc1 + Sc2 + Sc3$
AF=	$Mg \cdot T1 \cdot [(MPE - MPS) > 10]$

Fuente: Elaboración Propia (Word).

### 5.1.5 Diagrama Escalera

El método es muy simple y de fácil aprendizaje, a la vez muy didáctico para la realización de automatizaciones, razón por la cual se le emplea para la programación del PLC S-7 1200, empleado en el presente proyecto.

Se puede obtener a partir del GRAFCET y es básicamente una representación gráfica de las ecuaciones de control que se muestran en la tabla anterior, puesto que es la misma lógica de programación pero representada por contactos, temporizadores, contadores, comparadores, entre otros.

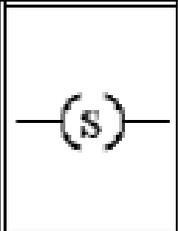
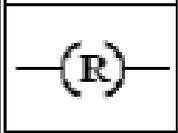
Para la elaboración de un correcto diagrama escalera para la posterior programación es necesario tener ciertos conocimientos básicos de los elementos que intervienen y la forma de funcionamiento del método.

Este es un método gráfico de modelado de programas de automatización de tipo no secuencial, esto porque las salidas se pueden activar en cualquier momento mientras se cumplan las condiciones para su funcionamiento, esto sin que las salidas tengan un orden predeterminado (esto no quiere decir que unas salidas o acciones no dependan de otras, por ejemplo, en esta automatización muchas de las salidas están sujetas a otra salida como lo es la Marcha general). Para realizar el programa deseado en lenguaje LADDER, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- Se divide el proceso en segmentos que activarán una salida o una acción.
- Para cada uno de los segmentos se le asocian condiciones.

- Una salida se activa cuando se cumple las condiciones necesarias para permitir el paso de corriente a la misma.
- Una salida se mantiene activa mientras llegué corriente a su terminal, a excepción que sean salidas de SET o RESET.
- Las acciones o salidas de cada segmento son independientes a otros segmentos a no ser que el usuario coloque como condición una salida o acción de otro segmento.

Tabla 5.10. Salidas de tipo SET y RESET para diagramas escalera.

	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: [www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf)

El desarrollo de este método se mostrará en el siguiente apartado al programarse en software TIA Portal V13, en el cuál como ya se mencionó, se programará mediante el diagrama Escalera o diagrama de contactos.

## 5.2 Programación del PLC S7-1200

### 5.2.1 Configuración del CPU

La programación del PLC S7-1200 requiere del software TIA Portal de Siemens, para este proyecto se cuenta con la versión 13, el cual proporciona un entorno de

fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red. Para aumentar la productividad, TIA Portal V13 ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto).

El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto. Es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. Estas y muchas otras ventajas hacen que TIA Portal V13 sea un software muy amigable e intuitivo para los programadores.

Para crear un programa de usuario para las tareas de automatización, las instrucciones del programa se insertan en bloques (OB, FB o FC). Al insertar un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación (KOP, FUP o SCL) que empleara dicho bloque.

El lenguaje de programación que se empleará es el esquema de contactos (KOP) o diagrama escalera. Este lenguaje utiliza los elementos de un esquema de circuitos tales como, contactos normalmente cerrados, contactos normalmente abiertos, bobinas y estos se combinan para formar segmentos.

Para poder ingresar a editar un segmento del programa primeramente se debe agregar un dispositivo, en este caso se agrega el PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC.

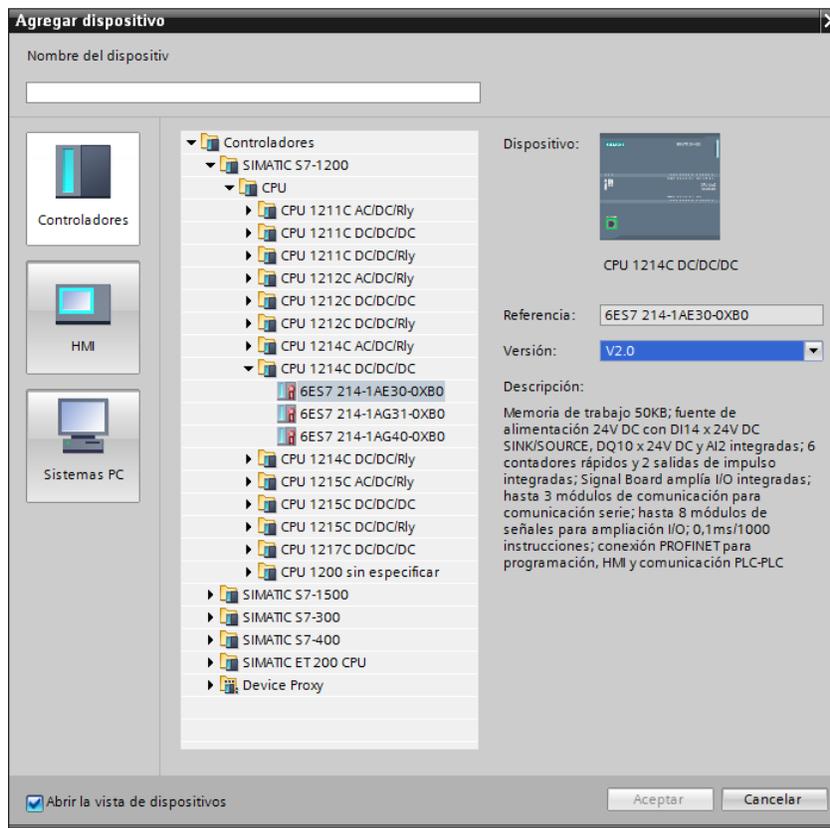


Figura 5.46. Agregar el modelo de CPU correcto.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

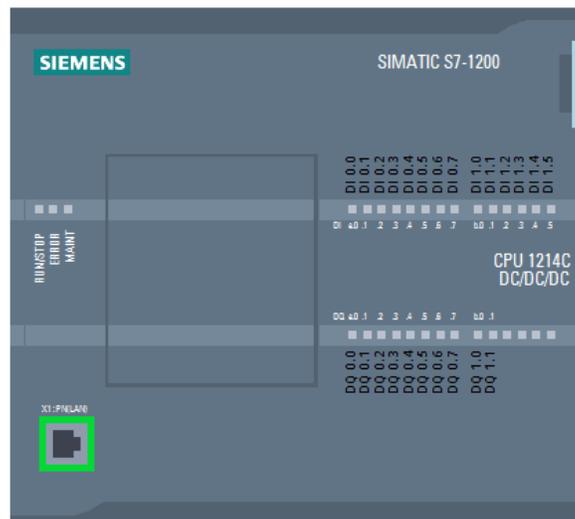
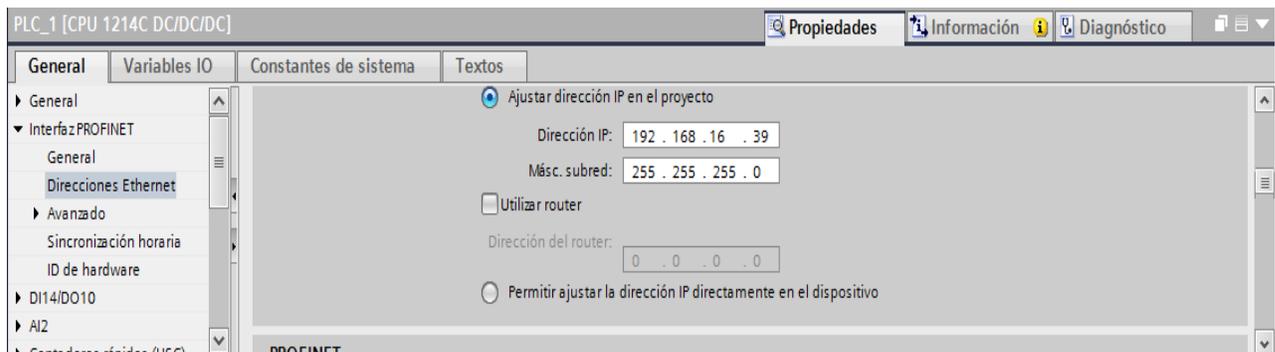


Figura 5.47. CPU seleccionado.

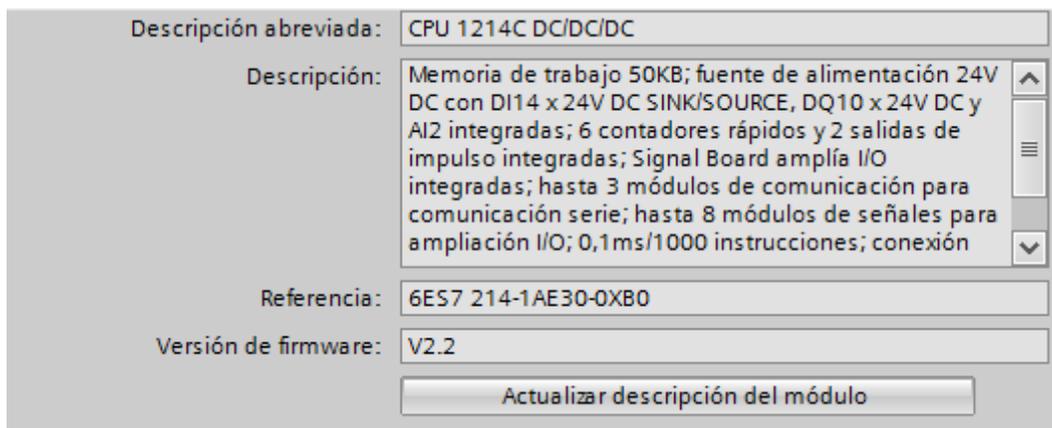
Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

Después de agregar el dispositivo, automáticamente se abre una pantalla donde se lo puede configurar, asignándole una dirección IP a la interfaz PROFINET para que pueda hacer conexión con la computadora (PC).



**Figura 5.48. Configuración dirección IP.**

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)



**Figura 5.49. Descripción detallada del CPU.**

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

## **5.2.2 Programación del FC (Función)**

Para la programación se seleccionará un bloque tipo FC, una función, esto debido a que para la automatización no es necesario que el FC contenga un bloque de

datos asociados, ya que no es necesario que el sistema guarde datos en su memoria. Al seleccionar el FC, se deberá elegir el lenguaje de programación KOP.

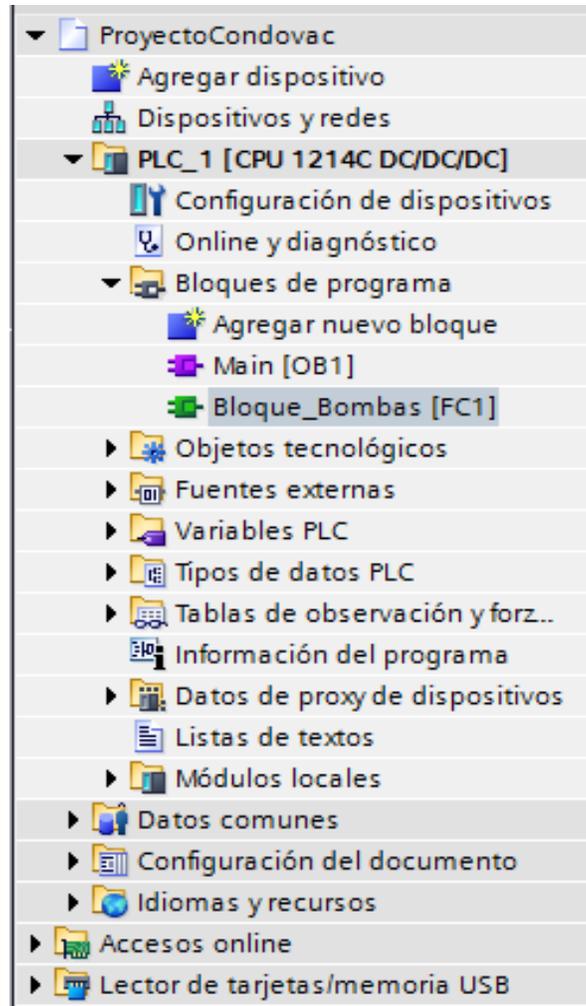


Figura 5.50. Agregar Bloque tipo FC.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

En el bloque de Función para un mejor manejo de las variables de entradas y de salidas conectadas al PLC, así como las memorias y otras variables internas que se utilizarán durante toda la programación es posible crear una tabla de variables, donde se debe asignar nombres a dichas variables, de preferencia nombres que

puedan ser recordadas con facilidad, o caso contrario a la tabla de variables, manejar dichas variables de forma normal.

	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	Arranque	Bool
3	Pare	Bool
4	Nivel Bajo Tanque 1	Bool
5	Nivel Medio Tanque 1	Bool
6	Nivel Alto Tanque 1	Bool
7	Nivel Critico Tanque 2	Bool
8	Nivel Bajo Tanque 2	Bool
9	Nivel Medio Tanque 2	Bool
10	Nivel Alto Tanque 2	Bool
11	Sobrecarga 1	Bool
12	Sobrecarga 2	Bool
13	Sobrecarga 3	Bool
14	Selector 1	Bool
15	Selector 2	Bool
16	Medidor Presion Entrada	Int
17	Medidor Presion Salida	Int
18	Output	
19	Marcha general	Bool
20	Bomba 1	Bool
21	Bomba 2	Bool
22	Bomba 3	Bool
23	Luz Nivel Critico Tanque 2	Bool
24	Luz Nivel Bajo Tanque 2	Bool
25	Luz Nivel Medio Tanque 2	Bool
26	Luz Nivel Alto Tanque 2	Bool
27	Alarma Sobrecargas	Bool
28	Alarma Fugas	Bool

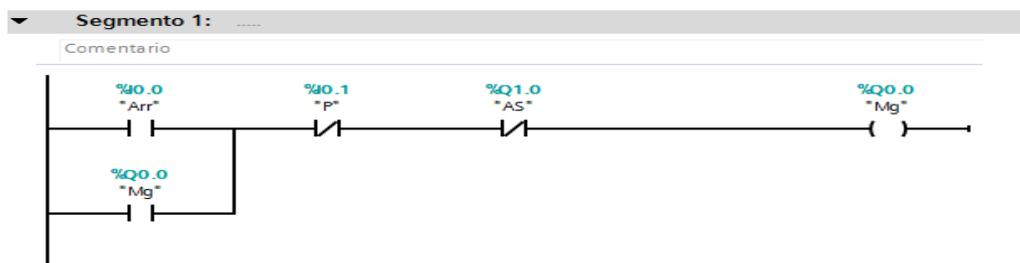
Figura 5.51. Tabla de variables en FC.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

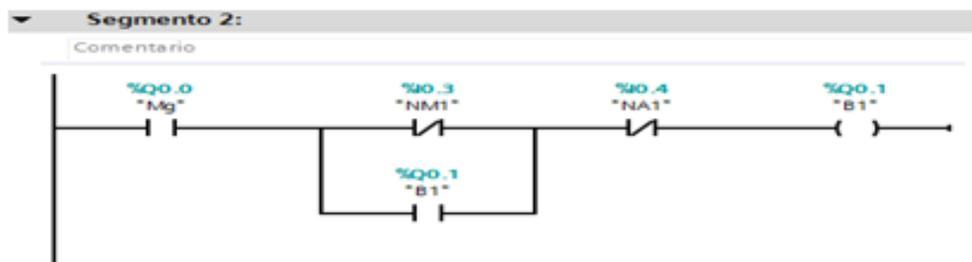
Una vez hecho esto es hora de programar, en el árbol del proyecto nos vamos Bloques de programa, ahí encontramos nuestra Función [FC], donde se desarrollará la lógica de programación, damos doble click, y nos aparece nuestro primer segmento donde se empieza a programar de forma lineal en lenguaje LADDER, de manera que

sea sencillo el diagnóstico de posibles errores, así como las posteriores modificaciones que puedan realizarse, esta forma de programación es la más utilizada en la automatización de procesos.

A continuación se muestran los segmentos de la programación realizada en el software TIA Portal mediante el lenguaje de programación LADDER o diagrama de escalera, tipo KOP en el software.

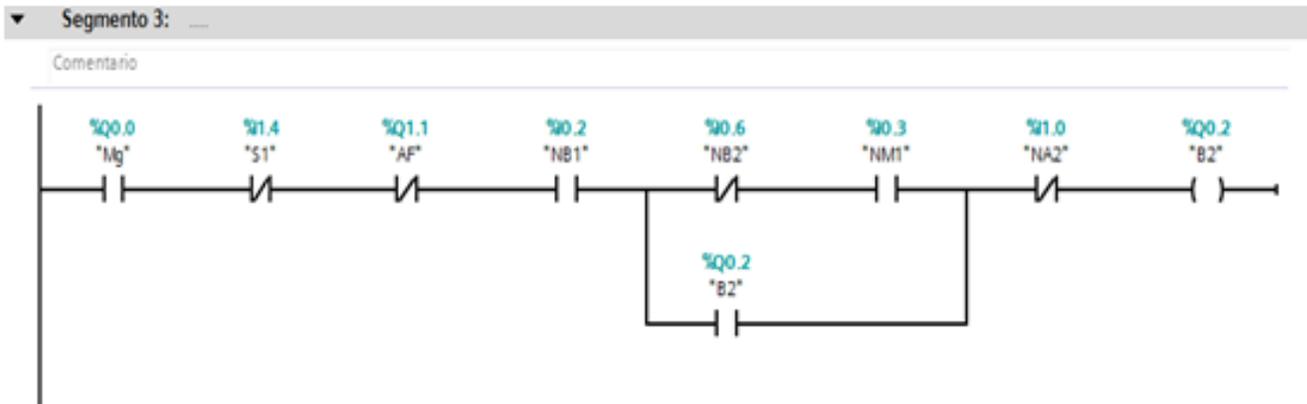


En este segmento se debe dar arranque al sistema al presionar el botón de arranque, el cual cerrará el contacto y activará la marcha general, que es la indicadora que el sistema está activo, y a su vez activa el contacto de marcha general para crear una memoria y el sistema quede activado hasta que se presione el botón de pare o se presente una sobrecarga.

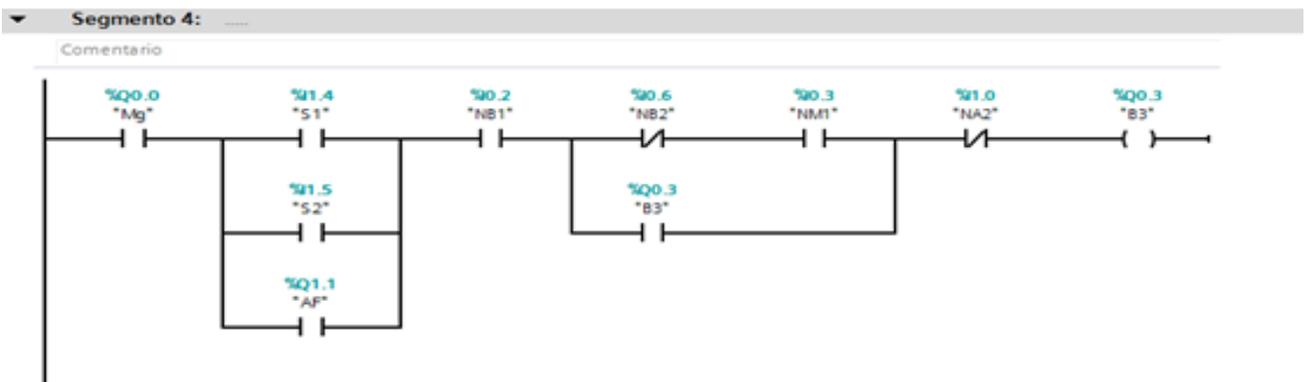


En el segmento 2 se da la activación de la bomba 1, la cual es la encargada de bombear del pozo profundo al tanque 1, al estar activo el sistema (Mg) no debe de

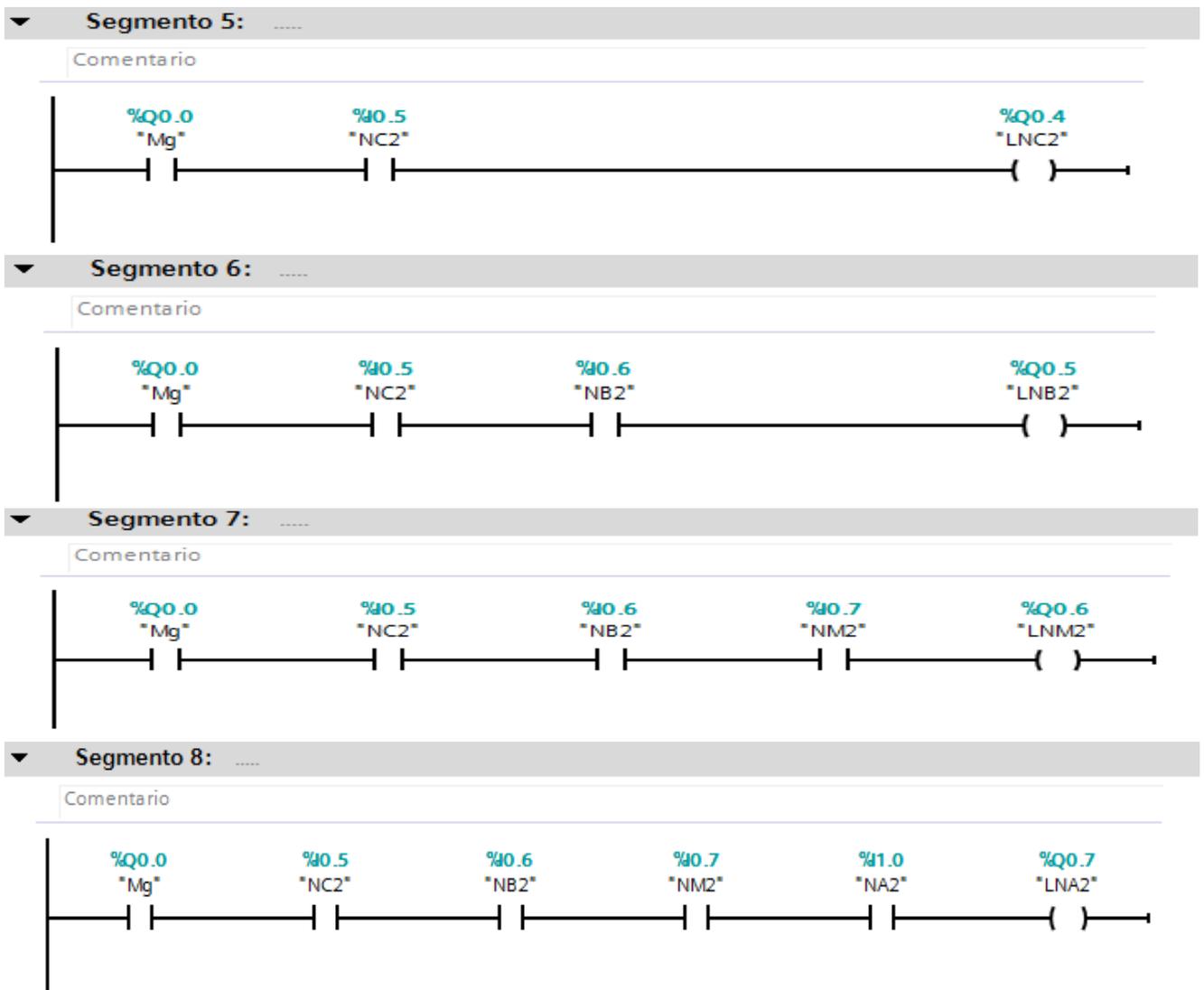
haber agua en el nivel del sensor medio, ya que esto indica que hay suficiente agua, sino está se activa la bomba 1, crea una memoria con el contacto de bomba 1 para cuando se abra el sensor medio, y la bomba se apaga al llegar al nivel alto.



En el segmento 3 se controla la bomba principal del sistema, marcha general activa, el selector 1 cerrado, ya que posición 0 es bomba 2 y posición 1 es bomba 3, no debe estar presente la alarma de fugas, es importante que estén los niveles bajo y medio del tanque 1 para que la bomba no trabaje en vacío, el nivel bajo en el tanque 2 no está presente porque es el indicador de que el tanque necesita agua, esto activa la bomba 2 y crea una memoria para que al bajar los niveles del tanque 1 no se apague, se apaga cuando alcanza el nivel alto del tanque 2.



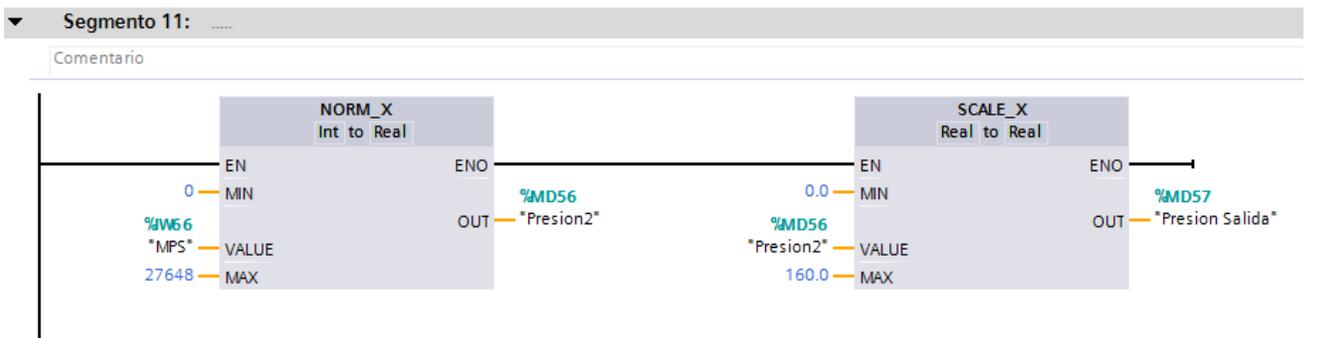
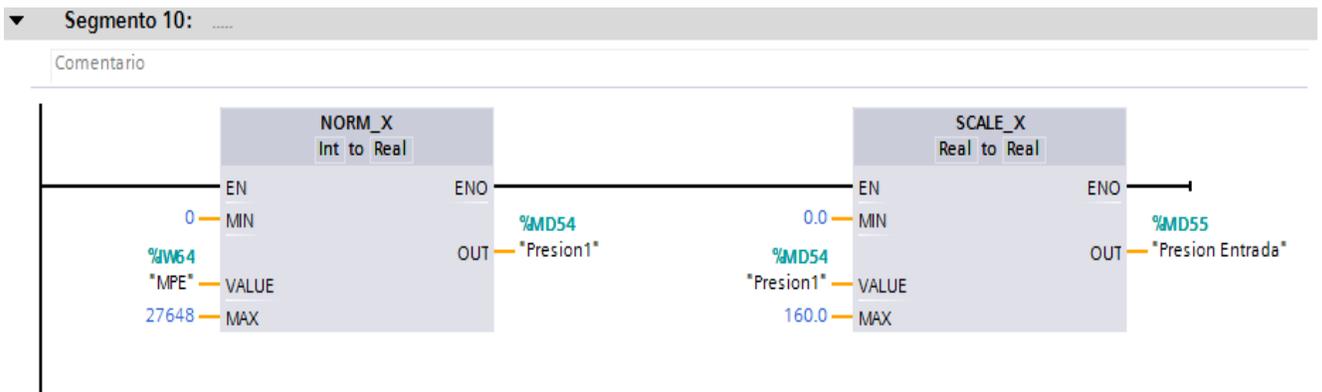
El segmento 4 controla la bomba 3, la cual es la bomba que se usa cuando la principal presenta fuga en su tubería, tiene la misma lógica de funcionamiento, la diferencia es que puede entrar en funcionamiento por 3 formas, que se active el selector 1 que indica el cambio de bomba 2 a bomba 3, la segunda forma es que se active el selector 2 que activa las 2 bombas a la vez en caso de alta demanda de agua inmediata y la tercera es que se active la alarma de fugas, la cual apaga la bomba 2 y enciende la 3.



En los segmentos 5, 6, 7 y 8 se muestran los indicadores visuales del nivel de agua del tanque de abastecimiento del hotel, esto mediante luces, cuando se activa el sensor del nivel respectivo se activa la luz indicando el nivel de agua potable.



El segmento 9 indica que al activarse cualquiera de las 3 sobrecargas se activará la alarma de sobrecargas, la cual para el sistema.



Tanto en el segmento 10 como en el segmento 11, se tienen dos funciones, la primera es para normalizar la entrada analógica, esta función convierte el valor de entrada analógica a un valor entre 0 y 1 (de valor entero a valor real), y la segunda función es la de estandarizar el valor, pasa el valor de real a real, convierte el valor normalizado a los valores que se quieren medir, en este caso los rangos de presión a medir. Los parámetros de la normalización se basan en las siguientes tablas.

Tabla 5.11. Características de entradas analógicas en PLC S7-1200.

Datos técnicos	Descripción
Número de entradas	2
Tipo	Tensión (asimétrica)
Rango total	De 0 a 10 V
Rango total (palabra de datos)	0 a 27.648
Rango de sobreimpulso	10,001 a 11,759 V
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511
Rango de desbordamiento	11,760 a 11,852 V
Rango de desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32.767
Resolución	10 bits
Tensión soportada máxima	35 V DC
Filtrado	Ninguno, débil, medio o fuerte Consulte la tabla de respuesta a un escalón (ms) para las entradas analógicas de la CPU (Página 770).
Supresión de ruido	10, 50 ó 60 Hz
Impedancia	≥100 KΩ
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno
Precisión (25 °C/-20 a 60 °C)	3,0%/3,5% de rango máximo
Longitud de cable (metros)	100 m, par trenzado apantallado

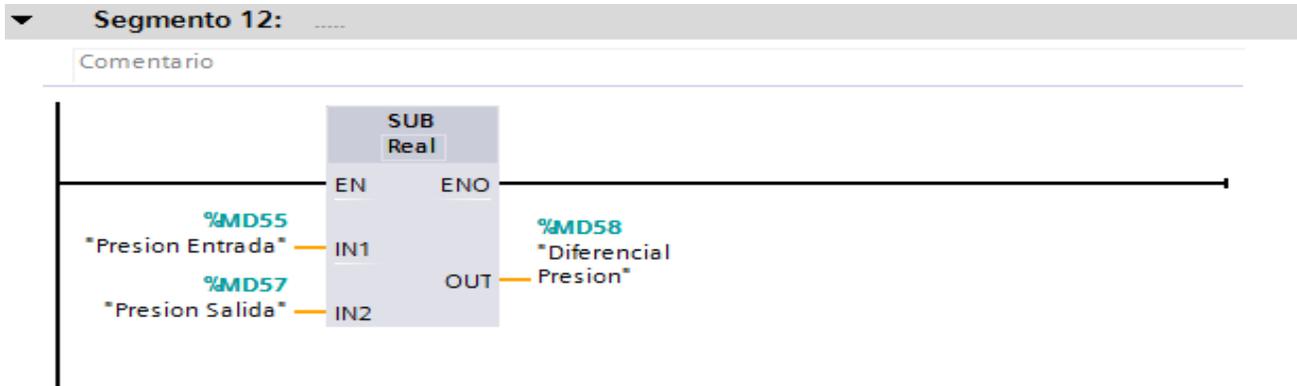
Fuente: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Document>

s/s71200EasyBook0411.pdf

Tabla 5.12. Rangos de normalización para entradas analógicas en el PLC S7-1200.

Sistema		Rango de medida de tensión					
Decimal	Hexadecimal	±10 V	±5 V	±2,5 V		De 0 a 10 V	
32767	7FFF	11,851 V	5,926 V	2,963 V	Rebase por exceso	11,851 V	Rebase por exceso
32512	7F00						
32511	7EFF	11,759 V	5,879 V	2,940 V	Rango de sobreimpulso	11,759 V	Rango de sobreimpulso
27649	6C01						
27648	6C00	10 V	5 V	2,5 V	Rango nominal	10 V	Rango nominal
20736	5100	7,5 V	3,75 V	1,875 V		7,5 V	
1	1	361,7 µV	180,8 µV	90,4 µV		361,7 µV	
0	0	0 V	0 V	0 V		0 V	
-1	FFFF					Los valores negativos no se soportan	
-20736	AF00	-7,5 V	-3,75 V	-1,875 V			
-27648	9400	-10 V	-5 V	-2,5 V			
-27649	93FF						
-32512	8100	-11,759 V	-5,879 V	-2,940 V	Rango de subimpulso		
-32513	80FF				Rebase por defecto		
-32768	8000	-11,851 V	-5,926 V	-2,963 V			

Fuente: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/s71200EasyBook0411.pdf>



En el segmento 12 se colocó una función matemática llamada SUB, la cual entrega un número real de la restas de 2 valores reales, en este caso para definir el diferencial de presión a la entrada y salida de la tubería principal.

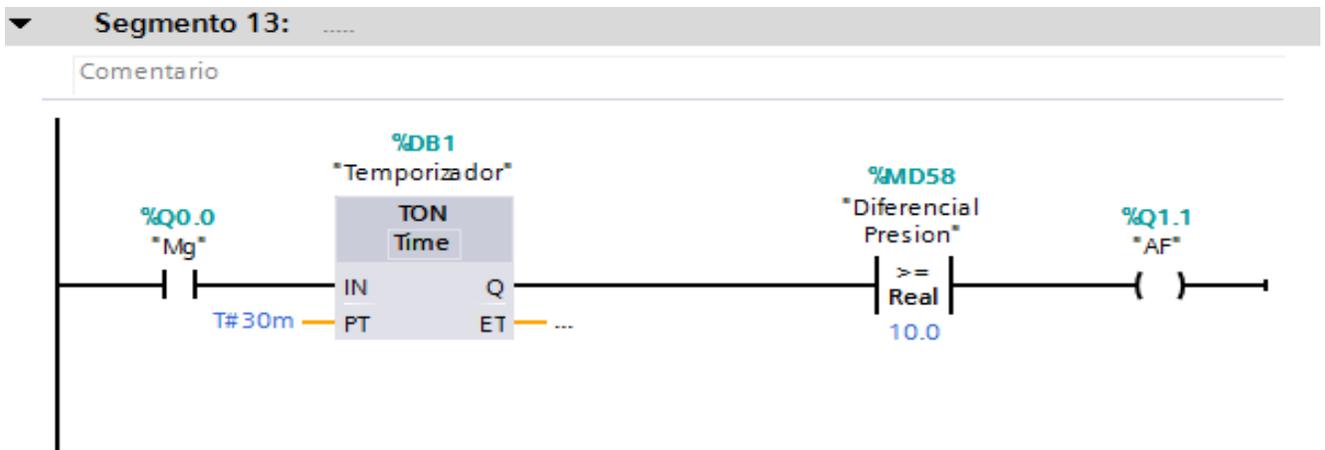


Figura 5.52. Diagrama Escalera de la Automatización.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

En el segmento 13 se tienen 3 condiciones para que se active la alarma de fugas, la primera es que la marcha general debe estar activa, un temporizador de 30 minutos que su función es que el sistema de tubería principal se llene y que el diferencial de presión no active la alarma porque no hay presión de salida.

### 5.2.3 Programación del Bloque Principal (OB1)

Una vez listo el FC llamado Bloque\_Bombas, se procede a cargarlo en el bloque en el bloque principal del sistema para poder cargar el programa al PLC, una vez que a este ya se le haya configurado la dirección IP.

Al cargar el FC en el bloque principal se deben cargar todas las variables que el bloque contiene, y estas a la vez se cargarán en la interfaz que muestra el CPU del autómatas que selecciona; las siguientes figuras muestran la función cargada en el bloque principal (OB1), las variables del sistema en el OB1 y las variables cargadas en el CPU.

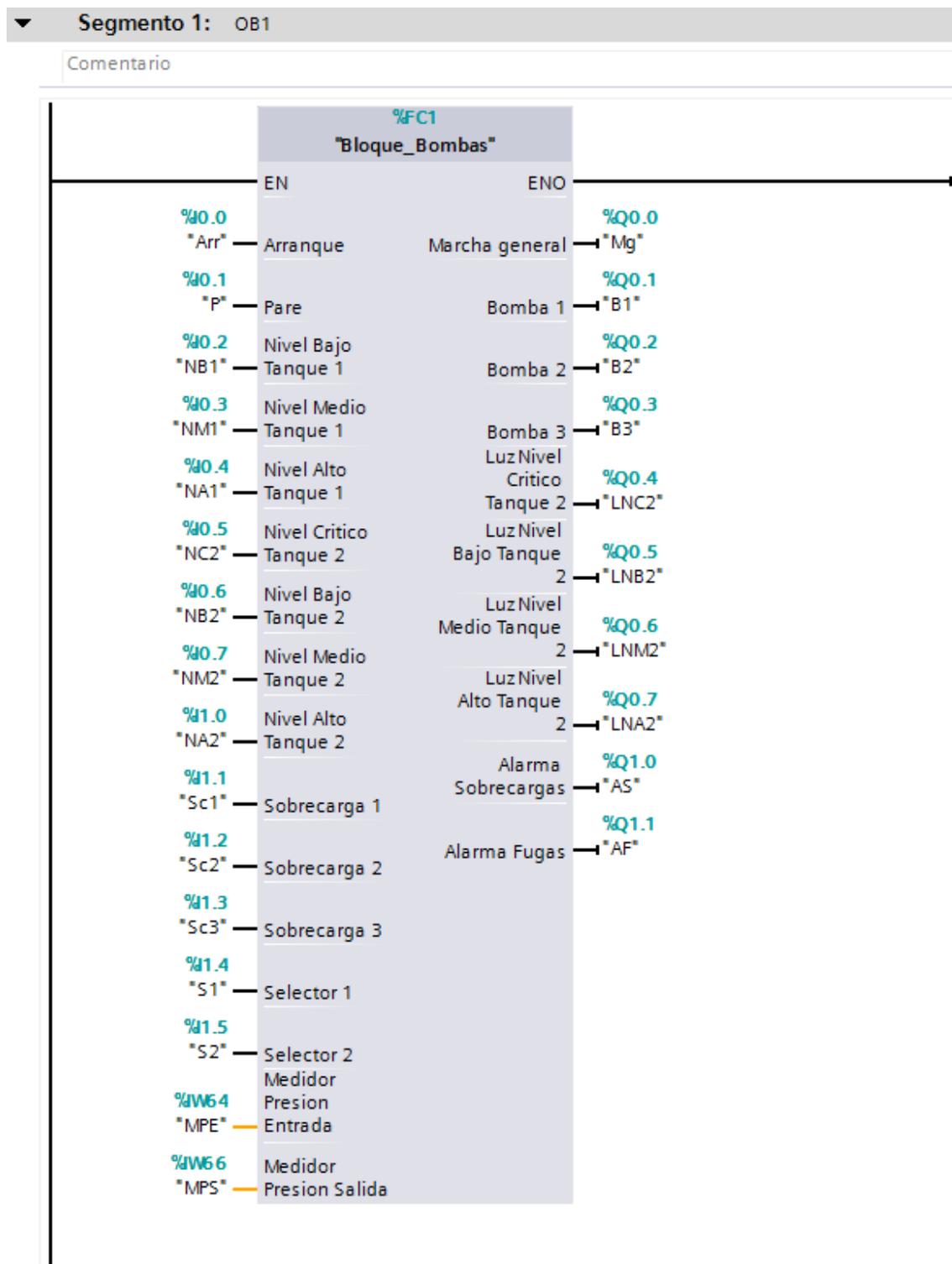


Figura 5.53. Función cargada en el Bloque Principal.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

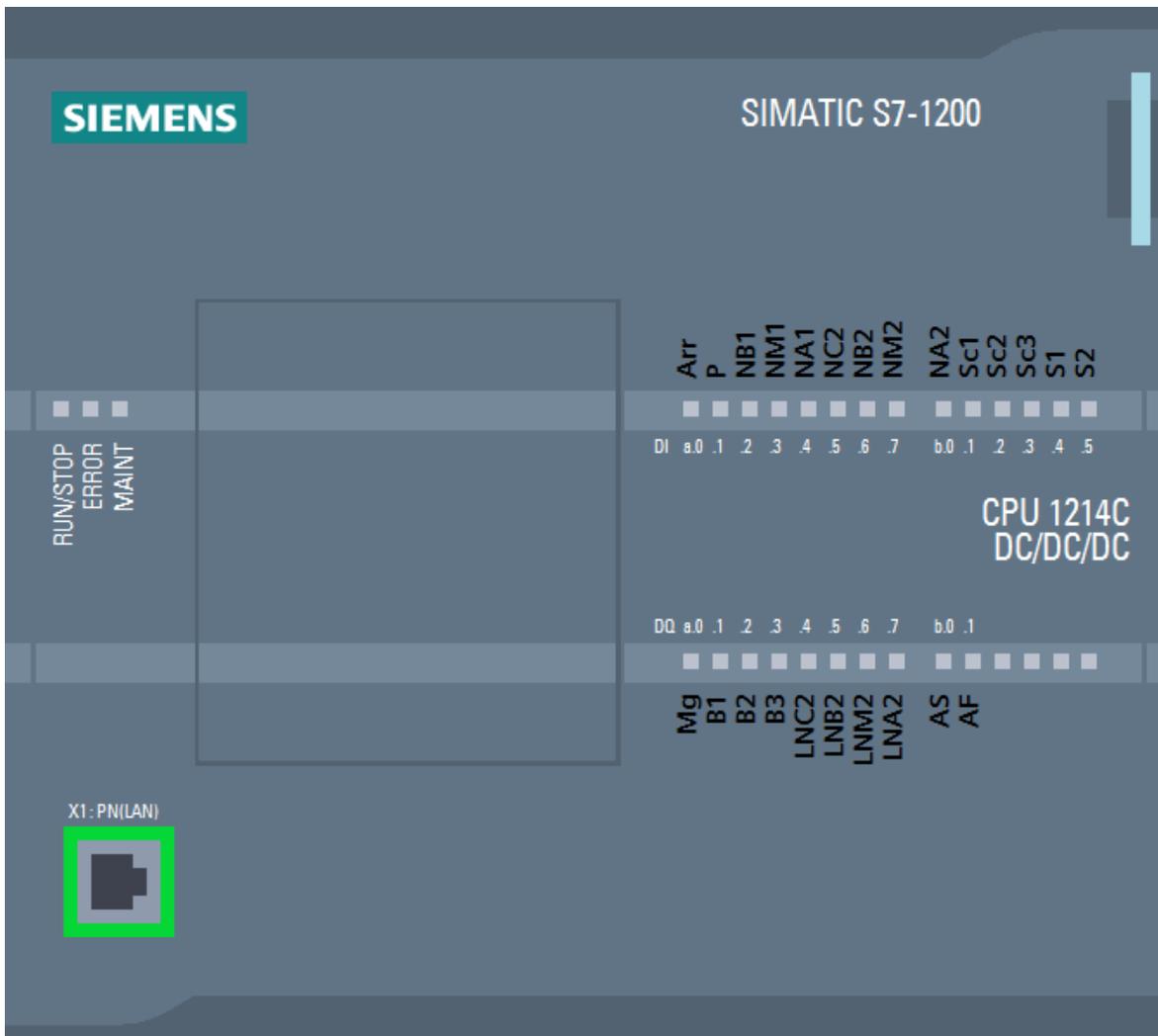


Figura 5.54. CPU 1214C con la entradas programadas.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

### 5.3 Diagrama de conexiones

En este apartado se indica cómo se debe conectar el PLC para este proyecto en general, donde debe ir cada una de las variables y todas las especificaciones que se requieran para la implementación de este sistema.

Tabla: CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AG40-0XB0)

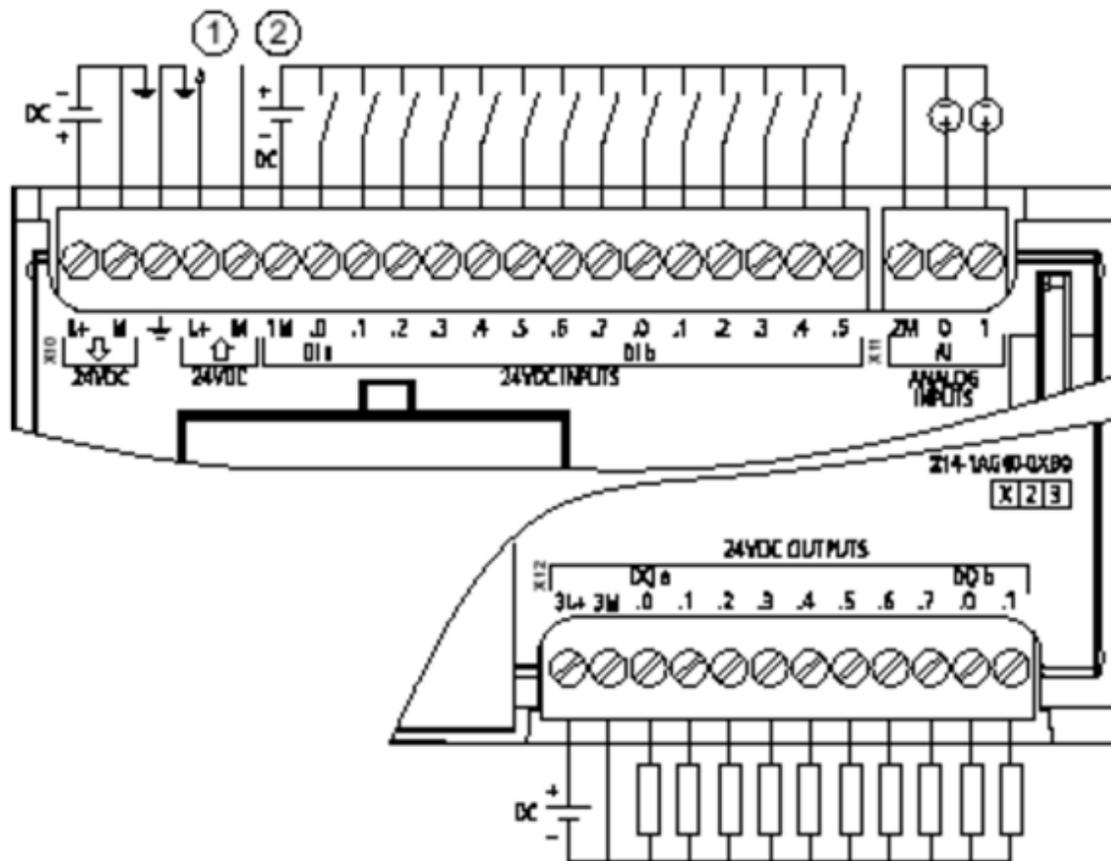


Figura 5.55. Diagrama de Conexiones del PLC S7-1200 CPU 1214C.

Fuente: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=60466702475&lc=es-NI>

En la imagen anterior se tienen 3 grupos de pines, esta será la manera en cómo se van a referenciar, además de esto se refieren a los PINES tanto por los nombres que lleva cada PIN en la figura anterior como también en el orden numérico si se toma de izquierda a derecha esto con el objetivo de evitar confusiones en el caso de que el nombre otorgado a cada PIN sea ilegible, por ejemplo, se referirá al conector de tierra o al PIN # 3.

Es importante mencionar que para las tablas que se muestran a continuación la columna que dice # de PLC se refiere a que como hay 2 PLC en el sistema se identifique en cuál de ellos debe ir esa conexión, o si debe hacerse la conexión en ambos; siendo el PLC 1 el que se ubicará en el Hotel y el PLC 2 el que se ubicará en el lugar donde están las bombas, en Playa Panamá.

Volviendo al tema de los grupos, está el grupo X10 que contiene los primeros 20 PINES de la parte superior del autómatas, los cuales son alimentación del PLC, sensores y las entradas digitales del sistema.

**Tabla 5.13. Descripción de la conexión de entradas digitales.**

PIN #	Grupo X10	Dirección Física	Símbolo	Descripción de Conexión	# de PLC
1	L+/24VDC	-	-	Se conecta la fase positiva que viene del Relé para alimentar al PLC con 24VDC.	Ambos
2	M/24VDC	-	-	Se conecta la fase negativa que viene del Relé para alimentar al PLC con 24VDC.	Ambos
3	Tierra Funcional	-	-	Se conecta el Cable Tierra	Ambos
4	Salida sensor L+ /24VDC	-	-	Se realiza un puente con la conexión del pin 1, el L+.	Ambos
5	Salida sensor M /24VDC	-	-	Se realiza un puente con la conexión del pin 2, el M.	Ambos
6	1M	-	-	Se realiza un puente a	Ambos
7	DI a.0	I0.0	Arr	Se conecta la entrada la botonera de Arranque.	1
8	DI a.1	I0.1	P	Se conecta la entrada la botonera de Pare.	1

**Proyecto de graduación: Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel y detección de fugas en tuberías**

9	DI a.2	I0.2	NB1	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Bajo del Tanque 1 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	2
10	DI a.3	I0.3	NM1	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Medio del Tanque 1 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	2
11	DI a.4	I0.4	NA1	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Alto del Tanque 1 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	2
12	DI a.5	I0.5	NC2	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Crítico del Tanque 2 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	1
13	DI a.6	I0.6	NB2	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Bajo del Tanque 2 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	1
14	DI a.7	I0.7	NM2	Se conecta la salida del Sensor de Nivel Medio del Tanque 2 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	1
15	DI b.0	I1.0	NA2	Se conecta la salida del Nivel de Sensor Alto del Tanque 2 (Comunicado por un Relé de 24VDC).	1
16	DI b.1	I1.1	Sc1	Se conecta la salida de la sobrecarga de la Bomba 1.	2
17	DI b.2	I1.2	Sc2	Se conecta la salida de la sobrecarga de la Bomba 2.	2
18	DI b.3	I1.3	Sc3	Se conecta la salida de la sobrecarga de la Bomba 3.	2
19	DI b.4	I1.4	S1	Se conecta el Selector 1 a este PIN	1
20	DI b.5	I1.5	S2	Se conecta el Selector 2 a este PIN	1

Fuente: Elaboración Propia. (Excel)

El segundo grupo es el X11, una consideración importante es que los conectores a estos PINES deben ser de preferencia de oro, este grupo se compone de los últimos 3 pines de la parte superior del autómatas, pertenecen a las entradas analógicas del sistema. **Nota importante:** si estas entradas nos son utilizadas se deben de poner en corto circuito.

**Tabla 5.14. Descripción de la conexión de entradas analógicas.**

PIN #	Grupo X10	Dirección Física	Símbolo	Descripción de Conexión	# de PLC
1	2M	-	-	Se crea un puente con las 2 entradas analógicas	Ambos
2	AI 0	IW.64	MPE	Se conecta la entrada analógica del sensor de presión conectado a la entrada de la Tubería principal. (Panamá)	2
3	AI 1	IW.66	MPS	Se conecta la entrada analógica del sensor de presión conectado a la salida de la Tubería principal. (Hotel)	1

Fuente: Elaboración Propia. (Excel)

Como indica la nota las entradas analógicas que no se utilicen en el PLC deben ser cortocircuitadas, por lo tanto, en el caso del PLC ubicado en el hotel, la entrada AI 0 (PIN 2 del grupo X11) debe ponerse en cortocircuito, de igual manera, la entrada analógica AI 1 (PIN 3 del grupo X11) en el PLC #2.

Y el tercer grupo de PINES es el X12, este contempla todos los 12 PINES ubicados en la parte inferior del PLC, estos son las conexiones que respectan a la alimentación de las salidas y las salidas en sí, que vale recalcar que son salidas digitales todas a 24VDC.

Tabla 5.15. Descripción de la conexión de las Salidas del Sistema.

PIN #	Grupo X12	Dirección Física	Símbolo	Descripción de Conexión	# de PLC
1	3L+	-	-	Se conecta la fase positiva que viene del Relé para alimentar al PLC con 24VDC y se realiza un puente a todas las salidas	Ambos
2	3M	-	-	Se conecta la fase negativa que viene del Relé para alimentar al PLC con 24VDC y se realiza un puente a todas las salidas.	Ambos
3	DQ a.0	Q0.0	Mg	Se conecta una luz piloto Verde de 24VDC.	1
4	DQ a.1	Q0.1	B1	Se conecta la Bomba 1 (Comunicado por el Contactor y el relé de sobrecarga cotizados).	2
5	DQ a.2	Q0.2	B2	Se conecta la Bomba 2 (Comunicado por el Contactor y el relé de sobrecarga cotizados).	2
6	DQ a.3	Q0.3	B3	Se conecta la Bomba 3 (Comunicado por el Contactor y el relé de sobrecarga cotizados).	2
7	DQ a.4	Q0.4	LNC2	Se conecta una luz piloto Azul de 24VDC.	1
8	DQ a.5	Q0.5	LNB2	Se conecta una luz piloto Azul de 24VDC.	1
9	DQ a.6	Q0.6	LNM2	Se conecta una luz piloto Azul de 24VDC.	1
10	DQ a.7	Q0.7	LNA2	Se conecta una luz piloto Azul de 24VDC.	1
11	DQ b.0	Q1.0	AS	Se conecta una luz piloto Roja de 24VDC.	1
12	DQ b.1	Q1.1	AF	Se conecta una luz piloto Roja de 24VDC.	1

Fuente: Elaboración Propia. (Excel)

**NOTA:** Ver equipos y accesorios seleccionados para la automatización en el apartado de Anexos.

# **6 Capítulo VI. Comunicación mediante Telemetría y Detección de Fugas.**

## **6.1 Comunicación de los PLC mediante Telemetría**

### **6.1.1 Comunicación mediante Telecontrol**

#### **6.1.1.1 GPRS (Servicio General de Paquetes de Radio)**

Inicialmente la comunicación entre los PLC se iba a realizar mediante los módulos de comunicación CP 1242-7 que realizan transferencia de datos entre PLCs, o cualquier otra función en la que se necesite que dos o más PLCs estén comunicados.

Para esta comunicación se tienen 2 opciones, dos tipos de tecnologías que entrega el módulo, conexión mediante red de internet, (Tecnología GPRS) y mediante el envío de SMS (Tecnología GSM). Para cualquiera de las opciones anteriores se requiere que el PLC esté conectado al módulo CP1242-7, por tal motivo se cotizó 2 de estos módulos para el proyecto. (Véase sección de Apéndices)

Desde un principio se desechó la idea de usar tecnología GPRS, ya que en nuestro país la compañía del ICE no le asigna al usuario una dirección de IP fija para los equipos conectados a la red, en lugar de esto lo que hace es asignarle la primera dirección IP disponible; y esto es un gran problema para este proyecto dado que si por algún motivo un PLC se desconecta perderá dicha dirección y como el otro PLC ocupa la dirección de envío el equipo quedará incomunicado porque la IP de envío ya no será la del otro PLC. Por lo que cada vez que se

produzca un fallo de cualquier tipo hay que configurar de nuevo el sistema, lo cual resulta un problema mayor que el sistema de bombeo sin estar automatizado.

#### **6.1.1.2 GSM (SMS)**

La opción que se valoró desde el principio fue la de mandar las señales como mensajes de texto, mediante la tecnología GSM, la cual es diariamente utilizada por la mayoría de la población. Se mandaría un SMS de un PLC a otro para que con una configuración en el software TIA Portal se puedan activar las señales que se estén enviando.

La metodología que se iba a realizar para esta configuración se detalla a continuación:

1. Se necesita una tarjeta GSM para cada uno de los módulos CP 1242-7 para poder configurarlos.
2. Se configura los módulos en el TIA Portal con los datos proporcionados por la compañía que dará el servicio de telecomunicaciones.
3. Se configura el envío de una marca al activarse el contacto de entrada o salida que se active en un PLC y se quiera enviar al otro PLC, por medio de un SMS ubicado en una librería global en el TIA Portal.
4. De igual manera se configura para la recepción de dicha marca en el PLC que la reciba.
5. Una vez obtenida la marca se configura el bloque principal mediante el lenguaje SCL incorporado en TIA Portal, para que lea el mensaje en la marca y mediante "if" o condiciones, active el contacto en este PLC, por

ejemplo “If %M0.0 es Arranque... Activa el contacto de arranque en el PLC receptor”.

6. Crear todos los SMS para cada una de las señales y configurar el mensaje que irá dentro de la marca enviada por SMS.
7. Se debe poner en el lenguaje SCL todas las configuraciones de SMS que se vayan a recibir, tanto para SMS de un pulso como para SMS con memoria.
8. Realizar una configuración para cada uno de los PLC, puesto que cada uno lleva un número propio y un número a quienes enviar SMS distintos.
9. También se deben realizar los SMS que se van a enviar y un SCL para cada PLC, porque cada PLC va a enviar y recibir distintas señales de entradas y salidas.
10. Cargar cada programa en el respectivo PLC.
11. Conectar cada PLC a una antena que le proporcione señal al módulo de comunicación y tenga capacidad de enviar y recibir SMS.

Esta idea no se pudo concretar porque el software TIA Portal V13 con la que se cuenta no tiene incorporado la librería global de SMS, por lo que este paso no se podría ejecutar y por tanto la comunicación no se iba a realizar, ya que no se contaba con esta herramienta que resulta primordial para el proyecto a desarrollar; puesto que el lenguaje SCL si se puede realizar, no se tiene la marca con el SMS que ocupa el SCL para su ejecución; se intentó descargar con la ayuda del Sr. Oscar Monge de la empresa Siemens y no se pudo conseguir dicha librería.

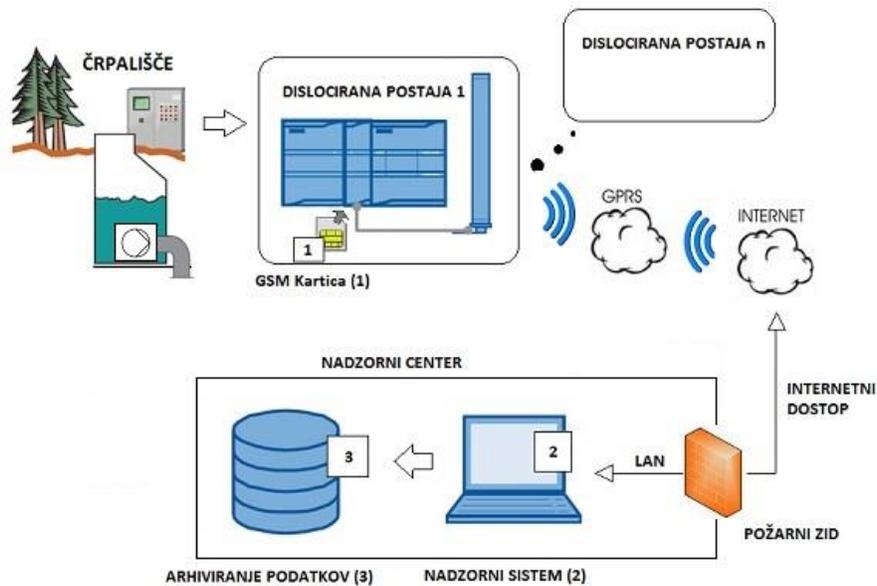


Figura 6.56. Tecnología de Telecontrol.

Fuente: [www.telem.si](http://www.telem.si)

En la figura 6.54 se observa los dos métodos mencionados anteriormente, tanto el GPRS que se fundamenta en una red inalámbrica de internet y la tecnología SMS o GSM, basada en telefonía celular.

### 6.1.2 Comunicación punto a punto mediante fibra óptica.

Dado los inconvenientes que se tienen para realizar una conexión inalámbrica se ha decidido comunicar los PLC por punto a punto mediante el puerto de comunicación Ethernet que el S7-1200 1214C trae incorporado. Dado la distancia entre los PLC se necesita un cable que pueda transportar las señales sin presentar problemas, es decir, que la señales lleguen de PLC a PLC de manera correcta, para esto se decide el uso de cable de fibra óptica, muy utilizado para el transporte de señales (Ver Anexo A.9).

La conexión se debe realizar del siguiente modo, un cable Ethernet se conecta del puerto PROFINET del PLC 1 al Switch intercambiador de puertos Ethernet a fibra óptica como el de la figura siguiente, se conecta el cable de fibra óptica al Switch 1, se traslada el cable por los aproximados 3,7 km que separan los PLC y se conecta al Switch 2 que a su vez conecta el cable Ethernet que va conectado al PLC 2, este método punto a punto no necesita ningún módulo adicional al PLC como si en el caso de Telecontrol que necesita el CP 1242-7.



Figura 6.57. Esquema de la Conexión punto a punto.

Fuente: Elaboración propia. (Paint)



Figura 6.58. Switch intercambiador de señales Ethernet-Fibra Óptica.

Fuente: [www.instaladoresdetelecomhoy.com](http://www.instaladoresdetelecomhoy.com)

Es importante mencionar que para el proyecto se cotizó tanto el cable de fibra óptica como una manquera flexible y resistente para protegerlo en caso de que su

traslado sea subterráneo, pero existe la posibilidad de que el hotel solicite los permisos para trasladar este cable de fibra por los postes de alumbrado público, de autorizarse esto se puede ahorrar dinero en no comprar la manguera de protección para el cable, se estaría haciendo un ahorro de aproximadamente ₡1.819.571,20.

#### **6.1.2.1 Configuración del TIA Portal para intercomunicar los PLC.**

Para que esta conexión funcione según los requerimientos de este proyecto que es integrar las señales de los PLC en el otro, es decir, el PLC 1 tienen una cantidad  $x$  de entradas y salidas y el PLC 2 tiene las restantes entradas y salidas, el problema a solucionar es que ambas tengan todas las entradas y las salidas para poder cumplir el diagrama escalera a la perfección.

Como ya se mencionó la transmisión de datos se dará de punto a punto vía Ethernet, pero se necesita programar el TIA Portal para conectarlos y para que envíe y reciba las señales que se desean. En este apartado se explica cómo realizar esta programación usando como ejemplo el envío de la señal de arranque del PLC 1 (ubicado en el Hotel) al PLC 2 (ubicado en playa Panamá).

En el proyecto que ya se realizó previamente (Proyecto CONDOVAC) en TIA Portal seleccionamos el PLC 1 para configurar su dirección IP y su máscara de subred, se selecciona la subred 1 y la dirección IP será 192.168.0.1 y la máscara será 255.255.255.0, como se muestra enseguida. Estos valores nos servirán para comunicar los PLC y para el envío y la recepción de señales.

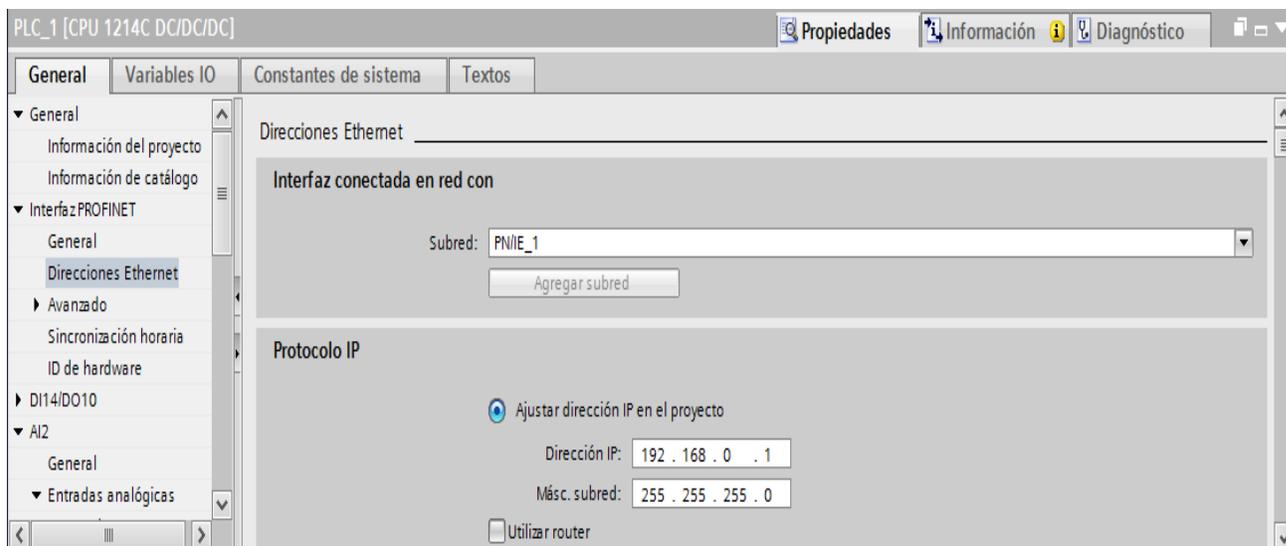


Figura 6.59. Direcciones Ethernet PLC 1.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

También se deberá activar la marca de ciclo, La marca de ciclo es un byte de la memoria “M” donde va a oscilar automáticamente en cada uno de los bits con frecuencias distintas de ‘0’ a ‘1’. Lo utilizaremos a la hora de hacer el envío/recepción de los datos. Esta dentro la opción Marcas de Sistema y de Ciclo. En este caso reservo el byte 100 pero puedo escoger el byte que quiera que no esté usando.

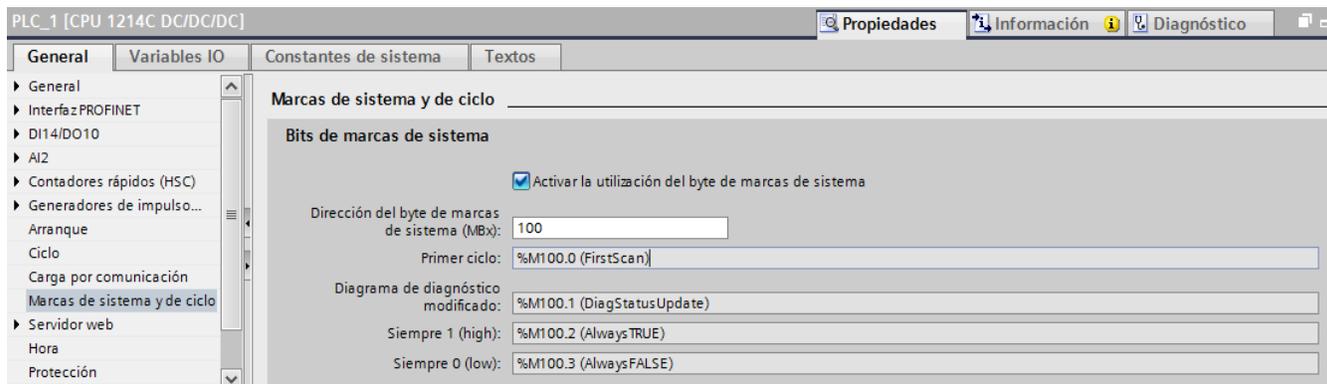
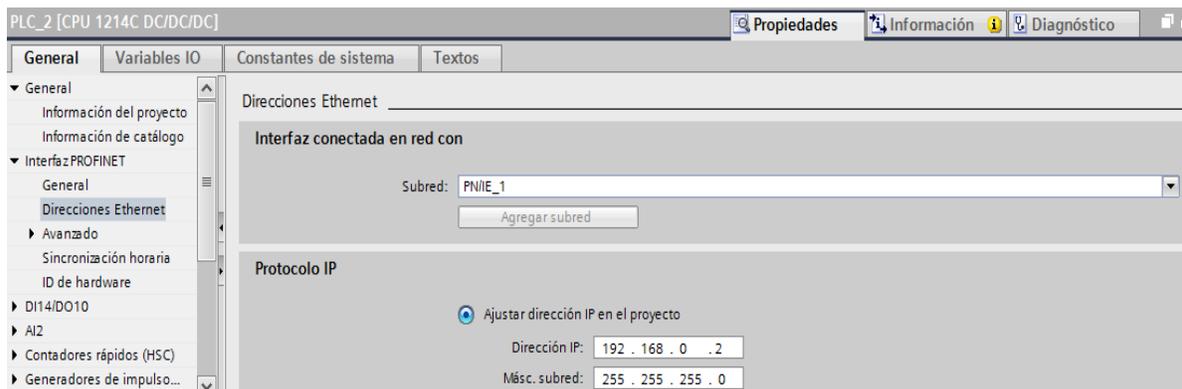


Figura 6.60. Activación de máscara de ciclo.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

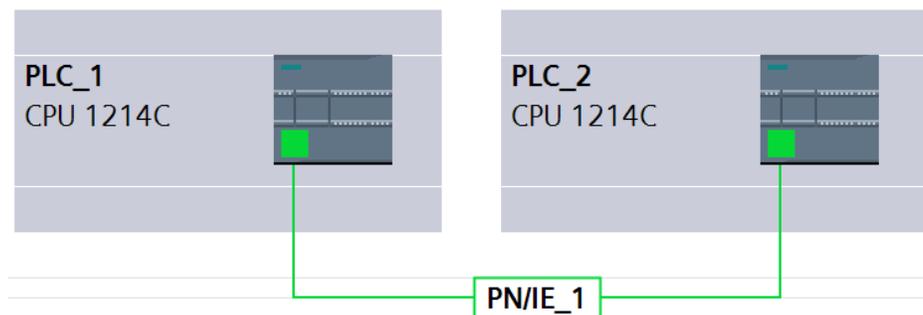
Ahora se deberá agregar el PLC al programa del TIA Portal, una vez incluido en el programa se configura de la misma manera que el PLC 1, con la diferencia que su dirección IP será 192.168.0.2.



**Figura 6.61. Dirección Ethernet PLC 2.**

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

Y el resultado de la conexión entre los 2 PLC CPU 1214C DC/DC/DC será la siguiente.



**Figura 6.62. Conexión entre los PLC vía Ethernet.**

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

Una vez establecida la conexión entre los PLC, se debe proceder a enviar y recibir la señal, en este caso será el PLC 1, ubicado en el hotel a quien le pertenece la entrada física del botón de arranque quien le mandé la señal al PLC de playa

Panamá. En el PLC 1 nos dirigimos a OB1 y de ahí en la barra de herramientas, en la sección de comunicación se selecciona el apartado de enviar datos vía Ethernet, y se dispone a configurar esta caja de operaciones.



Figura 6.63. Caja de herramientas de comunicación.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

Se debe configurar tanto los parámetros de conexión y parámetros de bloque, en los parámetros de conexión la configuración será la siguiente y será la misma para todos los envíos de datos y para la recepción.

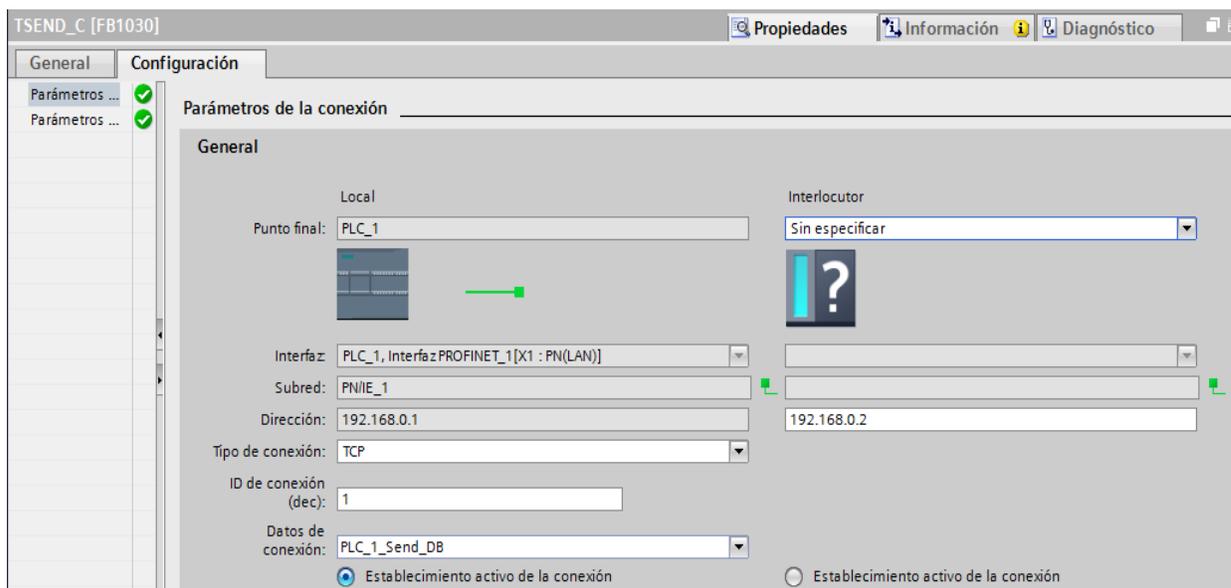
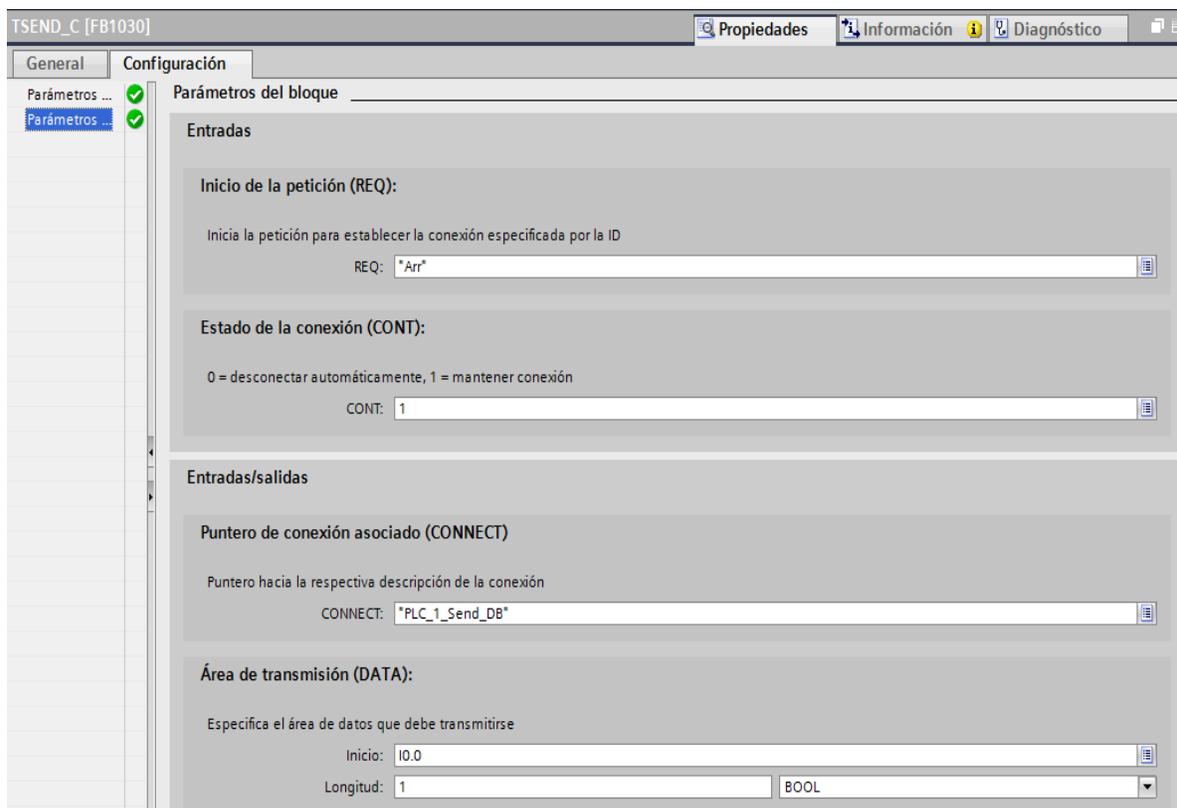


Figura 6.64. Configuración de parámetros de conexión PLC 1.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

Para la configuración de los parámetros de bloque se debe tomar en cuenta cual es la señal que se va a enviar, se debe seleccionar la señal a enviar, la condición de tiempo que ella tendrá, si se desconecta o permanece activa, y el tipo, por ejemplo en este caso es una señal de tipo booleana, y de 1 bit.



**Figura 6.65. Configuración de parámetros de Bloque PLC 1.**

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

El envío de señal se dará cuando se active el contacto como se muestra en la siguiente figura, el contacto de arranque activa la función de mandar la señal y está es enviada al PLC 2.

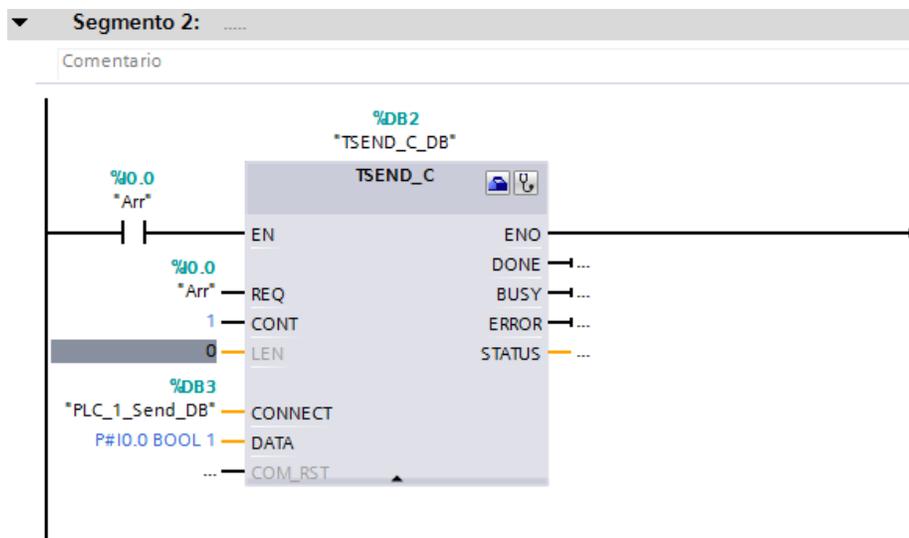


Figura 6.66. Segmento que envía la señal.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

La configuración del PLC que recibe la señal es exactamente igual al PLC que envía la señal, se deben configurar los parámetros de conexión y los parámetros de bloque.

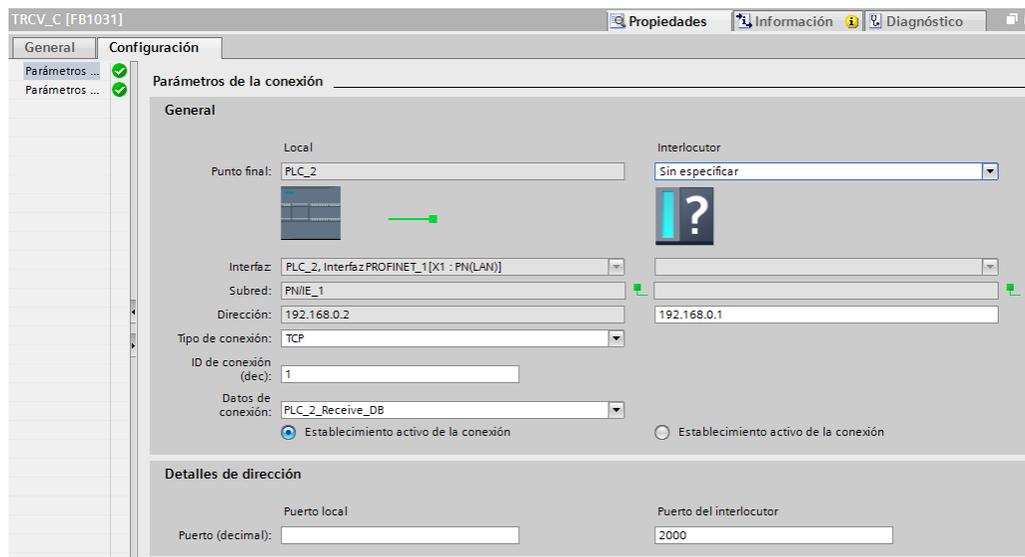


Figura 6.67. Configuración parámetros de conexión PLC 2.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

La diferencia es que se deben llenar 2 condiciones más que indican si la acción de la señal se está ejecutando y se ejecutó correctamente.

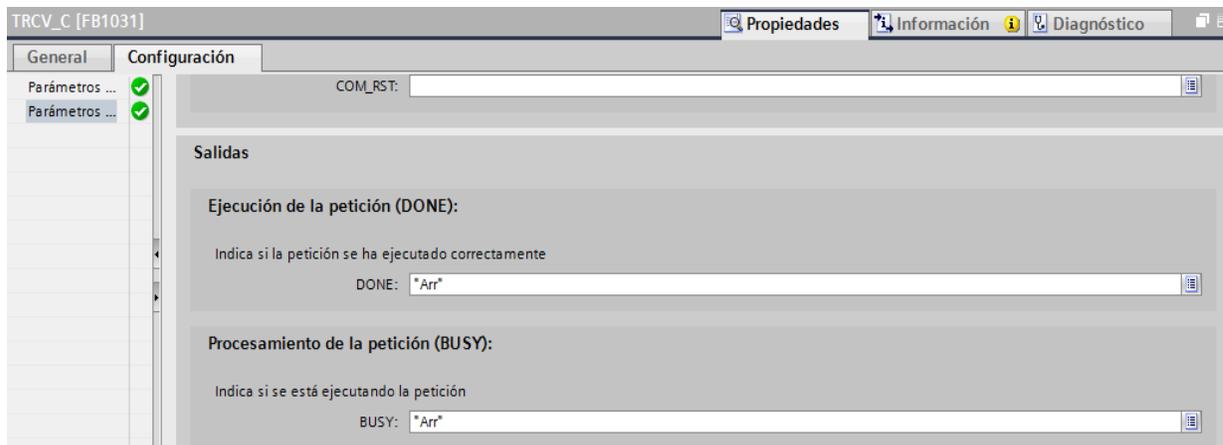


Figura 6.68. Configuración de parámetros de Bloque PLC 2.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

Al activarse la señal en de arranque en el bloque de recepción se ha colocado una bobina para que esta active la señal de arranque en el PLC 2 cuando se produzca la señal de arranque en el PLC 1 y de esta manera esté sincronizado.

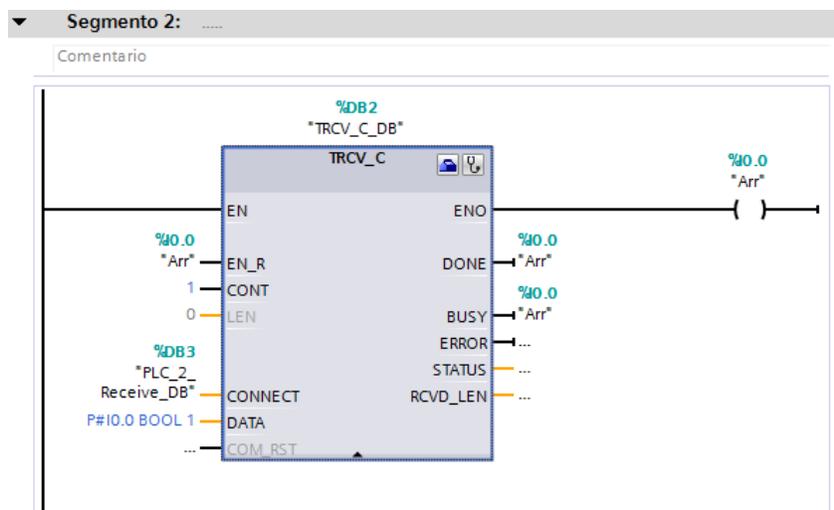


Figura 6.69. Segmento de recepción de señales en el PLC 2.

Fuente: Elaboración propia (TIA Portal).

## 6.2 Detección de Fugas

Esta parte tiene una gran importancia para en este proyecto, ya que uno de los objetivos principales para la realización de este proyecto es la mayor disminución posible de desperdicio de agua potable.

Estos desperdicios se pueden dar por 2 razones, la primera se produce porque el sistema de bombeo no tiene la capacidad para detener su funcionamiento cuando el tanque alcanza su máxima capacidad y sigue bombeando agua hacia el tanque de abastecimiento del hotel, esta problemática se resuelve con la automatización propuesta, que al controlar el funcionamiento de las bombas según los niveles de agua en los tanques elimina la posibilidad que se desperdicie agua por rebases en cualquiera de los dos tanques.

La segunda razón por la que se presentan desperdicios de agua potable es la generación de fugas en el sistema de tuberías, este proyecto no elimina estos desperdicios, pero sí minimiza el impacto, al incorporar dos ideas que logran que la cantidad de agua perdida por las fugas sea muy poca, esto porque actualmente la detección de presencia de una fuga es de manera intuitiva por el personal de mantenimiento encargado del sistema de bombeo, por lo que en casos la fuga puede pasar desapercibida un lapso de tiempo muy amplio. Pero el único problema para el departamento de mantenimiento es no darse cuenta de la existencia de la fuga, puesto que localizarla es una tarea más complicada, esto porque las tuberías están enterradas y la fuga no es visible, por lo que se tiene que cavar en el lugar donde se piense que está la fuga, lo cual muchas veces no

es sencillo, porque la tierra no ofrece ninguna pista de presencia de agua para una buena suposición del lugar de la fuga. A continuación se presentan las soluciones propuestas para este problema:

### **6.2.1 Alarma indicadora de presencia de Fugas**

Esta alarma está implementada en la programación de la automatización, la alarma de fugas (AF) es una salida del PLC (Q1.1) que tendrá como función principal la de avisar al departamento de mantenimiento la presencia de una fuga en la tubería principal.

Para esto se necesitan los 2 sensores de presión que ocupan las entradas analógicas en el PLC, para medir la presión a la entrada y a la salida de la tubería principal e indicar que cuando se dé un diferencial de presión entre los sensores de más de 10 psi se active la alarma que indica la presencia de una fuga en el sistema.

La otra función que cumple esta alarma es la de apagar la bomba 2 que es la bomba principal del sistema que bombea hacia el hotel siempre y cuando no haya una fuga, en ese caso los encargados del sistema se dirigen a Playa Panamá para apagar la bomba 2 y encender la bomba 3, ahora esta acción es automática gracias al PLC, la activación de la alarma de fugas apaga la bomba 2 y enciende la bomba 3.

A continuación se muestran algunos segmentos de la programación realizada para el proyecto, en ellos se muestran algunos de los pasos importantes para la programación de la alarma que permite saber la presencia de fugas.

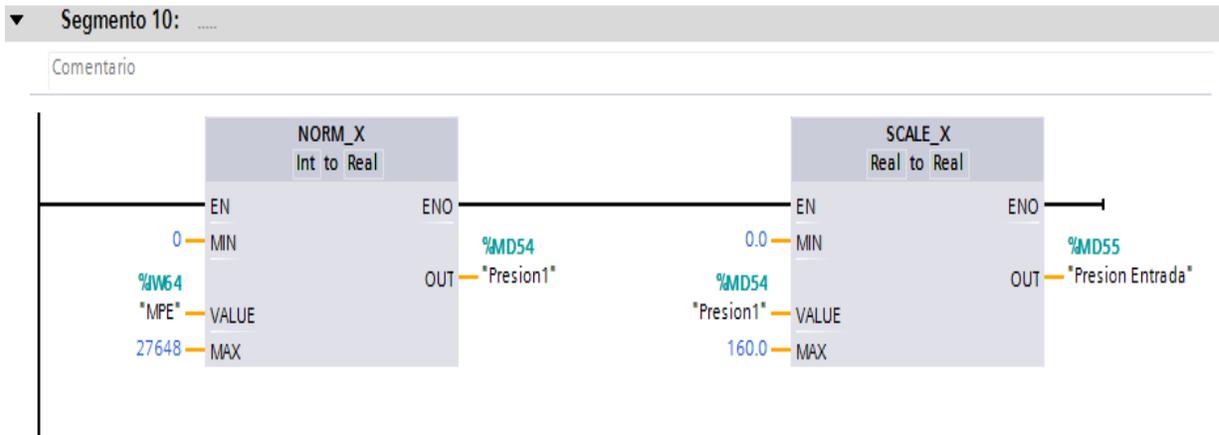


Figura 6.70. Segmento 10 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

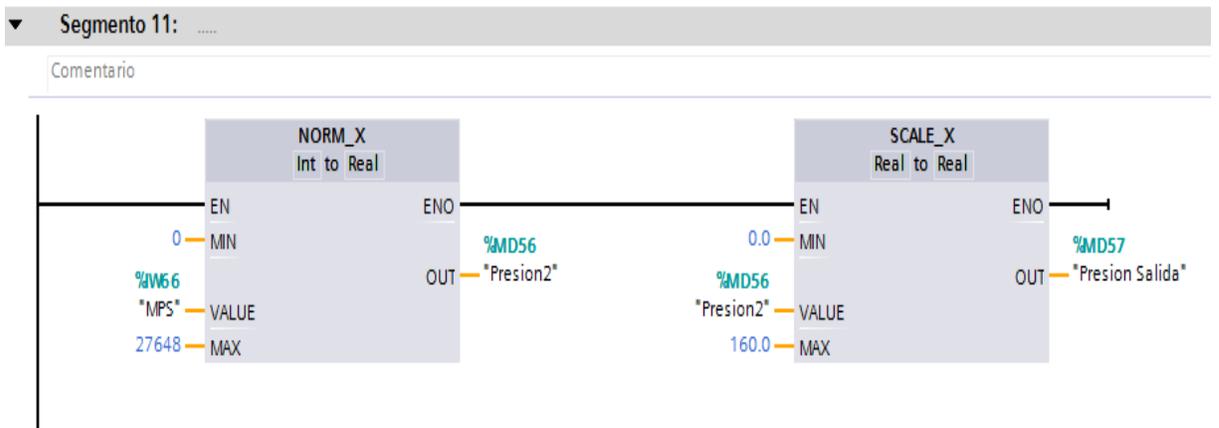


Figura 6.71. Segmento 11 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

En el segmento 10 y 11 se representa la manera de normalizar y escalar una entrada analógica para que pueda ser utilizada en el programa TIA Portal de manera correcta, convirtiendo un valor entero en un valor real y luego escalar el

valor para configurarlo a los intervalos que se requieran, en este caso psi, de 0 a 160 psi.

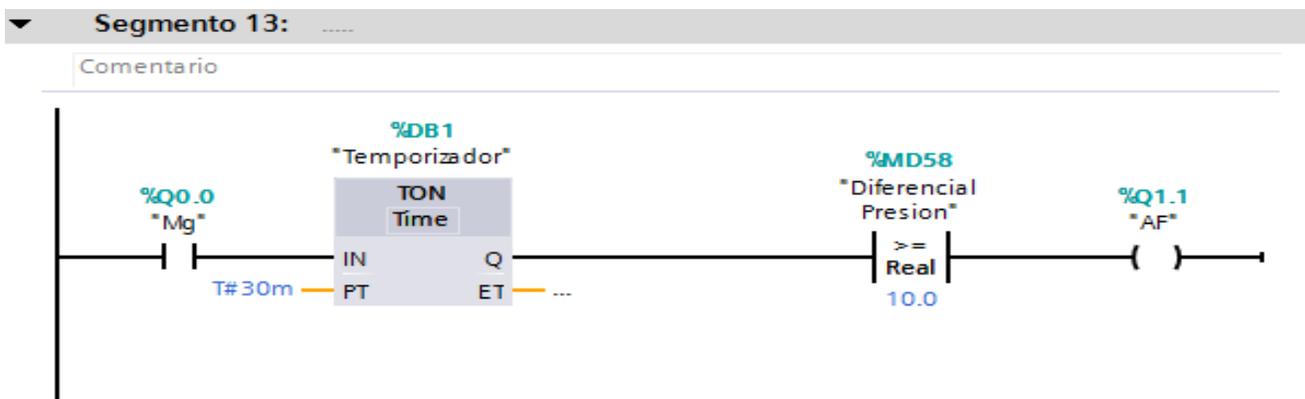


Figura 6.72. Segmento 13 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

En el segmento 13 se observa que la alarma se activa al estar activada la marcha general, es decir, que el sistema está en funcionamiento, un temporizador de 30 minutos que espera a que la tubería se llene y haya una medición de presión a la salida y hacer el diferencial de presión que sí cumple su condición activa la alarma.

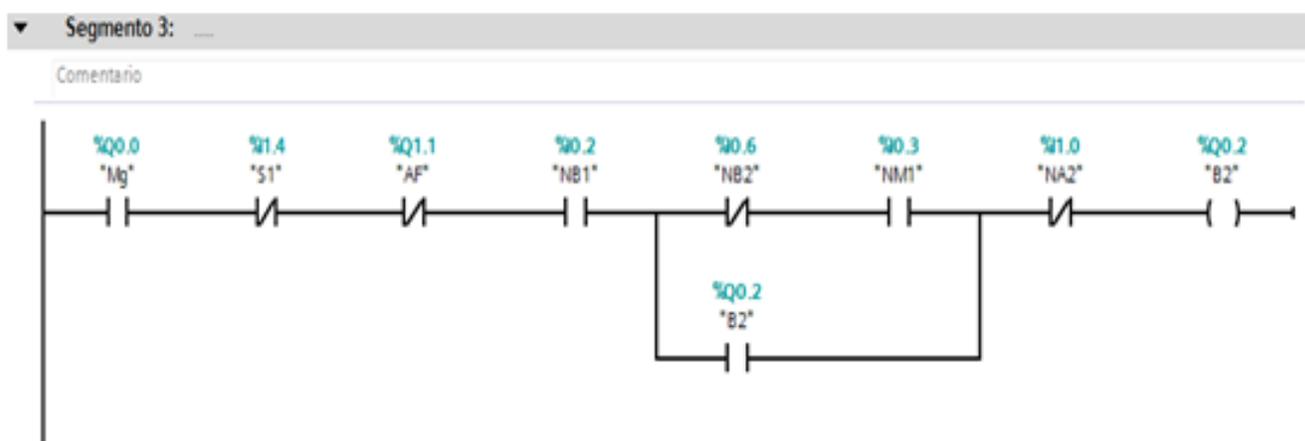


Figura 6.73. Segmento 3 del Diagrama Escalera realizado para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (TIA Portal)

Por último, en el segmento 4 se puede observar el contacto normalmente cerrado de la alarma de fugas (AF), que al no estar activa la alarma el contacto permite el paso de corriente para que la bomba 2, la bomba principal esté funcionando si las demás condiciones se cumplen, en el momento que la alarma de fugas se active cortará el paso de corriente y no habrá forma de que la bomba esté encendida mientras haya una fuga.

### **6.2.2 Detección de la ubicación de la Fuga**

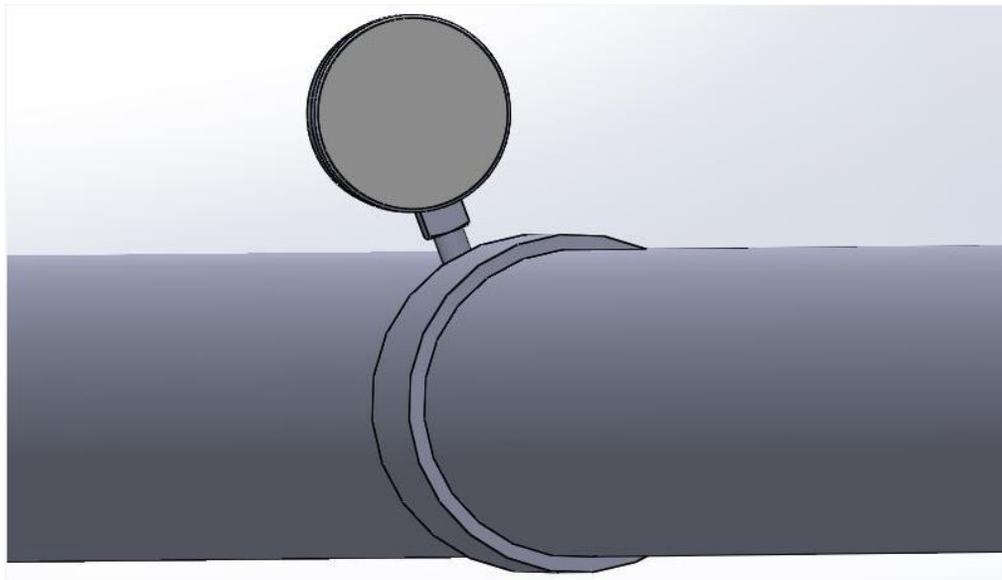
Este apartado desarrolla una idea para la implementación de una serie de manómetros espaciados equidistantemente a lo largo de la tubería principal para que de esta manera se pueda observar la medición de presión en varios puntos.

La idea con estos puntos de medición de presión es que gracias a ellos se logre localizar la fuga de manera más eficiente, la lógica es que se observen las mediciones desde el primer manómetro hasta el último, donde la presión baje considerablemente de una medida a la siguiente se considera que en ese tramo estará la fuga.

El sistema de tuberías es de aproximadamente 4 km de largo, por lo que para colocar los manómetros de una forma que sea efectiva y viable por el hecho de que no se tenga que invertir el dinero en una cantidad exagerada de manómetros se debe elegir muy bien la distancia entre medidas. Pero el gerente de operaciones indicó que por medio de la experiencia del supervisor de mantenimiento encargado del sistema de bombeo se ha determinado que el sistema de tuberías tiene una zona crítica que es donde se presentan todas las

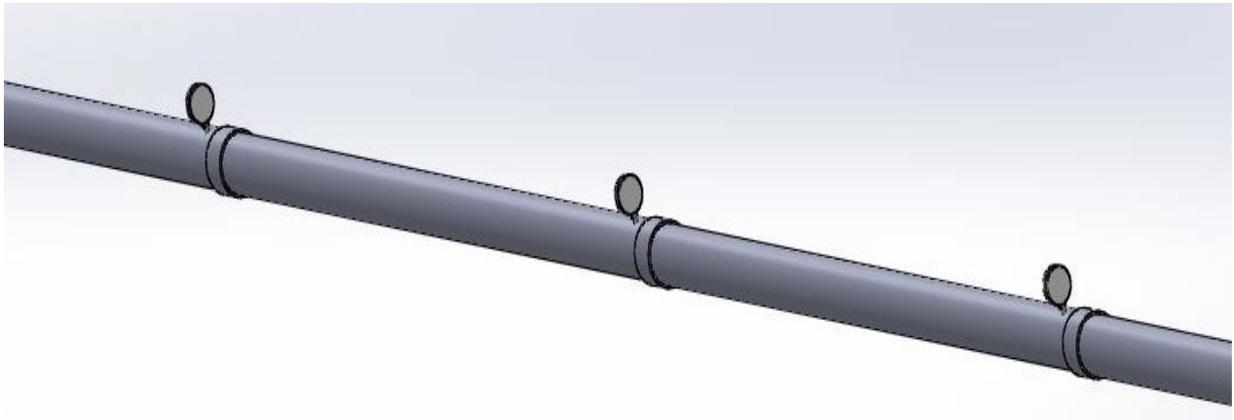
fugas, esta zona es de 300 metros de longitud. Por lo que la selección de la distancia entre manómetros y del número de manómetros se facilita; se ha decidido utilizar una distancia entre mediciones de 50 metros, por lo que se deben colocar 7 manómetros en dicha zona crítica.

En las siguientes figuras se muestran unos esquemas de la implementación de los manómetros al sistema de tuberías.



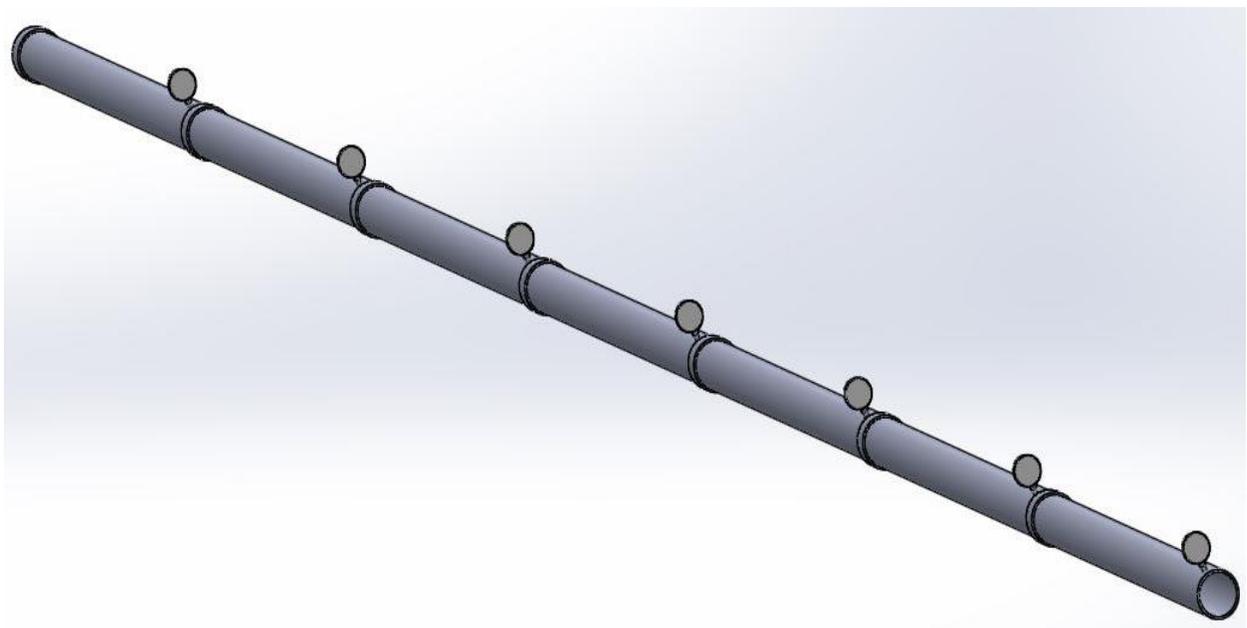
**Figura 6.74. Representación de manómetro en Tubería Principal.**

Fuente: Elaboración propia. (Solid Works)



**Figura 6.75. Representación de distribución de manómetros.**

Fuente: Elaboración propia. (Solid Works)



**Figura 6.76. Representación total de los manómetros en la tubería principal.**

Fuente: Elaboración propia. (Solid Works)

# 7 Capítulo VII. Justificación del Proyecto

## 7.1 Análisis Económico

En un proyecto de esta índole es siempre importante un análisis económico para que tanto el inversionista como la persona a cargo del proyecto tengan una idea clara hacia dónde se dirige el proyecto en términos económicos, en muchos de los proyectos este análisis es la parte fundamental del mismo, puesto que tienen como objetivo el ahorro económico, pero no en todos los proyectos sucede esto, y este proyecto es uno de ellos.

En este apartado se presenta el análisis económico para el proyecto de automatización desarrollado para el sistema de bombeo, en el se contempla la inversión inicial que se debe realizar en equipos y accesorios necesarios para el desarrollo del proyecto, así como la mano de obra que será realizada por el departamento de mantenimiento.

La inversión inicial se detalla en las siguientes tablas realizadas a partir de las cotizaciones seleccionadas:

**Tabla 7.16. Cotización del equipo de automatización y conexión.**

Producto	Precio unitario (Dólares)	Cantidad	Precio total (Dólares)	Precio total (Colones)	Impuesto de Venta (%)	Precio Total + i.v.
PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214C	\$528,00	2	\$1.056,00	¢574.464,00	13%	¢649.144,32
CABLE FIBRA ÓPTICA 12 HILOS	\$1,00	3700	\$3.700,00	¢2.012.800,00	13%	¢2.274.464,00
METRO TUBO PEAD 12MM	\$0,80	3700	\$2.960,00	¢1.610.240,00	13%	¢1.819.571,20
						¢4.743.179,52

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

Tabla 7.17. Cotización de los accesorios necesarios para la automatización.

Producto	Precio unitario	Cantidad	Descuento (%)	Precio Total	Impuesto de Venta (%)	Precio Total + i.v.
SENSOR DE PRESIÓN 0-160psi	¢150.000,00	1	15%	¢127.500,00	13%	¢144.075,00
LUZ PILOTO LED VERDE	¢2.885,00	1	15%	¢2.452,25	13%	¢2.771,04
LUZ PILOTO LED AZUL	¢2.885,00	4	15%	¢9.809,00	13%	¢11.084,17
BASE P/RELE MICRO FINDER	¢3.870,00	9	15%	¢29.605,50	13%	¢33.454,22
RELE FINDER MICRO 8PINES	¢4.535,00	9	15%	¢34.692,75	13%	¢39.202,81
CABEZA SELECTOR 2 POS	¢1.900,00	2	15%	¢3.230,00	13%	¢3.649,90
BASE ACOPLA P/ 3 BLOQUES DE CONTACTOS	¢500,00	4	15%	¢1.700,00	13%	¢1.921,00
BLOQUE CONTACTO 1NA	¢2.745,00	3	15%	¢6.999,75	13%	¢7.909,72
PULSADOR PLÁSTICO ROJO	¢4.205,00	1	15%	¢3.574,25	13%	¢4.038,90
LUZ PILOTO LED ROJO	¢2.885,00	3	15%	¢7.356,75	13%	¢8.313,13
CABEZA PULSADOR PLÁSTICO ROJO	¢1.500,00	1	15%	¢1.275,00	13%	¢1.440,75
CABEZA PULSADOR PLÁSTICO VERDE	¢1.500,00	1	15%	¢1.275,00	13%	¢1.440,75
CABLE FLEXIBLE H07Z1-K NEGRO	¢170,00	10	15%	¢1.445,00	13%	¢1.632,85
CABLE FLEXIBLE H07Z1-K ROJO	¢170,00	10	15%	¢1.445,00	13%	¢1.632,85
CABLE FLEXIBLE H07Z1-K VERDE	¢170,00	4	15%	¢578,00	13%	¢653,14
CONTACTOR CHINT NC1 3Ø 80A	¢46.247,00	2	15%	¢78.619,90	13%	¢88.840,49
RELE SOBRECARGA CHINT 55-70A	¢25.065,00	1	15%	¢21.305,25	13%	¢24.074,93
RELE SOBRECARGA CHINT 63-80A	¢25.065,00	1	15%	¢21.305,25	13%	¢24.074,93
CONTACTOR CHINT NC1 3Ø 18A	¢9.055,00	1	15%	¢7.696,75	13%	¢8.697,33
RELE SOBRECARGA CHINT 12-18A	¢9.485,00	1	15%	¢8.062,25	13%	¢9.110,34
						¢418.018,24

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

**Tabla 7.18. Cotización de manómetros de Glicerina.**

Producto	Precio unitario	Cantidad	Descuento (%)	Precio Total	Impuesto de Venta (%)	Precio Total + i.v.
Manómetro GLICERINA 2.1/2" 0-160psi	¢11.415,00	7	0%	¢79.905,00	13%	¢90.292,65

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

**Tabla 7.19. Costos de Mano de Obra.**

Nombre del trabajador	Salario				Mano de obra	
	Mensual	Semanal	Diario	Por Hora	Horas Totales	Salario Total
Técnico Eléctrico	¢342.629,00	¢85.657,25	¢14.276,21	¢1.784,53	48	¢85.657,25
Operario 3	¢285.229,00	¢71.307,25	¢11.884,54	¢1.485,57	72	¢106.960,88
Ayudante	¢242.346,00	¢60.586,50	¢10.097,75	¢1.262,22	72	¢90.879,75
		4,2 Sem. por año (30d/4sem)	6 días a la semana	8 Horas al día	Total=	¢283.497,88

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

Esto nos indica una inversión inicial de ¢5.534.988,29.

También se contempla dos ahorros cuantificables y fijos que se producirán con la implementación de este proyecto, y se habla de cuantificables porque hay ahorros que no se pueden poner en números sin tener el sistema implementado, ya que habrá un ahorro eléctrico puesto que las bombas trabajarán el tiempo necesario, a diferencia de ahora que en ocasiones el grupo de bombas continua encendido mientras el agua se rebalsa en el tanque.

Uno de los ahorros cuantificables es el ahorro de combustible dado que ya no se tienen que ir a controlar las bombas a playa Panamá, se evita tener que hacer el

recorrido de aproximadamente 9 km en total cada vez que se tenga que ir a controlar las bombas. Un vendedor de la agencia PURDY MOTOR indicó que el rendimiento para el vehículo HILUX Cabina Simple 2016 Diesel es de 7,8 km/L en ciudad, de 11,5 km/L en carretera y de 11,1 km/L en un ambiente mixto, este último dato es el que se elige para el cálculo del consumo del vehículo ya que el trayecto es un tramo carretera y otro tramo camino de piedra.

El precio de la gasolina al día 18 de mayo de 2016 es de 348 colones por litro, y en la página de RECOPE en un apartado que contiene los datos históricos del precio de los combustibles se indica que el aumento promedio en los últimos 20 años en el precio de los combustibles es de un 1,5% anual, el cual se utilizará para predecir futuros valores del diesel en el análisis económico.

**Tabla 7.20. Gastos de combustible.**

Consumo de Combustible	
km/L	11,1
Precio/L	348
Distancia (km)	9
Gasto/Viaje	¢282,16
Número Viajes por Semana	4
Número Viajes por Mes	17
Número Viajes por Año	202
Gasto Anual	¢56.883,89

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

El segundo aspecto es todavía más importante y genera un impacto mayor en el análisis económico, y se refiere a las horas hombre que se invierten en la labor de dirigirse hasta playa Panamá y hacer el respectivo procedimiento al sistema, que por este tiempo tanto el supervisor como el chofer perciben salario de trabajo, ese

tiempo que podría ser utilizado en otras tareas dentro del hotel si el sistema estuviese automatizado, para esto se está tomando un tiempo de 30 minutos para realizar esta tarea, esto sin contar un tiempo mayor y las horas hombre de dos personas más cuando hay una fuga.

Para el análisis económico se tomarán en cuenta de los salarios de 2 trabajadores del departamento de mantenimiento, de uno de los 2 supervisores quién es el encargado del sistema de bombeo y del chofer de mantenimiento, estos datos fueron proporcionados por el Jefe de Recursos Humanos del hotel. Para el flujo de caja que se realiza es importante mencionar que por ley hay 2 aumentos anuales en el salario de los trabajadores, uno de los aumentos en enero que corresponde a un 0,94% del salario y otro en julio que corresponde a un 0,67% del salario, para un aumento anual de 1,61%.

**Tabla 7.21. Salarios proporcionados por RHH.**

Nombre del trabajador	Salario			
	Mensual	Semanal	Diario	Por Hora
Supervisor	¢467.946,00	¢116.986,50	¢19.497,75	¢2.437,22
Chofer	¢322.918,00	¢80.729,50	¢13.454,92	¢1.681,86
		4,2 Sem por año (30d/4sem)	6 días a la semana	8 Horas al día

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

**Tabla 7.22. Gasto por salarios.**

Gasto Salario/Viaje	¢2.759,79	40 minutos
Número Viajes por Semana	4	
Número Viajes por Mes	17	4,2 sem/mes
Número Viajes por Año	202	12 mes/año
Gasto Salario/Año	¢556.372,82	

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

Con los datos de la inversión inicial y los gastos que se ahorrarían al implementar el proyecto se puede hacer una proyección estimada de cuánto será el tiempo necesario para retornar la inversión inicial. Esta estimación se puede apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla 7.23. Estimación del tiempo de la recuperación de inversión.**

Recuperación Estimada	
Inversión Inicial	₡5.534.988,29
Ahorro/Año	₡613.256,72
Años	9,0255649

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, entre otros.

### **7.1.1 Valor actual neto (VAN)**

Este es un indicador financiero muy eficaz que mide los flujos de los futuros ingresos e inversiones que tendrá un proyecto, para después de descontar la inversión inicial determinar si nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

Sólo basta con determinar el VAN de un proyecto para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también permite determinar cuál proyecto es el más rentable

entre varias opciones de inversión. Incluso, si alguien ofrece comprar nuestro negocio, con este indicador se puede determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que se ganaría al venderlo.

La tasa de descuento (TD) con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar, para este proyecto se utilizará una tasa de descuento de 8%, este valor encontrado en una tesis de la UCR para un proyecto de automatización indicando este valor para este tipo de proyectos; por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) es porque se ha cumplido con dicha tasa. Y cuando el BNA es mayor que la inversión es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

- $VAN > 0$ : el proyecto es rentable.
- $VAN = 0$ : el proyecto es rentable también, porque ya está incorporada ganancia de la TD.
- $VAN < 0$ : el proyecto no es rentable.

Entonces para hallar el VAN se necesitan:

- Tamaño de la inversión.
- Flujo de caja neto proyectado.
- Tasa de descuento.

### 7.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el VAN negativo o menor que 0 sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor a 0).

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- Tamaño de inversión.
- Flujo de caja neto proyectado. (20 años, vida útil de PLC S7-1200)

### 7.1.3 Retorno de la Inversión (ROI)

El ROI es uno de los indicadores principales, junto con el VAN (valor actual neto) y el TIR (tasa interna de retorno), que nos ayudan a evaluar la rentabilidad de un proyecto determinado. El ROI son las siglas de Return of Investment, o traducido al español como retorno de la inversión.

Por lo tanto a la hora de realizar acciones de marketing on-line tendremos que tener en cuenta el ROI que obtenemos para ver si estas acciones son rentables y, por lo tanto, poder tener criterios suficientes para tomar decisiones acerca de la acción en cuestión, como pudiera ser aplicar medidas correctoras, detener la acción, entre otras.

Por ejemplo, un ROI de 40% de rentabilidad no está nada mal, ya que esto quiere decir que de cada 1000 colones que se están invirtiendo habrá una ganancia de

400 colones. En el caso de que el ROI fuera igual o menor que cero se estaría perdiendo dinero, por lo que se tendría que replantear seriamente la viabilidad de las acciones que se está realizando.

Tabla 7.24. Análisis Económico.

Club & Hotel CONDOVAC La Costa		Aumento Anual Salarios 1,61%	Aumento Anual Diesel 1,50%	Balances		Tasa de Descuento 8,00%
Año	Inversión	Ahorro por Horas Hombre	Ahorro combustible	Anual	Total	Valor presente
0	₡5.534.988,29	₡556.372,82	₡56.883,89	-₡4.921.731,57	-₡4.921.731,57	-₡4.921.731,57
1	₡0,00	₡565.330,43	₡57.737,15	₡623.067,58	-₡4.298.664,00	₡576.914,42
2	₡0,00	₡574.432,25	₡58.603,21	₡633.035,45	-₡3.665.628,54	₡542.725,87
3	₡0,00	₡583.680,61	₡59.482,26	₡643.162,86	-₡3.022.465,68	₡510.563,42
4	₡0,00	₡593.077,86	₡60.374,49	₡653.452,35	-₡2.369.013,33	₡480.306,99
5	₡0,00	₡602.626,42	₡61.280,11	₡663.906,52	-₡1.705.106,81	₡451.843,62
6	₡0,00	₡612.328,70	₡62.199,31	₡674.528,01	-₡1.030.578,79	₡425.067,06
7	₡0,00	₡622.187,19	₡63.132,30	₡685.319,49	-₡345.259,30	₡399.877,34
8	₡0,00	₡632.204,41	₡64.079,28	₡696.283,69	₡351.024,39	₡376.180,41
9	₡0,00	₡642.382,90	₡65.040,47	₡707.423,37	₡1.058.447,76	₡353.887,81
10	₡0,00	₡652.725,26	₡66.016,08	₡718.741,34	₡1.777.189,10	₡332.916,31
11	₡0,00	₡663.234,14	₡67.006,32	₡730.240,46	₡2.507.429,56	₡313.187,62
12	₡0,00	₡673.912,21	₡68.011,41	₡741.923,62	₡3.249.353,19	₡294.628,08
13	₡0,00	₡684.762,20	₡69.031,59	₡753.793,78	₡4.003.146,97	₡277.168,41
14	₡0,00	₡695.786,87	₡70.067,06	₡765.853,93	₡4.769.000,90	₡260.743,43
15	₡0,00	₡706.989,04	₡71.118,07	₡778.107,10	₡5.547.108,00	₡245.291,81
16	₡0,00	₡718.371,56	₡72.184,84	₡790.556,40	₡6.337.664,40	₡230.755,88
17	₡0,00	₡729.937,34	₡73.267,61	₡803.204,95	₡7.140.869,35	₡217.081,36
18	₡0,00	₡741.689,33	₡74.366,62	₡816.055,96	₡7.956.925,31	₡204.217,21
19	₡0,00	₡753.630,53	₡75.482,12	₡829.112,65	₡8.786.037,96	₡192.115,40
					VAN	₡1.763.740,88
					TIR	12%
					ROI	35,83577955

Fuente: Elaboración propia. (Excel)

El proyecto nos está entregando un VAN mayor a cero por lo que apoyados en la información que nos brinda el VAN que si el resultado es mayor a 0 es viable el proyecto, lo que sucede en el caso de este proyecto de automatización desarrollado, por lo que se concluye que el proyecto es viable.

Situación similar en el TIR, para que el proyecto sea viable el porcentaje de TIR debe ser mayor a la a la TD, dado que el TIR dio como resultado 12% y la tasa de descuento es de 8% el proyecto es viable.

Por último, el Retorno de la Inversión nos indica que también es viable, dado que su resultado de 36% indica que por cada 1000 colones invertidos en el proyecto se estarán retornando 360 colones. También se puede observar que en el transcurso del cuarto año estará retornada la inversión inicial y desde ese entonces el hotel está recibiendo únicamente ganancias.

## **7.2 Aspectos ambientales**

En el aspecto ambiental se encuentra la principal razón para la justificación del proyecto debido a que el principal objetivo es eliminar los desperdicios de agua potable, por lo que con la implementación de este proyecto se eliminarán los desperdicios por rebalses en los tanques y se disminuirán de manera considerable los derrames de agua ocasionados por las fugas.

Esto cobra mayor importancia al ser en la provincia de Guanacaste, ya que este es un recurso muy escaso y no se da una constante presencia de lluvia. Por esta

razón hay pozos como el que se trata en el proyecto que se han secado por completo.

### **7.3 Aspectos de Servicio**

En el aspecto de servicio se refiere a que el servicio de agua potable tanto para el hotel y sus tareas, pero más importante el servicio de agua a los huéspedes y clientes no faltará, esto es importante de considerar puesto que se han dado casos que a diferencia de los rebalses que se da por exceso de agua en los tanques, se han presentado días en que la demanda de agua potable ha sido tal que el tanque no da a basto con la programación actual y se ha quedado sin agua, y esto en la reputación del hotel es algo sumamente importante el mantener sin queja alguna a sus clientes.

### **7.4 Aspectos Técnicos**

Eliminación de tarea al departamento de mantenimiento: Con la implementación de este sistema de automatización se le quita una responsabilidad muy grande al departamento de mantenimiento, al no tener que estar pendiente de los cambios manuales que la bomba necesita y de la posible presencia de fugas.

Evolución y desarrollo de la empresa: La automatización de procesos se ha vuelto necesario en el tiempo actual para unos buenos estándares de operación en sus tareas, otro beneficio es la evolución y el desarrollo que daría el hotel al automatizar un sistema tan importante, para su competitividad en el mercado hotelero y la disponibilidad del sistema.

## **8 Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones.**

## 8.1 Conclusiones

- El proyecto de tesis desarrollado cumple con el objetivo primordial de evitar los desperdicios de agua mediante el diseño de una automatización para el sistema de bombeo que cuenta con el control de las bombas y con alarma que indica la presencia de fugas en la tubería principal.
- El control de las bombas 2 y 3 mediante los sensores de niveles del tanque de abastecimiento del hotel (tanque 2) es fundamental para los objetivos de este proyecto, puesto que es la acción encargada de llenar el tanque de manera adecuada.
- La utilización de Controladores Lógicos Programables (PLC), facilita los procesos de automatización, por su facilidad de programación, manejo de señales de control y fácil conexión.
- La metodología del diagrama escalera es una herramienta de gran ayuda para el desarrollo de programas de tipo no secuenciales basados en el cumplimiento de condiciones, en donde sus salidas no tengan un orden determinado de activación.
- La automatización de este sistema se realizó de manera más sencilla en el método de diagrama escalera que por el método GRAFCET debido a la lógica requerida por la automatización.
- La medición de presión en la tubería principal es una solución práctica y económica para localizar el lugar de la fuga en un sistema de tuberías que está enterrado.

- La medición de presión en tramos equidistantes en la zona crítica de la tubería es una manera eficiente para disminuir el tramo de tubería en la que se debe buscar la fuga.
- La telemetría es una técnica muy importante en los sistemas de control automático, con el uso de esta técnica se logró comunicar ambos PLC para controlar el sistema de bombeo.
- Se logró disminuir la pérdida de agua potable debido a fugas, las cuales representan una cantidad igual o mayor de desperdicio en el sistema de bombeo del hotel.

## **8.2 Recomendaciones**

- Tomar en cuenta las instrucciones detalladas que se han desarrollado en este proyecto, pues la falta de observación de las mismas en la manipulación, montaje, programación, y funcionamiento del equipo, puede crear situaciones de riesgo, las cuales pueden ocasionar daños físicos y lesiones al usuario así como al propio equipo.
- Debido a la utilización de sensores cuyo funcionamiento están determinados por factores externos, como el sensor de nivel y mediciones de presiones se deberá tomar en cuenta la calibración de los mismos de tal manera que dichos factores afecten en lo menos posible en la obtención de señales necesarias para llevar a cabo el control del módulo.
- Realizar las pruebas de funcionamiento, de cada uno de los dispositivos del módulo, para evitar defectos y problemas al momento de iniciar el proceso.

- Se recomienda revisar la parte eléctrica teniendo en cuenta que la alimentación es de 24VDC al PLC, tomar en cuenta el consumo de voltaje de cada dispositivo que integra el módulo, para evitar caídas de voltaje y si es necesario añadir una fuente extra al sistema de alimentación.
- Es recomendable que para la implementación del proyecto explorar la posibilidad de la petición de permisos al ICE para transportar el cable de fibra óptica por los postes de alumbrado público, de esta manera se puede ahorrar dinero al no tener que transportar el cable por ducto PVC.
- Se recomienda la compra de un geófono, un dispositivo especializado en la detección de fugas en tuberías enterradas, para una detección de la localización de las fugas aún más eficiente.
- Se recomienda la capacitación de un miembro del departamento de mantenimiento por parte del autor de este proyecto para que pueda ser el encargado de dar soporte y mantenimiento al equipo para cuando esté presente alguna falla.

# Bibliografía

Blanchard, M. (1999). *El Grafcet Principios y Conceptos*. Roma, Italia: ADEPA.

Club y Hotel Condovac La Costa S.A. (2014). *Condovac La Costa*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de <http://www.condovac.com/>

CreceNegocios. (17 de Julio de 2014). *El VAN y el TIR*. Recuperado el 19 de MAyo de 2016, de El VAN y el TIR: <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

CRESLINE-NorthWest. (2004). *PVC Water Well Pipe y Casing*.

Daneri, P. (2008). *PLC Automatización y Control Industrial*. Valencia, España: HASA.

Martínez, J. (1999). *Problemas Resueltos con Autómatas Programables mediante Grafcet*. Murcia, España: Universidad de Murcia.

Massieu, W. (2008). *Instalación y Operación de Controladores Lógicos Programables, Plan 2008*. México D.F., México: Instituto Politécnico Nacional.

Mateos, F. (2001). *Sistema automatizado con PLC's. Estandarización con Autómatas Programables*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

Miraya, F. (2004). *CONVERSORES D/Ay A/D*. Rosario, Argentina: Riobamba.

Morera, A. L. (2015). *Control Eléctrico*. Tecnológico de Costa Rica.

Peña, J. (2003). *Introducción a los autómatas programables*. UOC.

Pineda, J. P. (2008). *Automatización de Maniobras Industriales Mediante*. México D.F., México: Alfaomega.

Pinzón, C. (8 de Enero de 2013). *InvenioPro*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de InvenioPro: <http://www.inveniopro.es/el-roi/>

Piñeros, J. (7 de Diciembre de 2015). *Programación Estructurada Siemens*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de Programación Estructurada Siemens: <http://es.slideshare.net/johnpir/programacin-estructurada-siemens-tia-portal>

PLC-HMI-SCADAS. (13 de Octubre de 2013). *Tia Portal , Enviar SMS con CP 1242-7*. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de Tia Portal , Enviar SMS con CP 1242-7: [http://plc-hmi-scadas.com/TIA\\_Portal\\_1200\\_SMS.php](http://plc-hmi-scadas.com/TIA_Portal_1200_SMS.php)

Ponsia, P. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. Barcelona: UPC.

PUCP. (25 de Mayo de 2015). *Ingeniería de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 24 de Abril de 2016, de Ingeniería de las Telecomunicaciones: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/17>

RC. (2014 de Mayo de 15). *Radiocomunicación*. Recuperado el 2016 de Abril de 24, de Radiocomunicación: <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>

SIEMENS. (2008). *Paso a Paso S7-1200 – Step 7 Basic*.

SIEMENS. (2011). *Siemens Home*. Recuperado el 8 de Mayo de 2016, de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/s71200EasyBook0411.pdf>

SIEMENS. (30 de Abril de 2014). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200*.

Recuperado el 15 de Mayo de 2016, de SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200:

<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=60466702475&lc=es->

NI

SIEMENS. (2002). *SIMATIC Sistema de automatización S7-200, Manual del sistema. Tercera Edición*. Siemens AG, 2002.

# Apéndices

## Cotizaciones

# SIEMENS

Señores:  
**Club & Hotel Condovac La Costa**  
 Atención: Wilmer David Fernández Masís  
 E-mail:  
 Tel.:  
 Fax:  
 Presente

Name/Nombre Oscar Monge  
 Abteilung/dpto. División Industria  
 Standort/lugar San José, Costa Rica  
 Telefon/Tel. (506)2287-5066  
 Fax (506)2287-5295  
 E-mail: oscar.monge@siemens.com  
 Nuestra Referencia CRIQ24370  
 Datum/Fecha: lunes, 07 de marzo de 2016

Tenemos el agrado de ofrecerle lo siguiente:

Pos.	Cant.	Código Spiridon	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	2	6ES72141BG400XB0	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC; 10 DO RELES 2A; 2 AI 0-10V DC, ALIMENTACION: AC 85-264 V AC BEI 47-63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 100KB	\$528,00	\$1.056,00
2	2	6GK72427KX310XE0	PROCESADOR DE COMUNIC. CP 1242-7 V2 PARA CONECTAR SIMATIC S7-1200 A UNA RED GSM/GPRS ; SERVIDOR WEB ACCEDA A CPU, CONFIG. DE PUNTOS DE DATOS, CONSIDERAR HOMOLOG. POR PAISES	\$904,00	\$1.808,00
3	1	6ES78220AA030YA5	SIMATIC STEP 7 BASIC V13 SP1 FLOATING LICENSE; SOFTWARE DE INGENIERIA EN EL PORTAL TIA; SOFTWARE Y DOCUMENTACION EN DVD; CLAVE LICENCIA EN LAPIZ USB; CLASE A; 6 IDIOMAS: AL,IN,IT,FR,ES,CN; EJECUTABLE BAJO WINDOWS 7 (32 BIT, 64 BIT), WINDOWS 8.1 (64 BIT); PARA CONFIGURAR SIMATIC S7-1200 SIMATIC BASIC PANELS	\$530,00	\$530,00
<b>Subtotal:</b>				\$3.394,00	
<b>13% I.V.</b>				\$441,22	
<b>Total I.V.I.:</b>				\$3.835,22	

### Condiciones comerciales:

Solicitamos revisar en forma detallada la siguiente oferta y comprobar que corresponde satisfactoriamente a todos los productos y/o soluciones requeridas. La presente oferta es el resultado de nuestra interpretación de la información suministrada, por lo cual, la responsabilidad de Siemens Costa Rica S.A. se limita al suministro de bienes y servicios en los términos en que se detallan en esta cotización.

Plazo de entrega: 2 a 4 Semanas. Los plazos indicados rigen a partir de la recepción de la orden de compra y el pago del anticipo.

Precio: Neto en dólares estadounidenses, más impuestos de ventas.

Lugar de entrega: Ex-Bodega Siemens Costa Rica, según Incoterms 2010

Forma de pago: CONTADO, pudiéndose realizar el pago en colones costarricenses, al tipo de cambio de referencia de venta vigente en el Banco Central de Costa Rica, a la fecha de efectuarse el pago.

Validez de la oferta: 30 días a partir de esta fecha, después de este tiempo se entiende sin compromiso.

Garantía: 1 año por defectos de fábrica a partir de la fecha de nuestra factura.

Siemens cumplirá el contrato siempre y cuando no existan obstáculos derivados de prescripciones nacionales o internacionales del derecho de comercio exterior ni embargos (y/o otras sanciones) que lo impidan.

S

200 mts. este de la Plaza de Deportes, La Uruca

Apartado: 10022-1000  
 San José, Costa Rica

Tel.: (506) 2287 5050  
 Fax: (506) 2287 5296

CRIQ24370

1



Clausula de Reserva: Siemens no estará obligado a cumplir con las obligaciones asumidas en el presente acuerdo de voluntades, si el cumplimiento de dichas obligaciones se encuentra limitado en las disposiciones legales nacionales e internacionales aplicables mencionando de manera enunciativa más no limitativa reglas de comercio exterior y/o requisitos aduanales, embargos o cualquier otro tipo de sanción.

Cumplimiento con las Regulaciones de "Export Control": Si el Cliente transfiere cualquiera de los bienes materia de éste Contrato (hardware y/o software y/o tecnología, así como, la documentación relacionada, sin importar el modo de transmisión) trabajos o servicios prestados por Siemens (incluyendo cualquier tipo de asistencia técnica) a cualquier tercero, éste deberá cumplir con todas las regulaciones nacionales e internacionales de control de exportación y re-exportación. En el evento en el que dichas transferencias de bienes, trabajos o servicios se hubieren llevado a cabo, el Cliente deberá cumplir con las regulaciones de control de exportación y re-exportación de la República Federal de Alemania, de la Unión Europea y de los Estados Unidos de América. Antes de que Siemens transfiera los bienes, trabajos y/o servicios materia del presente instrumento, a un tercero, la Parte Receptora deberá asegurarse y garantizar a través de las medidas apropiadas:

Que en virtud de la transferencia no se infringirá ningún tipo de embargo impuesto por la Unión Europea, por los Estados Unidos de América y/o por la Organización de las Naciones Unidas, ya sea mediante la intermediación de los contratos relacionados con dichos bienes, trabajos o servicios, o mediante la provisión de otros recursos económicos en relación con dichos bienes, trabajos o servicios, o mediante la provisión de otros recursos económicos en relación con dichos bienes, trabajos o servicios, considerando también las limitaciones de los negocios nacionales así como las prohibiciones existentes respecto de cualquiera de éstos embargos.

Que dichos bienes, trabajos o servicios no serán destinados a cualquier uso relacionado con armamento, tecnología nuclear o cualquier tipo de arma sujeto a prohibiciones o autorizaciones a menos que exista la autorización requerida para tal efecto; Que se consideren y cumplan todas las regulaciones relacionadas con las personas físicas y/o morales listadas en las distintas publicaciones de Partes Sancionadas de la Unión Europea y de los Estados Unidos de América.

En el caso en el que se requiera por las autoridades competentes y/o por Siemens llevar a cabo revisiones Siemens, en materia de control de exportaciones la Parte Receptora previa solicitud de Siemens, deberá proporcionar a Siemens toda la información referente al Cliente final, al destino y uso final de los bienes, trabajos o servicios objeto del presente así como respecto a cualquier restricción

La Parte Receptora deberá mantener a Siemens en paz y a salvo respecto de cualquier responsabilidad, demanda, procedimiento, acción, sanción, pérdida, costo y/o daños que se generen por cualquier incumplimiento a las regulaciones de control de exportaciones imputable a la Parte Receptora, quien en su caso deberá indemnizar a Siemens

Los términos y condiciones contenidas en la presente oferta regirán y formaran parte integral de la orden de compra o contrato que al efecto se llegare a celebrar.

La responsabilidad total de Siemens, bajo ninguna circunstancia, podrá exceder el 3% del precio del Contrato. Cualquier responsabilidad de Siemens cesará al finalizar el periodo de garantía. Siemens no será, en caso alguno y bajo ninguna circunstancia, responsable de cualquier pérdida de utilidad, costo de capital, pérdida de intereses o ingresos, costo de energía comprada o reemplazada o por cualesquiera daños o pérdidas indirectas o consecuenciales. En caso de que el equipo sufra algún daño físico o eléctrico en sus partes y/o en su operación por mal manejo de parte del cliente, Siemens no se responsabilizará de las fallas que presenten los suministros/servicios objeto de esta propuesta, anulándose automáticamente la garantía. En caso de que el cliente detecte algún daño en los equipos u omisiones en partes y/o accesorios de los mismos, deberá reportarlos en un plazo máximo de 15 (quince) días naturales a Siemens, de lo contrario, la empresa no responderá por reclamos posteriores.

Cédula jurídica de Siemens S.A.: 3-101-005831-29

En espera que esta oferta sea de su agrado y conveniencia, le saludamos.

Atentamente,  
SIEMENS S.A.

Óscar Monge Izaguirre

Soporte DF FA & PD PA



200 mts. este de la Plaza de Deportes, La Uruca

Apartado: 10022-1000  
San José, Costa Rica

Tel.: (506) 2287 5050  
Fax: (506) 2287 5296

CRIG24370

2



SIESA Soluciones Industriales Electromecánicas S.A.  
 200 este, 500 norte, del Restaurante Bacchus  
 Santa Ana, Costa Rica  
 Tel: +506-2203-1516  
 Fax: +506-2282-2401

Ced. 3-101-166355

## Presupuesto N° Cot-131274

### CLIENTE CONTADO

#### Dirección de envío :

/  
/

#### Dirección de factura :

//  
/

Su referencia	Fecha presupuesto	Comercial		Plazo de pago	
Wilmer Femadez Masis	19/04/2016	Fernando Valladares		Plazo de pago: Contado	
Descripción	IVA	Cantidad	Precio unidad	Desc.(% )	Precio
[1554160] SENSOR DE PRESION 0-160psi 4-20mA 1/4-18"NPT 8-30VDC 0-80°C M12-4P SICK PBT <i>Entrega= 6 Semanas</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 150,000.00	15.00	€ 127,500.00
[0753013] LUZ PILOTO LED PLAST. Ø22mm COLOR VERDE GQELE 24VAC/DC <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 2,885.00	15.00	€ 2,452.25
[0753015] LUZ PILOTO LED PLAST. Ø22mm COLOR AMARILLA GQELE 24VAC/DC <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	4.00 UDS	€ 2,885.00	15.00	€ 9,809.00
[0018935] BASE P/RELE MICRO FINDER 40.52 8 PINES AZUL 95.85.3SMA <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	9.00 UDS	€ 3,870.00	15.00	€ 29,605.50
[0018524] RELE FINDER MICRO 8PINES 2PDT 8A BOBINA 24VDC 40.52 <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	9.00 UDS	€ 4,535.00	15.00	€ 34,692.75
[0720020] CABEZA SELECTOR 2 POS PLASTICO IP65 MANETA EXTENDIDA GQ LA115-5-X LATCHED <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	2.00 UDS	€ 1,900.00	15.00	€ 3,230.00
[0720099] BASE ACOUPLE P/ 3 BLOQUES DE CONTACTOS TIPO A GQ LA115-A-Z <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	4.00 UDS	€ 500.00	15.00	€ 1,700.00
[0710310] BLOQUE CONTACTO 1NA 800E-3X10 SIESA GQ <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	3.00 UDS	€ 2,745.00	15.00	€ 6,999.75
[0710034] PULSADOR PLASTICO ROJO 1NC GQELE EQUIVALENTE AL AB 800EP-F4 COMPLETO <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 4,205.00	15.00	€ 3,574.25
[0753014] LUZ PILOTO LED PLAST. Ø22mm COLOR ROJA GQELE 24VAC/DC <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	3.00 UDS	€ 2,885.00	15.00	€ 7,356.75

BAC: 905789632 USD | BNCR: 100-01-000-186040-2 CRC | BAC: 905789616 CRC | BNCR: 100-02-060-600551-0 USD

Jefferson Valladares Jimenez  
 jefferson.valladares@siesacr.com  
 Ventas  
 Pagina: 1

Proyecto de graduación: Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel y detección de fugas en tuberías



SIESA Soluciones Industriales Electromecánicas S.A.  
200 este, 500 norte, del Restaurante Bacchus  
Santa Ana, Costa Rica  
Tel: +506-2203-1516  
Fax: +506-2282-2401

Ced. 3-101-166355

Descripción	IVA	Cantidad	Precio unidad	Desc.(% )	Precio
[0720003] CABEZA PULSADOR PLASTICO IP65 RASANTE VERDE GQ LA115-5-BN-GREEN <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 1,500.00	15.00	€ 1,275.00
[0720004] CABEZA PULSADOR PLASTICO IP65 RASANTE ROJO GQ LA115-5-BN-RED <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 1,500.00	15.00	€ 1,275.00
[1171322] CABLE FLEXIBLE H07Z1-K 1x1.5mm <sup>2</sup> (16AWG) NEGRO 750V 70°C LIBRE HALOGENUROS <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	10.00 UDS	€ 170.00	15.00	€ 1,445.00
[1171326] CABLE FLEXIBLE H07Z1-K 1x1.5mm <sup>2</sup> (16AWG) ROJO 750V 70°C LIBRE HALOGENUROS <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	10.00 UDS	€ 170.00	15.00	€ 1,445.00
[1171329] CABLE FLEXIBLE H07Z1-K 1x1.5mm <sup>2</sup> (16AWG) VERD/AMAR 750V 70°C LIBRE HALOGENUROS <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	4.00 UDS	€ 170.00	15.00	€ 578.00
[8620040] CONTACTOR CHINT NC1 3Ø 80A 1NA+1NC 230VAC 50/60Hz <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	2.00 UDS	€ 46,247.00	15.00	€ 78,619.90
[8630017] RELE SOBRECARGA 55-70A PARA CONTACTOR NC1 G NR2-93G CHINT <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 25,065.00	15.00	€ 21,305.25
[8630018] RELE SOBRECARGA CHINT NR2-93G 63-80A P/CONTACTOR NC1 <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 25,065.00	15.00	€ 21,305.25
[8620011] CONTACTOR CHINT NC1 3Ø 18A 1NA 240VAC 50/60Hz <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 9,055.00	15.00	€ 7,696.75
[8630010] RELE SOBRECARGA CHINT NR2-25G 12-18A P/CONTACTOR NC1 <i>Entrega= 1 Dia, salvo previa venta</i>	IV 13%	1.00 UDS	€ 9,485.00	15.00	€ 8,062.25
<b>Total neto :</b>					€ 369,927.65
<b>Impuestos :</b>					€ 48,090.60
<b>Total :</b>					<b>€ 418,018.25</b>

Plazo de pago: Contado  
Validez: 15 Días

BAC: 905789632 USD | BNCR: 100-01-000-186040-2 CRC | BAC: 905789616 CRC | BNCR: 100-02-060-600551-0 USD  
Jefferson Valladares Jimenez  
jefferson.valladares@siesacr.com  
Ventas  
Pagina: 2



PROFORMA # 73630

**Cliente:** CONDOVAC  
**Dirección:** Guanacaste  
**Telefono:**  
**Atencion:** Compras

**Solicitud #:**  
**Fecha:** 13-May-2016  
**Vendedor:** Priscilla C  
**Modo Envio:** Anexos

Cant.	Unid.	Descripcion	Precio	Total
7	und	Manometro GLICERINA 2.1/2" 0-160psi 1/4"NPT-Abajo, WINTERS	11,415.00	79,905.00

SubTotal           ¢ 79,905.00  
Descuento           ¢ 0.00  
Impuesto           ¢ 10,387.65  
Total Colones       ¢ 90,295.00

Noventa mil doscientos noventa y cinco con 00/100  
(Precios sujetos a cambio sin previo aviso)

**Observaciones:**

Artículos sujetos a previa venta.

Tiempo de entrega: 1 día despues de recibida la Orden de Compra.

Vigencia de la Oferta: 2 Días.

\_\_\_\_\_  
Ing. Edwin Cordoba

\_\_\_\_\_  
Agente: Priscilla C

\_\_\_\_\_  
Hecho Por: Priscilla C

# FIBROTEL S.A

Cédula Jurídica #8-101-272882  
60 M. Norte Galván, Carretera a Pavas  
Apdo. Postal 10-1017, San José, C.R.

Tel.: 2282 7712  
Fax: 2282 7428  
[fibrotel@raoca.co.cr](mailto:fibrotel@raoca.co.cr)

## OFERTA ECONÓMICA

Fecha: 26 Mayo, 2016

Señores: CONDOVAC LA COSTA

Cant	Descripción	Precio Unitario	Precio SubTotal
4	Kilometros de cable de fibra optica monomodo G652D, ADSS, 12 hilos, 10 mm.	\$ 1,000.00	\$ 4,000.00
	El carretes de 2 kilometros cada uno		
		Sub total	\$ 4,000.00
		Imp. Ventas	\$ 520.00
		TOTAL I.V.I.	\$ 4,520.00

### CONDICIONES

Tiempo de Entrega: Inmediata. Sujeto a disponibilidad  
Vigencia: Treinta días naturales  
Forma de Pago: Contado contra entrega.  
Por transferencia electrónica de fondos  
Datos Bancarios: Banco Costa Rica  
Cuenta Corriente colones numero 001-0237745-4  
Numero SINPE 15201001023774540  
Banco Cathay  
Cuenta Corriente dólares numero 1722000006765  
Numero SINPE 1252000000067654

Hellen Guerrero  
Ventas



**DURMAN ESQUIVEL S.A**  
Cédula Jurídica N° 3-101-095779-37  
Tels. Central: (506) 2-435-4700 Fax: (506) 2-435-4800  
Contiguo a la Compañía Dos Pinos El Coyol de Alajuela  
Apto. 9129-1000 San José, Costa Rica  
E-mail: costarica@durman.com - www.durman.com  
Codigo de Exportador: 1.26

WILMER FERNANDEZ MASIS  
COYOL DE ALAJUELA  
CONTADO  
Teléfono: (506)  
Fax: (506)  
Contacto:

### Cotización

Número/Fecha : 879208 / 27.05.2016  
Número ref./Fecha : COTIZACION / 27.05.2016  
Fecha de entrega : 27.05.2016  
N° de cliente : 500147  
Periodo de validez : 27.05.2016 al 04.06.2016  
Grupo Vendedor : 2000034  
Definición Grupo : EDDY CALDERON AROYO  
Fecha : 27.05.2016 08:10:28

Efectuamos las entregas según las condiciones siguientes:

Moneda CRC

Condiciones de pago Pagadero inmediatamente sin deducción

Condiciones de entrega EXW BODEGA DURMAN

Material	Cantidad	Denominación	Precio Unit.	Total
2011437	4,000 M	METRO TUBO PEAD 12MM(1/2") DR9 VERDE	509.00	2,036,000.00
Subtotal				2,036,000.00
Descuento				203,600.00-
IVA		13.000 %	1,832,400.00	238,212.00
Plata				
Total				2,070,612.00

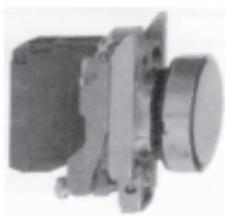
VENDEDOR

AUTORIZADO  
ECALDERON

# **Anexos**

## Anexo A. Fichas técnicas

### Anexo A.1. Ficha técnica Pulsador Rasante IP 65. (Verde y Rojo)



#### Pulsador rasante IP 65

Tipo de contacto	Referencias
NA	XB4-BA.1 <sup>(2)</sup>
NC (rojo)	XB4-BA42

Fuente: [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo05\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo05_1907.pdf)

### Anexo A.2. Selector 2 posiciones plástico IP 65.

## Harmony XB6E

Pulsadores, selectores y pilotos con embellecedor de plástico Ø 16 mm monobloc (continuación)

Mando y señalización



#### Selectores

<b>Tipo de cabeza</b>	  	<b>Maneta o llave</b>	Rectangular <sup>(1)</sup>
<b>Forma de la cabeza</b>			
<b>Grado de protección</b>			IP65 / Clase II (excepto para los selectores con llave)
<b>Montaje (mm)</b>	taladrado del soporte entreje de montaje		Ø 16,2 ± 0,2
<b>Dimensiones (mm)</b>	An x Al x F (bajo la cabeza)		24 x 18 con cabeza rectangular, 18 x 18 con cabeza cuadrada y redonda 24 x 18 x 50 con las cabezas rectangulares, 18 x 18 x 50 con las cabezas cuadradas y redondas
<b>Conexión</b>			Por terminales Faston 2,8 x 0,5 o para soldar
<b>Tipo de dispositivo de mando</b>			Con maneta negra
<b>Número y tipo de posición</b>			2 posiciones  fijas
<b>Referencias</b>	1 "NANC"		XB6E DD221P
	2 "NANC"		XB6E DD222P
<b>Número y tipo de posición</b>			3 posiciones  fijas
<b>Referencias</b>	2 "NANC"		XB6E DD232P

(1) Para los productos con cabeza cuadrada, sustituir la letra **D** de la referencia por **C** (XB6E DD221P pasa a ser XB6E CD221P).  
Para los productos con cabeza redonda, sustituir la letra **D** de la referencia por **A** (XB6E DD221P pasa a ser XB6E AD221P).

Fuente:

<https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soporte/tarifas/2014/enero/pdf/ESMK T02023A14>

\_Industry\_CAPT\_01\_PDF.pdf

### Anexo A.3. Ficha técnica Cable Flexible H07Z1-K 750 V. (Rojo, Negro y Verde)

#### EXZHELLENT XXI H07Z1-K (AS)

TENSIÓN: 450/750 V



#### NORMAS

UNE-EN 50525-3-31 (HD 21.15) - Norma constructiva  
UNE-EN 60332-1-2 - No propagador de la llama  
UNE-EN 60332-3-24 - No propagador del incendio  
UNE-EN 50267 - Baja acidez y corrosividad de los gases  
UNE-EN 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos  
IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama  
IEC 60332-3-24 - No propagador del incendio  
IEC 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases  
IEC 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

#### CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:  
Cobre, flexible clase 5

AISLAMIENTO:  
Polioléfina termoplástica libre de halógenos

#### APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La serie de cables EXZHELLENT XXI (AS), está constituida por cables flexibles monopolares de 300/500V en las secciones de 0,5 - 0,75 y 1 mm<sup>2</sup>, correspondiendo su designación a ES05Z1-K y cables de 450/750V para secciones superiores, correspondiendo a la designación H07Z1-K.

La temperatura máxima de servicio del cable es de 70°C, pudiendo asimismo trabajar a muy baja temperatura (-40°C).

Estos cables disponen del CERTIFICADO < HAR > DE PRODUCTO.

La serie EXZHELLENT XXI es el producto más deslizante del mercado, igualando e incluso superando las prestaciones ofrecidas por la serie de cables GENLIS. Esta condición, conseguida mediante el innovador proceso de aislamiento Speedy-Skin, le convierte en un producto SUPERDESLIZANTE.

Cables de obligada instalación en las siguientes ITC del Reglamento de Baja Tensión:  
ITC-BT-15 Derivaciones Individuales  
ITC-BT-28 Locales de Pública Concurrencia



Fuente:

[http://www.generalcable.es/DesktopModules/Carver\\_Catalogo/CatalogoPDFGenerator.aspx?id=12](http://www.generalcable.es/DesktopModules/Carver_Catalogo/CatalogoPDFGenerator.aspx?id=12)

0&idioma=1&portal=1&culture=es-ES

Anexo A.4. Ficha técnica Sensor De Presión SICK PBT 0-160psi 4-20mA.

 <p><b>PBT</b></p>	<p><b>Analógica</b></p> <p>1 conector circular M12, conector acodado, conexión de cable</p>
<p>Un auténtico portento, se mire por donde se mire</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran variedad de conexiones de proceso disponibles</li> <li>• Sin componentes mecánicos móviles Por tanto, sin desgaste, a prueba de fatiga y sin mantenimiento</li> <li>• Membrana de acero inoxidable hermética y soldada por todos los lados</li> <li>• 1 conector eléctrico M12, conector acodado (DIN 175301-803 A) o conexión por cable</li> </ul>
<p><b>Transmisor de presión</b></p> <p>0 bar ... 1 bar hasta 0 bar ... 600 bar</p> <p>0 bar ... 1 bar hasta 0 bar ... 25 bar</p> <p>-1 bar ... 0 bar hasta -1 bar ... +24 bar</p> <p>Bar, MPa, psi y kg/cm<sup>2</sup></p> <p>≤ ± 1% del margen ≤ ± 0,5% del margen ≤ ± 0,6% del margen</p>	

Fuente:

[https://www.sick.com/media/dox/5/15/415/Product\\_overview\\_Fluidsensorik\\_Visi%C3%B3n\\_general\\_de\\_productos\\_es\\_IM0060415.PDF](https://www.sick.com/media/dox/5/15/415/Product_overview_Fluidsensorik_Visi%C3%B3n_general_de_productos_es_IM0060415.PDF)

Anexo A.5. Ficha técnica Relé Finder Micro 8 Pin 2P 8A Bobina 24VDC 40.52.



**40 Series - Miniature PCB/Plug-in relays 8 - 10 - 16 A**

**Features**

1 & 2 Pole relay range  
 40.31 - 1 Pole 10 A (3.5 mm pin pitch)  
 40.51 - 1 Pole 10 A (5 mm pin pitch)  
 40.52 - 2 Pole 8 A (5 mm pin pitch)

**PCB mount**  
 - direct or via PCB socket  
 35 mm rail mount  
 - via screw and screwless sockets

- DC coils (standard or sensitive) & AC coils
- Cadmium Free contact material
- 8 mm, 6 kV (1.2/50 µs) isolation, coil/contacts
- UL Listing (certain relay/socket combinations)
- Flux proof: RT II standard, (RT III option)
- 95 series sockets
- Coil EMC suppression
- Timer accessories 86 series

**40.31**



• 3.5 mm contact pin pitch  
 • 1 Pole 10 A  
 • PCB or 95 series sockets

**40.51**

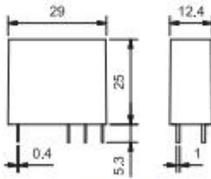


• 5 mm contact pin pitch  
 • 1 Pole 10 A  
 • PCB or 95 series sockets

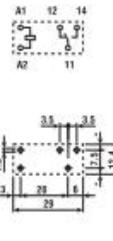
**40.52**



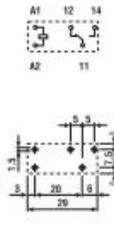
• 5 mm contact pin pitch  
 • 2 Pole 8 A  
 • PCB or 95 series sockets



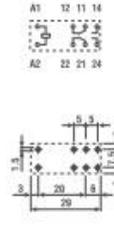
FOR UL HORSEPOWER AND PILOT DUTY RATINGS  
 SEE "General technical information" page V



Copper side view



Copper side view



Copper side view

Contact specification			
Contact configuration		1 CO [SPDT]	1 CO [SPDT]
Rated current/Maximum peak current	A	10/20	10/20
Rated voltage/Maximum switching voltage V AC		250/400	250/400
Rated load AC1	VA	2,500	2,500
Rated load AC15 (230 V AC)	VA	500	500
Single phase motor rating (230 V AC)	kW	0.37	0.37
Breaking capacity DC1: 30/110/220 V	A	10/0.3/0.12	10/0.3/0.12
Minimum switching load	mW (V/mA)	300 (5/5)	300 (5/5)
Standard contact material		AgNi	AgNi
Coil specification			
Nominal voltage [U <sub>N</sub> ]	V AC [50/60 Hz]	6 · 12 · 24 · 48 · 60 · 110 · 120 · 230 · 240	
	V DC	5 · 6 · 7 · 9 · 12 · 14 · 18 · 21 · 24 · 28 · 36 · 48 · 60 · 90 · 110 · 125	
Rated power AC/DC/sens. DC	VA [50 Hz]/W/W	1.2/0.65/0.5	1.2/0.65/0.5
Operating range	AC	[0.8...1.1]U <sub>N</sub>	[0.8...1.1]U <sub>N</sub>
	DC/sens. DC	[0.73...1.5]U <sub>N</sub> /[0.73...1.75]U <sub>N</sub>	[0.73...1.5]U <sub>N</sub> /[0.73...1.75]U <sub>N</sub>
Holding voltage	AC/DC	0.8 U <sub>N</sub> / 0.4 U <sub>N</sub>	0.8 U <sub>N</sub> / 0.4 U <sub>N</sub>
Must dropout voltage	AC/DC	0.2 U <sub>N</sub> / 0.1 U <sub>N</sub>	0.2 U <sub>N</sub> / 0.1 U <sub>N</sub>
Technical data			
Mechanical life AC/DC	cycles	10 · 10 <sup>4</sup> /20 · 10 <sup>4</sup>	10 · 10 <sup>4</sup> /20 · 10 <sup>4</sup>
Electrical life at rated load AC1	cycles	200 · 10 <sup>4</sup>	100 · 10 <sup>4</sup>
Operate/release time	ms	7/3 · [12/4 sensitive]	7/3 · [12/4 sensitive]
Insulation between coil and contacts (1.2/50 µs)	kV	6 [8 mm]	6 [8 mm]
Dielectric strength between open contacts V AC		1,000	1,000
Ambient temperature range	°C	-40...+85	-40...+85
Environmental protection		RT II**	RT II**
Approvals (according to type)			

\*\* See general technical information "Guidelines for automatic flow solder processes" page II.

Fuente: <http://www.finder-relays.net/en/finder-relays-series-40.pdf>

## Anexo A.6. Ficha técnica Contactor CHINT NC1 3Ø80A 1NA+1NC 230VAC.



### CONTACTOR DE POTENCIA DE 9 - 95A

Los Contactores de la serie NC1 son dispositivos con capacidad de cortar elevadas intensidades de corriente eléctrica de un motor o carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Capaces de conectar motores hasta 95A. Las dimensiones y su diseño fueron mejorados para tener un producto final superior.

### INFORMACION GENERAL

- Certificaciones: CE, KEMA, VDE, EK, UKrSEPRO, GOST, RCC, UL
- Rango eléctrico: AC50/60Hz, hasta 690V, hasta 95A
- Aplicación: son aplicables para apertura y cierre de circuitos remotamente, protección de circuitos de sobrecarga, ensamblado con su propio relé térmico de sobre carga
- Categoría de utilización: AC-3, AC-4
- Rango de temperaturas ambiente: -5 °C - +40 °C
- Categoría de montaje: III
- Condiciones de montaje: inclinación de montaje plano y en plano vertical no debe exceder los ±5°
- Normas: IEC/EN 60947-4-1

### CARACTERISTICAS TECNICAS

Modelo		NC1-09	NC1-12	NC1-18	NC1-25	NC1-32	NC1-40	NC1-50	NC1-65	NC1-80	NC1-95	
Corriente térmica I <sub>th</sub> AC1 (A)		20	20	32	40	50	60	80	80	95	95	
Corriente nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
		AC-4	3,5	5	7,7	8,5	12	18,5	24	28	37	44
	660/690V	AC-3	6,6	8,9	12	18	21	34	39	42	49	49
		AC-4	1,5	2	3,8	4,4	7,5	9	12	14	17,3	21,3
Tensión de aislamiento (V)		690										
Contactos auxiliares	3P	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	
Potencia de motores trifásicos de jaula (AC3)	kw	220/230V	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		380/400V	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
		660/690V	5,5	7,5	10	15	18,5	30	37	37	45	45
	hp	220V	3	5	7,5	7,5	10	15	15	20	25	30
		240V	3	5	7,5	10	15	20	20	25	30	30
		400V	5	7,5	10	15	20	25	30	40	40	50
600V	5	7,5	10	15	20	25	30	40	40	50		
Frecuencia de trabajo (operaciones/hora) AC3	eléctrica	AC-3	1200	1200	1200	1200	600	600	600	600	600	600
		AC-4	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	mecánica	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Vida eléctrica (x10 <sup>6</sup> maniobras) AC3	AC-3	1000	1000	1000	1000	800	600	600	600	600	600	
	AC-4	200	200	200	200	200	150	150	150	100	10	
Vida mecánica (x10 <sup>6</sup> maniobras) AC3		10	10	10	10	8	8	8	8	6	6	
Fusible recomendado		RT16-20	RT16-20	RT16-32	RT16-40	RT16-50	RT16-63	RT16-80	RT16-80	RT16-100	RT16-125	

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

## Anexo A.7. Ficha técnica Contactor CHINT NC1 3Ø18A 1NA 240VAC 50/60Hz.



### CONTACTOR DE POTENCIA DE 9 ~ 95A

Los Contactores de la serie NC1 son dispositivos con capacidad de cortar elevadas intensidades de corriente eléctrica de un motor o carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Capaces de conectar motores hasta 95A. Las dimensiones y su diseño fueron mejorados para tener un producto final superior.

### INFORMACION GENERAL

- Certificaciones: CE, KEMA, VDE, EK, UKrSEPRO, GOST, RCC, UL
- Rango eléctrico: AC50/60Hz, hasta 690V, hasta 95A
- Aplicación: son aplicables para apertura y cierre de circuitos remotamente, protección de circuitos de sobrecarga, ensamblado con su propio relé térmico de sobre carga
- Categoría de utilización: AC-3, AC-4
- Rango de temperaturas ambiente: -5 °C – +40 °C
- Categoría de montaje: III
- Condiciones de montaje: inclinación de montaje plano y en plano vertical no debe exceder los ±5°
- Normas: IEC/EN 60947-4-1

### CARACTERISTICAS TECNICAS

Modelo		NC1-09	NC1-12	NC1-18	NC1-25	NC1-32	NC1-40	NC1-50	NC1-65	NC1-80	NC1-95	
Corriente termica Ith AC1 (A)		20	20	32	40	50	60	80	80	95	95	
Corriente nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
		AC-4	3,5	5	7,7	8,5	12	18,5	24	28	37	44
	660/690V	AC-3	6,6	8,9	12	18	21	34	39	42	49	49
		AC-4	1,5	2	3,8	4,4	7,5	9	12	14	17,3	21,3
Tension de aislamiento (V)		690										
Contactos auxiliares		3P	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	
Potencia de motores trifasicos de jaula (AC3)	kw	220/230V	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		380/400V	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
		660/690V	5,5	7,5	10	15	18,5	30	37	45	45	45
	hp	220V	3	5	7,5	7,5	10	15	15	20	25	30
		240V	3	5	7,5	10	15	20	20	25	30	30
		400V	5	7,5	10	15	20	25	30	40	40	50
Frecuencia de trabajo (operaciones/hora) AC3		eléctrica	AC-3	1200	1200	1200	1200	600	600	600	600	600
		mecánica	AC-4	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Vida eléctrica (x10 <sup>6</sup> maniobras) AC3		AC-3	1000	1000	1000	1000	800	600	600	600	600	
		AC-4	200	200	200	200	200	150	150	150	100	
Vida mecánica (x10 <sup>6</sup> maniobras) AC3			10	10	10	10	8	8	8	8	6	
Fusible recomendado		RT16-20	RT16-20	RT16-32	RT16-40	RT16-50	RT16-63	RT16-80	RT16-80	RT16-100	RT16-125	

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

## Anexo A.8. Fichas técnicas Relé Sobrecarga CHINT NR2-25G 12-18A.



### RELE TERMICO REGULABLE

#### CARACTERISTICAS:

LA familia NR2 son equipos destinado a la protección de los motores a distancia contra sobre cargas térmicas, esta debe ser regulada a la corriente nominal del Motor. Disponible hasta 500A.

#### INFORMACION GENERAL

- Características de utilización : 50/60Hz, hasta 690V
- Rango de Corriente regulable a 690V/AC3: 0.1 a 500A
- Clase de disparo: 10 A
- Norma: UNE-EN60947-5-1
- Rango de temperatura ambiente: -5 °C – +40 °C
- Los relés térmicos de la serie NR2 son aplicables a la protección a distancia de motores contra sobre cargas térmicas
- Ensamblables con contactores NC1 , NC2 y NC6 para obtener un guardamotor
- Características generales:
  - 3 fases bimetálicas
  - Rango Continuo ajustable de Corriente
  - Compensación de la temperatura ambiente
  - Indicador de disparo
  - Botones de prueba y de desconexión
  - Botón para ajuste manual- automático
  - Contactos 1NA+1NC separados eléctricamente

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

### CARACTERISTICAS TECNICAS

Modelo	NR2-11,5	NR2-25	NR2-36
Corriente térmica Ith AC1 (A)	13	25	36
Protección por fallo de fase	SI	SI	SI
Reset automático y manual	SI	SI	SI
Compensación de temperatura	SI	SI	SI
Botones de prueba y desconexión	SI	SI	SI
Montaje	enchufable	SI	SI
	independiente	SI	SI
Número de contactos	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC
Contactos Auxiliares	AC15-220V	2,73	2,73
	AC15-380V	1,58	1,58
Corriente [A]	DC13-220V	0,2	0,2
Rango ajustable de corriente	0,1 0,2 0,3 0,4 0,6 1 1,3 1,6 3 4 6 7 9 12 17 23 28		
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	0,16 0,3 0,4 0,6 1 2 2 2,5 4 6 8 10 13 18 25 32 36	

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

**RELE TERMICO REGULABLE (Código de Pedido)**

Relés termicos	Tipo	Código de pedido	Descripción
	NR2-11.5 /1	0104020201-1001879	Relé term. Reg. 0.63 - 1.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /1.6	0104020201-1001880	Relé term. Reg. 1.1 - 1.6 A., P/NC6
	NR2-11.5 /2	0104020201-1001881	Relé term. Reg. 1.25 - 2.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /2.5	0104020201-1001882	Relé term. Reg. 1.6 - 2.5 A., P/NC6
	NR2-11.5 /4	0104020201-1001883	Relé term. Reg. 2.5 - 4.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /6	0104020201-1001884	Relé term. Reg. 4.0 - 6.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /8	0104020201-1001885	Relé term. Reg. 5.5 - 8.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /10	0104020201-1001886	Relé term. Reg. 7.0 - 10.0 A., P/NC6
	NR2-25 /1.6	0104020201-1001909	Relé term. Reg. 1.0 - 1.6A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /2	0104020201-1001910	Relé term. Reg. 1.25 - 2.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /2.5	0104020201-1001887	Relé term. Reg. 1.6 - 2.5A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /4	0104020201-1001888	Relé term. Reg. 2.5 - 4.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /6	0104020201-1001889	Relé term. Reg. 4.0 - 6.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /8	0104020201-1001890	Relé term. Reg. 5.5 - 8.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /10	0104020201-1001891	Relé term. Reg. 7 - 10A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /13	0104020201-1001892	Relé term. Reg. 9 - 13 A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /16	0104020201-1001893	Relé term. Reg. 12 - 18A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /25	0104020201-1001894	Relé term. Reg. 17 - 25A., P/NC1-09/32
	NR2-36 /32	0104020201-1001895	Relé term. Reg. 23 - 32A., P/NC1-32
	NR2-36 /36	0104020201-1001896	Relé term. Reg. 28 - 36A., P/NC1-32
	NR2-93 /40	0104020201-1001897	Relé term. Reg. 30 - 40A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /50	0104020201-1001898	Relé term. Reg. 37 - 50A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /65	0104020201-1001899	Relé term. Reg. 48 - 65A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /70	0104020201-1001900	Relé term. Reg. 55 - 70A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /80	0104020201-1001901	Relé term. Reg. 63 - 80A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /93	0104020201-1001902	Relé term. Reg. 80 - 93 A., P/NC1-40/95
	NR2-150 /120	0104020201-1001903	Relé term. Reg. 95 - 120A., P/NC2-115/150
	NR2-150 /150	0104020201-1001904	Relé term. Reg. 110 - 150A., P/NC2/115/150
NR2-200 /200	0104020201-1001905	Relé term. Reg. 125 - 200A., P/NC2-185/400	
NR2-630 /315	0104020201-1001906	Relé term. Reg. 200 - 315A., P/NC2-185/400	
NR2-630 /400	0104020201-1001907	Relé term. Reg. 250 - 400A., P/NC2-185/400	
NR2-630 /500	0104020201-1001908	Relé term. Reg. 315 - 500A., P/NC2-185/400	

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

**Anexo A.9. Fichas técnicas Relé Sobrecarga CHINT NR2-93G 63-80A.**

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

Modelo	NR2-93	NR2-150	NR2-200	NR2-630
Corriente termica Ith AC1 (A)	93	150	200	630
Proteccion por fallo de fase	SI	SI	SI	SI
Reset automatico y manual	SI	SI	SI	SI
Compensacion de temperatura	SI	SI	SI	SI
Botones de prueba y desconexion	SI	SI	SI	SI
Montaje	enchufable	SI	SI	NO
	independiente	SI	NO	SI
Numero de contactos	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC
Contactos	AC15-220V	2,73	2,73	2,73
Auxiliares	AC15-380V	1,58	1,58	1,58
Corriente [A]	DC13-220V	0,2	0,2	0,2
Rango Ajustable de Corriente	23 30 37 48 55 63 80 80 95 100	80 95 100	80 100 125 160 200 250 315	
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	
	32 40 50 65 70 80 93 104 120 150	125 160 200 250 315 400 500		

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

## RELE TERMICO REGULABLE (Código de Pedido)

Relés termicos	Tipo	Código de pedido	Descripción
	NR2-11.5 /1	0104020201-1001879	Relé term. Reg. 0.63 - 1.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /1.6	0104020201-1001880	Relé term. Reg. 1.1 - 1.6 A., P/NC6
	NR2-11.5 /2	0104020201-1001881	Relé term. Reg. 1.25 - 2.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /2.5	0104020201-1001882	Relé term. Reg. 1.6 - 2.5 A., P/NC6
	NR2-11.5 /4	0104020201-1001883	Relé term. Reg. 2.5 - 4.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /6	0104020201-1001884	Relé term. Reg. 4.0 - 6.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /8	0104020201-1001885	Relé term. Reg. 5.5 - 8.0 A., P/NC6
	NR2-11.5 /10	0104020201-1001886	Relé term. Reg. 7.0 - 10.0 A., P/NC6
	NR2-25 /1.6	0104020201-1001909	Relé term. Reg. 1.0 - 1.6A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /2	0104020201-1001910	Relé term. Reg. 1.25 - 2.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /2.5	0104020201-1001887	Relé term. Reg. 1.6 - 2.5A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /4	0104020201-1001888	Relé term. Reg. 2.5 - 4.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /6	0104020201-1001889	Relé term. Reg. 4.0 - 6.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /8	0104020201-1001890	Relé term. Reg. 5.5 - 8.0A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /10	0104020201-1001891	Relé term. Reg. 7 - 10A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /13	0104020201-1001892	Relé term. Reg. 9 - 13 A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /18	0104020201-1001893	Relé term. Reg. 12 - 18A., P/NC1-09/32
	NR2-25 /25	0104020201-1001894	Relé term. Reg. 17 - 25A., P/NC1-09/32
	NR2-36 /32	0104020201-1001895	Relé term. Reg. 23 - 32A., P/NC1-32
	NR2-36 /36	0104020201-1001896	Relé term. Reg. 28 - 36A., P/NC1-32
	NR2-93 /40	0104020201-1001897	Relé term. Reg. 30 - 40A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /50	0104020201-1001898	Relé term. Reg. 37 - 50A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /65	0104020201-1001899	Relé term. Reg. 48 - 65A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /70	0104020201-1001900	Relé term. Reg. 55 - 70A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /80	0104020201-1001901	Relé term. Reg. 63 - 80A., P/NC1-40/95
	NR2-93 /93	0104020201-1001902	Relé term. Reg. 80 - 93 A., P/NC1-40/95
	NR2-150 /120	0104020201-1001903	Relé term. Reg. 95 - 120A., P/NC2-115/150
	NR2-150 /150	0104020201-1001904	Relé term. Reg. 110 - 150A., P/NC2/115/150
	NR2-200 /200	0104020201-1001905	Relé term. Reg. 125 - 200A., P/NC2-185/400
	NR2-630 /315	0104020201-1001906	Relé term. Reg. 200 - 315A., P/NC2-185/400
	NR2-630 /400	0104020201-1001907	Relé term. Reg. 250 - 400A., P/NC2-185/400
	NR2-630 /500	0104020201-1001908	Relé term. Reg. 315 - 500A., P/NC2-185/400

Fuente: [http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat\\_rev/catalogos/pdf/chint.pdf](http://hansaindustria.com.bo/Catalogos/cat_rev/catalogos/pdf/chint.pdf)

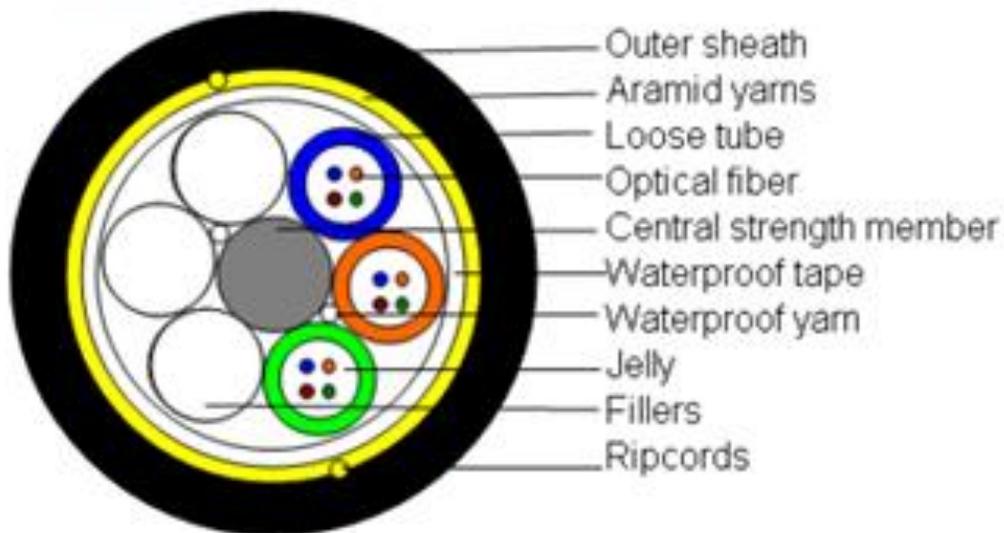
## Anexo A.10. Fichas técnicas del cable de Fibra óptica.

### ADSS-PE12/24B1-120M

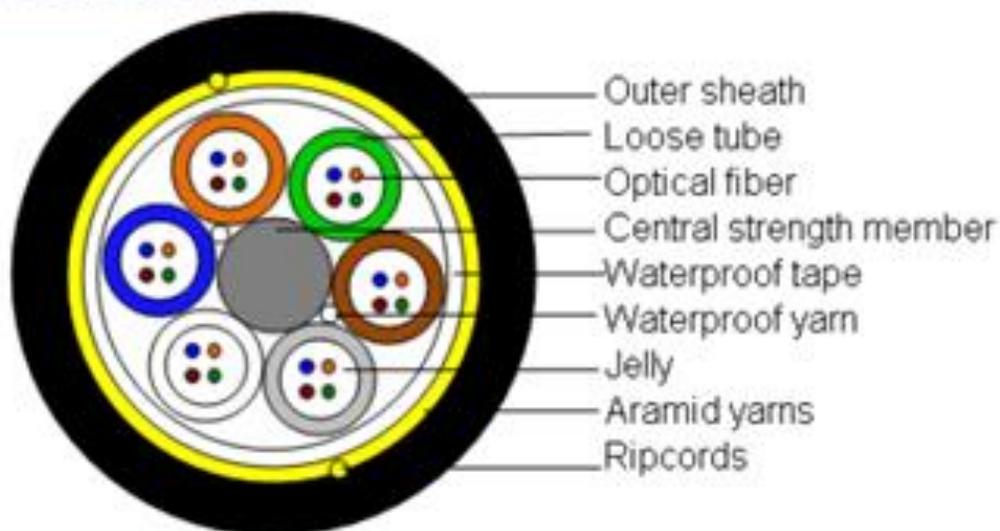
#### 1. Cable Construction

##### 1.1 Cable cross-section

##### ADSS-PE12B1-120m



##### ADSS-PE24B1-120m



## 2. Cable Specification

### 2.1 Introduction

Loose tube construction, tubes jelly filled, tubes with filler rods lay up around non metallic FRP (Fiber-glass Reinforced Plastic) central strength member, waterproof tape wrapped the cable core, aramid yarns reinforced and PE outer sheath. PE outer sheath is applied for the application in which cable is installed at the place where the spatial potential  $\leq 12KV$ .

### 2.2 Fiber color code

1	2	3	4
Blue	Orange	Green	Brown

### 2.3 Color Codes for Loose Tube/Filler

The tubes and filler rods are stranded according to full color code as follows, If there are fillers, its color is natural

1	2	3	4	5	6
Blue	Orange	Green	Brown	Gray	White

### 2.4 Cable structure and parameter

S/N	Item	Unit	Value
1	structure	-	1+6-2.0
2	Fibers per tube	counts	4
3	Tube	Diameter	mm
4	FRP	Diameter	mm
5	Outer sheath	Thickness	mm
		diameter	mm
6	Cable weight	Kg/km	83
7	EDS	N	2290
8	MAT	N	3660
9	Short crush	N/100mm	1000
10	Span	m	120

### 3. Characteristic of Optical Fiber

**G652** (conform to IEC G.652 fiber standard )

Mode field diameter (1310nm):	$9.2\mu\text{m}\pm 0.4\mu\text{m}$
Mode field diameter (1550nm):	$10.4\mu\text{m}\pm 0.8\mu\text{m}$
Cladding diameter:	$125\mu\text{m}\pm 1.0\mu\text{m}$
Core/cladding concentricity error:	$\leq 0.6\mu\text{m}$
Cladding non-circularity:	$\leq 1.0\%$
Refractive index profile:	step
Design:	matched cladding
Effective group index of refraction $N_{eff}$ (at 1310nm):	1.4677
Effective group index of refraction $N_{eff}$ (at 1550nm):	1.4682
Cut off wavelength of cabled fiber ( $\lambda_{CC}$ ):	$\leq 1260\text{nm}$
Attenuation at 1310nm:	$\leq 0.36\text{dB/km}$
Attenuation deviation within the range from 1285-1330nm (Compared with attenuation at 1310nm):	$\leq 0.05\text{dB/km}$
Attenuation at 1550nm:	$\leq 0.22\text{dB/km}$
Attenuation deviation within the range from 1525-1575nm (Compared with attenuation at 1550nm):	$\leq 0.05\text{dB/km}$
The loss increase of 100 turns of fiber loosely wound with 25mm radius:	$\leq 0.05\text{dB}$
Dispersion in the range 1288 to 1339nm:	$\leq 3.5\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$
Dispersion at 1550nm:	$\leq 18\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$
Dispersion slope at zero dispersion wavelength:	$\leq 0.092\text{ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$
Link of Polarization mode dispersion ( $\text{PMD}_D$ ):	$\leq 0.1\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$

#### Core material

The core of the optical fiber, with a higher refractive index compared to the cladding, is made of SiO<sub>2</sub> (Silicon dioxide) doped with GeO<sub>2</sub> (Germanium dioxide).

#### Cladding material

The cladding of the optical fiber is made of SiO<sub>2</sub> (Silicon dioxide).

#### Type of primary coating

The primary coating is made of an UV-curable acrylate

## 4. Characteristic of Optical Cable

<b>Mechanical characteristic and test method</b>		
Tensile strength	: conform to IEC 794-1-E1 and ITU-T Rec. L.14	
Crush	: conform to IEC 794-1-E3	
Impact	: conform to IEC 794-1-E4	
Repeated bending	: conform to IEC 794-1-E6	
Torsion	: conform to IEC 794-1-E7	
Flexing	: conform to IEC 794-1-E8	
Kink	: conform to IEC 794-1-E10	
Cable bend	: conform to IEC 794-1-E11	
Vibration	: conform to IEC 794-1	
Water penetration	: conform to IEC 794-1-F5B	
The dielectric strength of outer jacket	: conform to ITU-T Rec.K25	
Spark test voltage	: Spark test voltage of cable outer jacket will be no less than 8kV AC	
Abrasion	: conform to IEC 794-1-E2	
Temperature requirement	: Operation	- 40°C ~ +60°C
	: Installation	- 15°C ~ +60°C
	: Storage/transportation	- 40°C ~ +60°C
Temperature cycling test	: conform to IEC 794-1-F1	
Bending Radius	: unloaded	12.5 times of outer diameter
	: loaded	25 times of outer diameter